

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Transportasi dan Lingkungan**

Kebutuhan akan transportasi timbul karena adanya kebutuhan manusia. Transportasi dapat diartikan sebagai suatu kegiatan yang memungkinkan terjadinya perpindahan manusia atau barang dari satu tempat ke tempat lain. Berdasarkan pengertian tersebut setiap transportasi dapat mengakibatkan terjadinya lalu lintas. Transportasi sendiri telah menyatu dengan masyarakat yang tidak terlepas dari keharusan memperhatikan aspek lingkungan (Soejono, 1995).

Transportasi sebagai salah satu sektor kegiatan perkotaan berpotensi mengubah kualitas udara perkotaan. Emisi gas dan partikel dari kegiatan transportasi dapat menimbulkan berbagai masalah lingkungan. Pertambahan volume lalu lintas juga akan mengakibatkan bertambahnya emisi polusi udara sehingga dapat dianggap menurunkan kualitas udara (Morlok, Eka., 1995). Kendaraan bermotor yang menjadi alat transportasi, dalam konteks pencemaran udara dikelompokkan sebagai sumber yang bergerak.

Seiring dengan bertambahnya jumlah kendaraan bermotor, mengakibatkan pencemaran udara juga semakin meningkat. Hal ini menyebabkan kondisi udara tidak sepenuhnya bersih, karena gas buang hasil dari pembakaran kendaraan mengandung racun yang berbahaya bagi lingkungan. Lingkungan yang rusak berarti berkurangnya daya dukung alam yang selanjutnya akan mengurangi kualitas hidup manusia dan makhluk hidup lainnya (Darmono, 2001).

#### **2.2 Polusi Udara dan Kendaraan Bermotor**

Polusi udara atau pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, atau komponen lain ke udara atau berubahnya tatanan udara karena kegiatan manusia oleh proses alam sehingga kualitas udara turun sampai tingkat tertentu yang menyebabkan udara menjadi berkurang fungsinya atau tidak sesuai untuk peruntukannya, salah satu sumber adalah sumber bergerak yaitu kendaraan bermotor (Hariyadi, 2001)

Konsep pembangunan berkelanjutan (sustainable development) menghendaki agar setiap usaha pembangunan yang dilakukan tetap memelihara kondisi lingkungan. Salah satu aspek lingkungan adalah udara, dimana di dalamnya terkandung sejumlah

oksigen yang merupakan komponen esensial bagi kehidupan baik manusia maupun makhluk hidup lainnya. Lebih jauh lagi udara juga sumber daya alam milik bersama yang besar pengaruhnya pada ekosistem global khususnya menyangkut pemanasan global yang terkait dengan masalah pencemaran udara.

Udara merupakan campuran beberapa macam gas yang perbandingannya tidak tetap tergantung pada keadaan suhu, tekanan dan lingkungan sekitarnya. Udara yang masih bersih dan bebas dari bahan pencemar merupakan campuran berbagai gas dengan berbagai konsentrasi. Nitrogen dalam bentuk  $N_2$  terdapat sebanyak 78%, oksigen dalam bentuk  $O_2$  terdapat sebanyak 21% sementara argon (Ar) hanya 1% dari total gas. Gas-gas karbondioksida ( $CO_2$ ), helium (He), neon (Ne), xenon (Xe) dan kripton (Kr) masing-masing hanya terdapat sebanyak 0.01% dari total gas. Beberapa jenis gas terdapat dalam jumlah yang sangat sedikit dalam udara bersih. Gas-gas tersebut seperti Metana ( $CH_4$ ), karbon monoksida (CO), amoniak ( $NH_3$ ), dinitrogen monoksida ( $N_2O$ ), dan hidrogen sulfida ( $H_2S$ ). Gas-gas ini berpotensi sebagai pencemar, karena meningkatnya jumlah gas-gas ini di udara akan menyebabkan terjadinya pencemaran udara (ElFadel, 2004).

Pencemaran udara saat ini telah menjadi salah satu masalah lingkungan utama baik di negara berkembang maupun negara maju. Pencemaran udara di daerah perkotaan merupakan fenomena baru dalam masalah perencanaan kota yang mendapat perhatian yang terus meningkat. Hal ini terutama disebabkan karena meningkatnya jumlah kendaraan bermotor di seluruh dunia yang mendorong para pembuat kebijakan untuk melakukan pengelolaan terhadap pencemaran udara yang berkaitan dengan isu-isu lingkungan. Pencemaran udara dapat didefinisikan sebagai kehadiran satu atau lebih kontaminan atau polutan ke dalam atmosfer yang karena jumlah dan lama waktu keberadaannya dapat mengakibatkan kerugian manusia, tumbuhan, binatang dan atau properti/material serta menyebabkan gangguan kenyamanan dalam melakukan aktivitas hidup (Fardiaz, 1992). Materi yang diemisikan ke atmosfer oleh aktivitas manusia maupun secara alami merupakan penyebab beberapa masalah lingkungan seperti hujan asam, penurunan kualitas udara, pemanasan global, dan rusaknya infrastruktur bangunan.

Pencemaran udara pada suatu tingkat tertentu dapat merupakan campuran dari satu atau lebih bahan pencemar, baik berupa padatan, cairan atau gas yang terdispersi ke udara dan kemudian menyebar ke lingkungan sekitar. Kecepatan penyebaran akan tergantung pada keadaan geografis dan meteorologis setempat. Udara yang tercemar dapat merusak lingkungan dan kehidupan manusia. Terjadinya kerusakan lingkungan

berarti berkurangnya daya dukung alam yang selanjutnya akan mengurangi kualitas hidup manusia.

Data kementrian lingkungan hidup indonesia (2003) dalam Kompas (2003) menunjukkan bahwa kendaraan bermotor menyumbang 70% CO dan penelitian Syahril (1998) dalam Kompas (2003) kendaraan bermotor menyumbang 70% partikel debu (PM10).

Berbagai model ditemukan secara empiris untuk mengetahui hubungan volume lalu lintas dan polusi udara antara lain dikemukakan oleh Hobbs (1979) yang terangkum dalam tabel 2.1 dibawah ini:

**Tabel 2.1 Model Regresi Polusi Udara (Hobbs, 1979)**

| Jenis polutan                                            | Rumus regresi                        | keterangan                                 |
|----------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------|
| Konsentrasi CO (C)<br>(ppm) periode 3 jam.               | $C = 2,96 + 0,00032V + 0,0000005V^2$ | V = Volume kendaraan selama 3 jam          |
| Konsentrasi NOX (N)<br>dalam mikrogram/<br>periode 1 jam | $N = 46,9 - 0,036T + 0,00004T^2$     | T = volume kendaraan selama 1 jam          |
| Tingkat asap S (S)<br>dalam mikrogram/<br>periode 3 jam  | $S = 9,49 + 0,022V$                  | V = jumlah kendaraan berbahan bakar bensin |

(Sumber Hobbs 1997)

### 2.2.1 Baku Mutu Udara Ambien

Baku mutu udara ambien adalah ukuran batas atau kadar zat, energi, dan komponen yang ada atau yang seharusnya ada dan unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam udara ambien. Emisi adalah zat, energi dan komponen lain yang dihasilkan dari suatu kegiatan yang masuk dan dimasukkannya ke dalam udara ambien yang mempunyai dan tidak mempunyai potensi sebagai unsur pencemar yang tetap pada suatu tempat (Anonim, 1999).

Parameter pencemar udara didasarkan pada baku mutu udara ambien menurut Peraturan Pemerintah Nomor 41 tahun 1999, yang meliputi : Sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>), Karbon monoksida (CO), Nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>), Ozon (O<sub>3</sub>), Hidro karbon (HC), Pb (Timbal). Keenam polutan ini dianggap sebagai polutan-polutan yang memiliki pengaruh langsung dan signifikan pada kesehatan manusia. Setiap parameter memiliki nilai maksimum yang berbeda. Nilai-nilai tersebut umumnya dinyatakan dalam satuan

konsentrasi yaitu berat senyawa polutan dalam mikrogram per meter kubik ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) dalam kondisi normal (yaitu pada suhu  $25^\circ\text{C}$  dan tekanan 1 atmosfer). Kualitas udara ambient dikatakan baik apabila konsentrasi polutan masih berada di bawah nilai baku mutunya. Masalah dalam pencemaran udara adalah emisi kendaraan bermotor dimana sebagian besar kendaraan bermotor ini menggunakan bahan bakar minyak (BBM) berupa Premix, Premium atau Solar yang mengandung timbal berperan sebagai penyumbang polusi cukup besar terhadap kualitas udara dan kesehatan (Sudrajat, 2006).

Berikut merupakan tabel baku mutu udara ambient nasional:

**Tabel 2.2 Baku Mutu Kualitas Udara Ambien Nasional**

| No | Parameter                         | Waktu pengukuran | Baku mutu                        |
|----|-----------------------------------|------------------|----------------------------------|
| 1  | Sulfur Dioksida ( $\text{SO}_2$ ) | 1 jam            | $900 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$    |
|    |                                   | 24 jam           | $365 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$    |
|    |                                   | 1 tahun          | $60 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$     |
| 2  | Karbon monoksida (CO)             | 1 jam            | $30.000 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ |
|    |                                   | 24 jam           | $10.000 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ |
|    |                                   | 1 tahun          | —                                |
| 3  | Nitrogen dioksida                 | 1 jam            | $400 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$    |
|    |                                   | 24 jam           | $150 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$    |
|    |                                   | 1 tahun          | $100 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$    |
| 4  | Oksidan ( )                       | 1 jam            | $235 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$    |
|    |                                   | 24 jam           | —                                |
|    |                                   | 1 tahun          | $50 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$     |
| 5  | Hidro karbon (HC)                 | 3 jam            | $160 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$    |
| 6  | PM10                              | 1 jam            | —                                |
|    |                                   | 24 jam           | $150 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$    |
|    |                                   | 1 tahun          | —                                |

Sumber : PP No. 41 Tahun 1999

### 2.3 Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas adalah banyaknya kendaraan yang melewati suatu titik atau garis tertentu pada suatu penampang melintang jalan. Data pencacahan volume lalu lintas adalah informasi yang diperlukan untuk fase perencanaan, desain, manajemen sampai pengoperasian jalan (Sukirman 1994).

Menurut Sukirman (1994), volume lalu lintas menunjukkan jumlah kendaraan yang melintasi satu titik pengamatan dalam satu satuan waktu (hari, jam, menit). Sehubungan dengan penentuan jumlah dan lebar jalur, satuan volume lalu lintas yang umum dipergunakan adalah lalu lintas harian rata-rata, volume jam perencanaan dan kapasitas.

Lalu lintas harian rata-rata adalah volume lalu lintas rata – rata dalam satu hari. Dari cara memperoleh data dikenal dua jenis lalu lintas harian rata – rata yaitu Lalu lintas Harian Rata – rata Tahunan (LHRT) dan Lalu lintas Harian Rata-rata (LHR).

- a. LHRT adalah Jumlah lalu-lintas kendaraan rata – rata yang melewati satu jalur jalan selama 24 jam dan diperoleh dari data selama satu tahun penuh (Silvia Sukirman, 1994) LHRT dinyatakan dalam smp / hari / dua arah atau kendaraan / hari / dua arah untuk jalan dua jalur dua arah. Smp / hari / satu arah atau kendaraan / hari / satu arah untuk jalan berlajur banyak dengan median.
- b. LHR adalah hasil bagi jumlah kendaraan yang diperoleh selama pengamatan dengan lamanya pengamatan. (Silvia Sukirman, 1994)

Jenis kendaraan dalam perhitungan ini diklasifikasikan dalam 3 macam kendaraan yaitu :

1. Kendaraan Ringan (Light Vechicles = LV)  
Indeks untuk kendaraan bermotor dengan 4 roda (mobil penumpang).
2. Kendaraan berat ( Heavy Vechicles = HV)  
Indeks untuk kendaraan bermotor dengan roda lebih dari 4 (Bus, truk 2 gandar, truk 3 gandar dan kombinasi yang sesuai).
3. Sepeda motor (Motor Cycle = MC)  
Indeks untuk kendaraan bermotor dengan 2 roda.

Kendaraan tak bermotor (sepeda, becak dan kereta dorong), parkir pada badan jalan dan pejalan kaki anggap sebagai hambatan samping.

Berbagai jenis kendaraan diekivalensikan ke satuan mobil penumpang dengan menggunakan faktor ekivalensi mobil penumpang (emp), emp adalah faktor yang menunjukkan berbagai tipe kendaraan dibandingkan dengan kendaraan ringan. Nilai emp untuk berbagai jenis tipe kendaraan dapat dilihat pada Tabel 2.3 dan 2.4

**Tabel 2.3 Ekuivalensi Kendaraan Penumpang (emp) untuk Jalan Perkotaan Tak Terbagi**

| Tipe jalan :<br>Jalan Tak Terbagi | Arus lalu lintas total dua arah<br>(Kend/jam) | Emp |     |                                |      |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------|-----|-----|--------------------------------|------|
|                                   |                                               | LV  | HV  | MC                             |      |
|                                   |                                               |     |     | Lebar jalur lalu lintas Wc (m) |      |
|                                   |                                               |     |     | <6                             | >6   |
| Dua lajur tak terbagi (2/2 UD)    | 0                                             | 1,0 | 1,3 | 0,5                            | 0,4  |
|                                   | >1800                                         |     | 1,2 | 0,35                           | 0,25 |
| Empat lajur tak terbagi (4/2 UD)  | 0                                             |     | 1,3 | 0,4                            |      |
|                                   | >3700                                         |     | 1,2 | 0,25                           |      |

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

**Tabel 2.4 Ekuivalensi Kendaraan Penumpang (emp) untuk Jalan Perkotaan Terbagi dan Satu Arah**

| Tipe jalan : Jalan Satu Arah dan Jalan Terbagi            | Arus lalu lintas per lajur<br>(Kend/jam) | Emp |     |      |
|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----|-----|------|
|                                                           |                                          | LV  | HV  | MC   |
| Dua lajur satu arah (2/1) dan Empat lajur terbagi (4/2 D) | 0                                        | 1,0 | 1,3 | 0,4  |
|                                                           | >1050                                    |     | 1,2 | 0,25 |
| Tiga lajur satu arah (3/1) dan Enam lajur terbagi (6/2D)  | 0                                        |     | 1,3 | 0,4  |
|                                                           | >1100                                    |     | 1,3 | 0,25 |

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

## 2.4 Kecepatan Kendaraan

Kecepatan adalah tingkat pergerakan lalu-lintas atau kendaraan tertentu yang sering dinyatakan dalam kilometer per jam atau mil per jam. Terdapat dua kategori kecepatan rata-rata. Yang pertama adalah kecepatan waktu rata-rata (time mean speed) yaitu rata-rata dari sejumlah kecepatan pada lokasi tertentu. Yang kedua adalah

kecepatan ruang rata - rata (space mean speed) atau kecepatan perjalanan (travel speed) yang mencakup waktu perjalanan dan hambatan. Kecepatan ruang rata-rata dihitung berdasarkan jarak perjalanan dibagi waktu perjalanan pada jalan tertentu. Kecepatan ini dapat ditentukan melalui pengukuran waktu perjalanan dan hambatan.

Menurut MKJI (1997), kecepatan tempuh dinyatakan sebagai ukuran utama kinerja suatu segmen jalan, karena hal ini mudah dimengerti dan diukur. Kecepatan tempuh didefinisikan sebagai kecepatan rerata ruang dari kendaraan ringan (LV) sepanjang segmen jalan.

## **2.5 Emisi Gas Buang**

Emisi gas buang adalah pemancaran atau pelepasan gas yang berasal dari pembakaran kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar yang berasal dari minyak bumi (bensin dan solar) ke lingkungan melalui knalpot kendaraan bermotor atau Emisi gas buang merupakan sisa hasil pembakaran mesin kendaraan baik itu kendaraan beroda, perahu/kapal dan pesawat terbang yang menggunakan bahan bakar. Biasanya emisi gas buang ini terjadi karena pembakaran yang tidak sempurna dari sistem pembuangan dan pembakaran mesin serta lepasnya partikel-partikel karena kurang tercukupinya oksigen dalam proses pembakaran tersebut. Emisi Gas Buang merupakan salah satu penyebab terjadinya efek rumah kaca dan pemanasan global yang terjadi akhir-akhir ini.

Emisi kendaraan bermotor mengandung berbagai senyawa kimia. Komposisi dari kandungan senyawa kimianya tergantung dari kondisi mengemudi, jenis mesin, alat pengendali emisi bahan bakar, suhu operasi dan berbagai faktor lainnya (Hickman, 1999). Sedangkan menurut Zhongan (2005), emisi kendaraan bermotor di jalan disebabkan oleh tiga faktor yaitu volume total kendaraan bermotor, karakteristik kendaraan bermotor dan kondisi umum lalu lintas.

Emisi gas buang kendaraan berkaitan erat dengan arus lalu - lintas dan kecepatan. Pada arus lalu lintas yang konstan emisi akan berkurang dengan pengurangan kecepatan selama jalan tidak mengalami kemacetan. Jika arus lalu lintas memiliki derajat kejenuhan  $> 0,8$  yang disebabkan kemacetan maka akan terjadi kenaikan emisi gas buang dan kebisingan jika dibandingkan dengan kondisi lalu lintas yang stabil (MKJI 1997).

Emisi gas buang kendaraan bermotor diukur dalam gram per kendaraan per km dari suatu perjalanan dan terkait dengan beberapa faktor seperti tipe kendaraan, umur kendaraan, ambang temperatur dan ketinggian. Kendaraan dengan usia dan jenis

bahan bakar yang berbeda akan menghasilkan kadar emisi yang berbeda juga (Yuliastuti, 2008).

### **2.5.1 Komposisi Emisi Gas Buang**

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

Karbon monoksida adalah gas yang tak berwarna dan tidak beraroma, gas ini terjadi bila bahan bakar atau unsur C tidak mendapatkan ikatan yang cukup dengan  $O_2$  artinya udara yang masuk ke ruang silinder kurang atau suplai bahan bakar berlebihan. Penyumbang besar gas ini adalah kendaraan bermotor yang terutama menggunakan bahan bakar bensin. Gas ini tidak terlihat dan tidak terasa namun berpengaruh besar pada proses metabolisme tanaman, hewan dan manusia. Gas ini mempunyai daya tahan yang besar dipermukaan bumi karena kemampuan atmosfer untuk menyerapnya adalah antara 1 sampai 5 tahun (Cohn, dan Mc.Voy, 1982). Gas CO ini sangat beracun Karena dia mengikat haemoglobin dalam darah dan membentuk carbon XY haemoglobin.

#### **2. NO (Nitrogen Oksida)**

Tidak berwarna dan tidak beraroma, gas ini terjadi akibat panas yang tinggi pada ruang bakar akibat proses pembakaran sehingga kandungan nitrogen pada udara berubah menjadi Nox.

Nox adalah sebuah sebutan umum untuk mono nitrogen oksida NO dan  $NO_2$  (nitrogen monoksida dan nitrogen dioksida). Gas ini dihasilkan dari reaksi antara nitrogen dan oksigen di udara saat pembakaran, terutama pada suhu tinggi. Di tempat-tempat dengan kepadatan lalu lintas yang tinggi, seperti di kota-kota besar, jumlah nitrogen oksida yang dilepaskan ke udara sebagai polusi udara dapat meningkat signifikan. Gas NOx terbentuk di semua tempat yang terdapat pembakaran contohnya dalam mesin. Dalam kimia atmosfer, sebutan NOx artinya adalah total konsentrasi dari NO and  $NO_2$ . NOx bereaksi membentuk asbut dan hujan asam. NOx juga merupakan senyawa utama pembentuk ozon troposfer.

NOx merupakan gas yang berbeda dengan dinitrogen oksida ( $N_2O$ ) yang merupakan gas rumah kaca dan sering digunakan pada oksidator anestetik, dan zat aditif makanan.

3. HC (Hidro Karbon)

Warna kehitam-hitaman dan beraroma cukup tajam, gas ini terjadi apabila proses pembakaran pada ruang bakar tidak berlangsung dengan baik atau suplai bahan bakar berlebihan.

4. CO<sub>2</sub> (Karbon dioksida)

Tidak berwarna dan tidak beraroma, gas ini terjadi akibat pembakaran yang sempurna antara bahan bakar dan udara dalam hal ini oksigen (Rohidin, 2011).

5. SO<sub>2</sub> (Oksida Belerang)

Oksida Belerang (SO<sub>2</sub>) dapat menimbulkan efek iritasi pada saluran nafas sehingga menimbulkan gejala batuk, sesak nafas dan meningkatkan asma.

6. PM10 (Particulate Matter)

PM10 adalah debu partikulat yang terutama dihasilkan dari emisi gas buangan kendaraan. Sekitar 50% - 60% dari partikel melayang merupakan debu berdiameter 10 µm. Debu PM10 ini bersifat sangat mudah terhirup dan masuk ke dalam paru-paru, sehingga PM10 dikategorikan sebagai Respirable Particulate Matter (RPM). Akibatnya akan mengganggu sistem pernafasan bagian atas maupun bagian bawah (alveoli). Pada alveoli terjadi penumpukan partikel kecil sehingga dapat merusak jaringan atau sistem jaringan paru-paru, sedangkan debu yang lebih kecil dari 10 µm, akan menyebabkan iritasi mata.

Menurut penelitian Sarwidi (2001) dan KR (2001) partikel debu dan asap hitam dapat merusak paru-paru dan menyerang mata karena partikel yang terhirup tidak dapat dibuang sehingga menempel pada hidung dan paru-paru.

## **2.5.2 Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Emisi Gas Buang**

Menurut Kementrian Lingkungan Hidup (2013), emisi gas buang kendaraan bermotor diukur dalam gram per kendaraan per km dari suatu perjalanan dan terkait dengan beberapa faktor, diantaranya adalah karakteristik mesin, teknologi kendaraan, karakteristik bahan bakar, usia dan perawatan kendaraan, dan penggunaan kendaraan.

1. Karakteristik Mesin

Setiap jenis mesin memiliki karakteristik emisi tersendiri. Mesin pembakaran empat langkah (4-tak) cenderung mengemisikan CO, HC, dan NOx, namun emisi partikulatnya umumnya rendah. Mesin 2-tak memiliki karakteristik emisi yang sama tetapi lebih kotor karena penggunaan campuran

oli yang berlebihan (yang menghasilkan emisi oli yang tidak terbakar) dan penggunaan oli dengan kandungan asap tinggi. Mesin diesel pada truk dan bus cenderung mengeluarkan CO dan HC yang lebih rendah dibandingkan mesin bensin, tetapi NO<sub>x</sub> dan partikulatnya lebih tinggi (KLH, 2013).

## 2. Teknologi Kendaraan

Teknologi kendaraan memegang peranan yang penting dalam mengurangi emisi kendaraan-kendaraan baru. Semakin maju teknologi, semakin ketat ambang batas emisi. Untuk kendaraan lama, ambang batas emisi di Indonesia mengacu pada Peraturan Menteri No. 5/2006 tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama. Untuk sepeda motor tipe baru, ambang batas yang berlaku adalah EURO III (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 10/2012).

## 3. Karakteristik Bahan Bakar

Bahan bakar motor adalah produk yang kompleks dan mengandung berbagai senyawa yang mempengaruhi kualitas udara. Senyawa-senyawa ini secara langsung dapat memicu timbulnya pencemar yang berbahaya selama pembakaran atau penyimpanan, atau dapat secara tidak langsung merusak alat pengendali emisi. Dalam spesifikasi bahan bakar, bensin dengan angka RON (Research Octane Number) 88 dibagi atas bensin bertimbal dan tanpa timbal. Pada bensin bertimbal kandungan timbal maksimum yang diperbolehkan adalah 0,3 g/L. Sedangkan pada bensin RON 88 tanpa timbal dan bensin dengan RON 91 dan 95, kandungan timbal maksimum yang diperbolehkan adalah 0,0013 g/L. Untuk minyak solar, terdapat 2 kategori yaitu minyak solar dengan angka setana 48 yang kandungan sulfur maksimum yang diperbolehkan adalah 3500 ppm dan minyak solar dengan angka setana 51 yang kandungan sulfur maksimum yang diperbolehkan adalah 500 ppm (KLH, 2013). Pada motor bensin besarnya emisi gas buang seiring dengan besarnya penambahan jumlah campuran udara dan bahan bakar yang masuk ke dalam silinder. Akan tetapi pada mesin diesel besarnya emisi dalam bentuk opasitas (ketebalan asap) tergantung pada banyaknya jumlah bahan bakar yang disemprotkan ke dalam silinder, karena pada motor diesel yang dikompresikan adalah udara murni. Atau dengan kata lain semakin besar campuran maka akan semakin besar pula konsentrasi HC dan CO, sementara semakin sedikit campuran maka konsentrasi NO<sub>x</sub> dan asap meningkat namun konsentrasi CO dan HC berkurang (Sugiarto, 2005).

#### 4. Kapasitas Mesin

Perbedaan kapasitas silinder mempengaruhi konsentrasi emisi gas buangnya. Mesin kendaraan dengan kapasitas silinder lebih besar akan mengeluarkan zat pencemar yang lebih besar. Kapasitas mesin kendaraan berkaitan erat dengan konsumsi bahan bakar, semakin besar kapasitas mesin, semakin banyak pula bahan bakar yang dibutuhkan oleh kendaraan tersebut sehingga emisi yang dihasilkan akan semakin besar (Muziansyah dkk, 2015).

#### 5. Usia dan Perawatan Kendaraan

Sejalan dengan usia pakai kendaraan, komponen-komponen mesin pun mengalami penurunan kinerja yang akan menyebabkan emisi meningkat. Pada kendaraan yang dirawat dengan baik, peningkatan emisi tidak signifikan, tetapi pada kendaraan yang tidak dirawat dengan baik peningkatan emisi terjadi lebih cepat (KLH, 2013).

#### 6. Perilaku Berkendara dan Penggunaan Kendaraan

Perilaku berkendara mempengaruhi emisi kendaraan. Emisi semua pencemar akan lebih tinggi apabila kendaraan dikemudikan pada beban yang berat (akselerasi tinggi) atau pergantian beban yang cepat. Ketika akselerasi tinggi, kendaraan mengalami pengayaan bahan bakar, selama itu campuran bahan bakar yang berlebihan akan membebani alat pengendali emisi dan mengemisikan CO seratus kali lebih cepat dari kondisi normal dan HC sepuluh kali lebih cepat. Perilaku mengemudi yang agresif, seperti misalnya melakukan pengereman mendadak atau akselerasi yang cepat mempengaruhi emisi gas buang. Pada keadaan lalu lintas yang padat, kendaraan berhenti lebih sering dibandingkan pada kondisi lalu lintas yang lancar sehingga meningkatkan emisi gas buang (KLH, 2013).

Hickman (1999) juga menyebutkan bahwa emisi dari kendaraan bermotor tergantung pada pola mengemudi (kecepatan, perlambatan dan akselerasi). Perbedaan pola mengemudi dari perubahan kecepatan antara 50-20-50 km/jam dan 50-0-50 Km/jam memberikan nilai emisi dan konsumsi bahan bakar yang lebih besar dibandingkan dengan kecepatan yang konstan.

### **2.5.3 Dampak Emisi Kendaraan Bermotor**

Emisi kendaraan bermotor sangat diyakini mengakibatkan dan mempunyai kontribusi yang cukup luas terhadap gangguan kesehatan masyarakat. Gangguan yang lazim dikenal sebagai akibat dari emisi kendaraan bermotor ini antara lain: gangguan

saluran pernafasan, sakit kepala, iritasi mata, mendorong terjadinya serangan asma, penyakit jantung dan penurunan kualitas intelegensia, pada anakanak. Penelitian terakhir menemukan bahwa ternyata emisi kendaraan bermotor menyebabkan kanker.

Pengaruh emisi gas buang kendaraan bermotor tersebut terhadap kesehatan adalah dapat menyebabkan iritasi dan pengotoran saluran pernafasan pada paru-paru. Hal ini dapat disebabkan oleh sulfur, NO<sub>x</sub>, Ozon dan komponen lain. Dalam waktu yang relatif cukup lama, kondisi tersebut akan berkembang dan dapat mengakibatkan bronchitis, gangguan paru-paru dan pneumonia, gas buang kendaraan dapat mengakibatkan peningkatan konsentrasi timah dalam darah yang menyebabkan penurunan kemampuan absorbs oksigen.

Sumber dan Standar Kesehatan Emisi Gas Buang disajikan pada berikut:

**Tabel 2.5 Sumber dan Standar Kesehatan Emisi Gas Buang**

| Pencemar                            | keterangan                                                                    |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Karbon Monoksida (CO <sub>2</sub> ) | Standar Kesehatan 10mg/m <sup>3</sup> (9 ppm)                                 |
| Oksida Sulfur (SO <sub>4</sub> )    | Satndar kesehatan 80 ug/m <sup>3</sup> (0.03 ppm)                             |
| Partikulat Matter                   | Standar Kesehatan 50 ug/m <sup>3</sup> selama 1 tahun; 150 ug /m <sup>3</sup> |
| Oksida Nitrogen (NO <sub>x</sub> )  | Stadar kesehatan: 100 pg/m <sup>3</sup> (0.05 ppm)selama 1jam                 |
| Ozon (O <sub>3</sub> )              | Standar kesehatan 235 ug/m <sup>3</sup> (0.12 ppm) selama 1 jam               |

#### 2.5.4 Paparan Polutan

Polutan dapat menyebabkan kerusakan pada manusia dan makhluk hidup lainnya melalui berbagi jenis cara. Ada tiga jalur pokok pemaparan: penetrasi melalui kulit (absorpsi kulit/dermal), absorpsi melalui saluran pernapasan (inhalasi), absorpsi melalui saluran pencernaan (ingesti).

##### 1. Jalur Pemaparan Dermal

Kulit merupakan jalur pemaparan yang paling umum dari suatu zat, tetapi untungnya, kulit merupakan barier yang efektif terhadap berbagai jenis zat kimia. Jika zat kimia tidak dapat menembus kulit, toksisitasnya akan bergantung pada derajat absorpsi yang berlangsung. Semakin besar absorpsinya, semakin besar kemungkinan zat tersebut untuk mengeluarkan efek toksiknya, zat kima

lebih banyak diabsorpsi melalui kulit yang rusak atau tergores daripada melalui kulit yang utuh (WHO, 2005).

## 2. Jalur Pemaparan Inhalasi

Paru merupakan sumber pemaparan yang umum, tetapi tidak seperti kulit, jaringan paru buka merupakan barier yang sangat protektif terhadap paparan zat kimia. Fungsi utama paru adalah pertukaran udara ke dalam darah dengan karbon dioksida dari darah ke udara. Akibatnya, jaringan paru yang sangat tipis memungkinkan aliran langsung bukan saja oksigen tetapi berbagai jenis zat kimia lain ke dalam darah (WHO, 2005).

## 3. Jalur pemaparan Ingesti

Ingesti merupakan jalur utama masuknya senyawa yang terkandung dalam makanan dan minuman. Zat kimia yang ditelan masuk ke dalam tubuh melalui absorpsi di saluran gastrointestinal. Jika tidak diabsorpsi, zat kimia itu tidak dapat menimbulkan kerusakan sistemik (WHO, 2005).

### 2.5.5 Pengendalian Emisi Kendaraan Bermotor

Pencemaran udara dari sektor transportasi merupakan sumber yang dominan di daerah perkotaan. Pengendalian harus mencakup upaya-upaya pengendalian langsung maupun tak langsung yang dapat menurunkan tingkat emisi dari kendaraan bermotor secara efektif. Ada dua pendekatan strategi yang mungkin diterapkan, yaitu:

1. penurunan laju emisi pencemar dari setiap kendaraan untuk satu kilometer jalan yang ditempuh.
2. penurunan jumlah dan kepadatan total kendaraan di dalam suatu daerah tertentu (Soedomo, 2001). Pemilihan strategi yang terbaik diperlukan sehingga dampak ekonomi dan sosial yang ditimbulkan sekecil mungkin.

Pengendalian pencemaran udara perkotaan mempunyai implikasi yang luas, mencakup aspek perencanaan kota, sistem lalu lintas, prasarana dan sarana transportasi, serta bahan bakar yang digunakan. Beberapa faktor penting yang menyebabkan berpengaruhnya sistem lalu lintas terhadap pencemaran udara perkotaan adalah (Eggleston, 2000):

1. tidak seimbangnya prasarana lalu lintas dengan jumlah kendaraan yang ada
2. pola berkendara (driving pattern), dan
3. jenis, umur, karakteristik dan faktor perawatan kendaraan bermotor.

Usaha pengendalian yang mungkin dilakukan dan yang paling efisien diarahkan kepada pengendalian pada sumber polutannya atau penyebab terjadinya pencemaran. Beberapa langkah disinsentif untuk mengurangi kepadatan lalu lintas secara parsial dilakukan dengan pembatasan jenis kendaraan bermotor pada ruas jalan atau wilayah tertentu, misalnya kawasan satu arah dan pembatasan waktu melintas bagi truk dengan tonase tertentu, atau pemberlakuan jumlah penumpang minimum untuk suatu kawasan tertentu atau yang dikenal dengan kawasan *three in one* di Jakarta.

Namun perlu diperhatikan bahwa pengendalian kepadatan lalu lintas di suatu kawasan tanpa upaya mengurangi volume kendaraan secara keseluruhan tidak akan mengurangi emisi gas buang total karena yang terjadi adalah pengalihan volume kendaraan dari suatu ruas jalan ke ruas jalan lain. Selain itu pola berkendara (*driving cycle*) merupakan salah satu faktor transportasi penting yang akan secara langsung mempengaruhi jumlah dan intensitas emisi pencemar udara yang dilepaskan oleh kendaraan bermotor ke atmosfer. Pola berkendara dan kecepatan rata-rata akan sangat mempengaruhi jumlah pelepasan senyawa-senyawa pencemar tersebut. Indonesia hingga kini belum memiliki pola berkendara baku yang digunakan untuk pengujian kendaraan bermotor.

## **2.6 Beban Emisi**

Menurut PP No. 41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara yang dimaksud dengan emisi adalah zat, energi atau komponen lain yang dihasilkan dari suatu kegiatan yang masuk atau dimasukkannya ke dalam udara ambien yang mempunyai atau tidak mempunyai potensi sebagai unsur pencemar.

Sumber emisi adalah setiap usaha atau kegiatan yang mengeluarkan emisi dari sumber bergerak, sumber bergerak spesifik, sumber tidak bergerak maupun sumber tidak bergerak spesifik.

Sengkey (2011) menyebutkan bahwa beban emisi adalah besarnya massa polutan yang dilepaskan ke udara oleh lalu lintas sebagai sumber polusi udara dalam satuan waktu tertentu. Beban emisi menunjukkan volume emisi yang dikeluarkan per satuan waktu.

Perhitungan beban emisi kendaraan bermotor dilaksanakan dengan satu asumsi bahwa semua aktivitas kendaraan bermotor adalah sama, terlepas dari adanya variasi lalu lintas dan cara mengemudi. Menurut Hickman (1999), beberapa metode dapat digunakan untuk menghitung emisi, yaitu: perhitungan yang didasarkan kepada kegiatan transportasi. Ini merupakan metode dasar atau suatu metode yang umum menghitung emisi yang bersumber dari kendaraan bermotor di jalan; perhitungan yang

didasarkan kepada konsumsi energi, perhitungan yang didasarkan kepada neraca karbon; serta perhitungan yang dilakukan untuk polutan spesifik.

Faktor emisi adalah nilai representatif yang menghubungkan kuantitas suatu polutan yang dilepaskan ke atmosfer dari suatu kegiatan yang terkait dengan sumber polutan. Faktor-faktor ini biasanya dinyatakan sebagai berat polutan dibagi dengan satuan berat, volume, jarak, lamanya aktivitas yang mengemisikan polutan atau durasi dari komponen kegiatan yang mengemisikan polutan tersebut (Sihotang dan Assomadi, 2011)

Perhitungan beban emisi untuk suatu polutan dari kendaraan bermotor pada suatu ruas jalan menggunakan metode pendekatan jarak tempuh kendaraan yang dilewati dan volume kendaraan berdasarkan kategori jenis kendaraan yang melintas yang kemudian dikalikan dengan faktor emisi yang berlaku (KLH, 2013).

Sehingga formula perhitungan beban emisi dari kendaraan bermotor adalah :

$$E = \text{Volume Kendaraan} \times \text{VKT} \times \text{FE} \times 10^{-6} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

- E : Beban emisi (ton/tahun)
- Volume Kendaraan : Jumlah kendaraan(kendaraan/tahun)
- VKT : Total panjang perjalanan yang dilewati (km)
- Fe : Faktor emisi (g/km/kendaraan)

Faktor emisi didapat dari data sekunder. Data sekunder yang digunakan berasal dari Kementerian Lingkungan Hidup dapat dilihat pada Tabel 2.5 tentang data faktor emisi.

**Tabel 2.5 Data Faktor Emisi**

| Kategori perhitungan pencemar udara | CO (g/km) | HC (g/km) | NOx (g/km) | PM10 (g/km) | CO <sub>2</sub> (g/kg BBM} | SO <sub>2</sub> (g/km) |
|-------------------------------------|-----------|-----------|------------|-------------|----------------------------|------------------------|
| Sepeda motor                        | 14        | 5,9       | 0,29       | 0,24        | 3180                       | 0,008                  |
| Mobil (bensin)                      | 40        | 4         | 2          | 0,01        | 3180                       | 0,026                  |
| Mobil (solar)                       | 2,8       | 0,2       | 3,5        | 0,53        | 3180                       | 0,44                   |

|      |     |     |      |     |      |      |
|------|-----|-----|------|-----|------|------|
| Bus  | 11  | 1,3 | 11,9 | 1,4 | 3180 | 0,93 |
| Truc | 8,4 | 1,8 | 17,7 | 1,4 | 3180 | 0,82 |

Sumber : Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 12 Tahun 2010

### 2.6.1 Proyeksi Peningkatan Kendaraan dan Beban Emisi.

Proyeksi dilakukan sebelumnya terkait jumlah peningkatan kendaraan di Kota kupang berdasarkan objek pajak. Perhitungan proyeksi jumlah peningkatan kendaraan dilakukan dengan menggunakan trend. Ada 2 trend yang digunakan yaitu trend linear dan trend eksponensial kedua trend ini digunakan untuk menghitung jumlah peningkatan kendaraan pada tahun ke tahun yang berikutnya atau digunakan untuk meramal pergerakan keadaan pada masa yang akan datang.

#### 2.6.1.1 Trend

*Trend* dalah suatu gerakan (kecenderungan) naik atau turun dalam jangka panjang seperti diperoleh dari rata-rata perubahan dari waktu ke waktu (Hamdani.dkk,2007:198).

Ada 2 trend yang digunakan dalam peramalan pergerakan keadaan pada masa yang akan datang :

##### a. Trend linier

Trend linier adalah kecendrungan data dimana perubahannya berdasarkan waktu adalah tetap (konstan).

Bentuk persamaan peramalan :

$$Y' = a + bx, \dots\dots\dots(2.2)$$

Dengan menggunakan metode kuadrat terkecil, maka harga konstanta a dan b diperoleh dari persamaan di bawah ini :

$$a = \text{————} \text{ dan } b = \text{————}$$

Dimana :

$Y'$  = nilai yang diukur/dihitung pada variabel terikat

$Y$  = nilai variabel  $Y$  pada waktu tertentu

$x$  = waktu atau periode dari variabel bebas

$a$  = perpotongan antara garis trend dengan sumbu tegak

$b$  = Kemiringan dari garis trend

n = Banyaknya variabel Y pada waktu tertentu

b. Trend Eksponensial

Trend pertumbuhan eksponensial adalah kecenderungan data dimana perubahannya semakin lama semakin bertambah secara eksponensial Bentuk persamaan peramalan :

$$Y' = ab^x \dots\dots\dots(2.3)$$

Dengan menggunakan transformasi logaritma natural maka harga konstanta a dan b diperoleh dari persamaan di bawah ini :

Dimana:

$Y'$  = nilai yang diukur/dihitung pada variabel terikat

$Y$  = nilai variabel Y pada waktu tertentu

$x$  = waktu atau periode dari variabel bebas

$a$  = perpotongan antara garis trend dengan sumbu tegak

$b$  = Kemiringan dari garis trend

$n$  = Banyaknya variabel Y pada waktu tertentu

c. Standar Deviasi Error

Standar deviasi adalah ukuran yang digunakan untuk mengukur jumlah variasi atau sebaran sejumlah nilai data. Suatu trend atau peramalan harus memiliki nilai kesalahan atau error yang kecil untuk mendapatkan hasil peramalan yang baik.

Bentuk persamaan Standar Deviasai sebagai berikut :

$$\text{Stdr.Dev} = \frac{\sum e^2}{n} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

$e$  = Selisih anatara nilai Y dengan  $Y'$

$n$  = Banyaknya variabel Y pada waktu tertentu