

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).

Udara yang tercemar dapat merusak lingkungan sekitarnya dan berpotensi terganggunya kesehatan. Lingkungan yang rusak berarti berkurangnya daya dukung alam yang selanjutnya akan mengurangi kualitas hidup manusia dan makhluk hidup lainnya (Darmono, 2001).

2.2 Emisi Gas Buang

Emisi gas buang adalah zat atau unsur hasil dari pembakaran di dalam ruang bakar yang dilepaskan ke udara yang ditimbulkan oleh kendaraan bermotor yang berasal dari penguapan tangki bahan bakar minyak (Thandjung, 2002). Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 13 Tahun 1995, emisi didefinisikan sebagai masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan atau komponen lain ke udara. Sedangkan pengertian lain dari emisi gas buang merupakan sisa hasil pembakaran mesin kendaraan baik itu kendaraan berroda, perahu atau kapal dan pesawat terbang. 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 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).

Faktor - faktor yang mempengaruhi tingkat dan jenis emisi adalah jenis kendaraan, jenis bahan bakar, usia kendaraan, ukuran mesin, berat kendaraan, kecepatan kendaraan, jumlah berhenti dan berjalan, kecepatan mesin dan gradien jalan (Malkamah, 2004).

Gas buang kendaraan bermotor merupakan sumber polusi udara yang utama di kawasan perkotaan. Emisi kendaraan bermotor berbeda dari satu daerah dengan daerah lainnya hal itu dikarenakan adanya perbedaan desain jalan serta kondisi lalu – lintas. Penelitian secara komprehensif tentang besarnya kontribusi emisi gas buang dari berbagai sumber di DKI Jakarta menunjukkan bahwa kendaraan bermotor memberi kontribusi yang paling dominan sebesar 70% sedangkan kegiatan lain seperti industri dan perumahan hanya memberi kontribusi sebesar 30% (Anonymous, 1998).

Menurut Wardhana (2001), emisi gas buang kendaraan bermotor berdampak sangat luas bagi kehidupan makhluk hidup terutama manusia. Udara yang tercemar dapat meningkatkan berbagai jenis penyakit seperti ISPA (Infeksi Saluran Pernafasan Atas). Untuk jangka waktu yang panjang penurunan kualitas udara dapat menyebabkan kematian. Komposisi gas buang kendaraan bermotor yang dinyatakan dapat membahayakan kesehatan antara lain :

1. Karbon Monoksida (CO) dapat mengurangi kadar oksigen dalam darah, dapat menimbulkan pusing, gangguan berpikir, penurunan refleks dan gangguan jantung.

2. Hidrokarbon (HC) dapat menyebabkan iritasi mata, pusing, batuk, mengantuk, bercak kulit, perubahan kode genetik, memicu asma dan kanker paru – paru.
3. Oksida Nitrogen (NO) dapat menimbulkan iritasi mata, batuk, meningkatkan kasus asma, menimbulkan infeksi, saluran nafas, memicu kanker paru – paru, serta gangguan jantung dan paru.
4. Oksida Sulfur (SO) dapat menimbulkan efek iritasi pada saluran nafas sehingga menimbulkan gejala batuk dan sesak nafas.
5. Timbal (Pb) dapat meracuni sistem pembentukan darah merah sehingga dapat mengakibatkan beberapa hal antara lain, menimbulkan gangguan pembentukan sel darah merah, anemia, tekanan darah tinggi, mengurangi fungsi ginjal, reproduksi pria, menimbulkan penurunan kemampuan otak dan mengurangi kecerdasan.

2.3 Bahan Bakar Solar

Bahan bakar solar adalah bahan bakar minyak hasil sulingan dari minyak bumi, bahan bakar ini berwarna kuning coklat yang jernih. Penggunaan solar pada umumnya adalah untuk bahan bakar pada semua jenis mesin diesel dengan putaran tinggi (>1000 rpm). Minyak solar biasa juga disebut *Gas Oil, Automotive Diesel Oil, High Speed Diesel*. Pengertian lain dari bahan bakar solar adalah suatu campuran dari hidrokarbon yang telah di *distilasi* dari minyak mentah pada temperatur 200⁰C sampai 340⁰C (Pertamina, 2005).

Bahan bakar solar mempunyai sifat utama antara lain :

1. Berwarna kekuning - kuningan dan berbau.
2. Encer dan tidak mudah menguap pada suhu normal.
3. Mempunyai titik nyala tinggi (40°C sampai 100°C).
4. Terbakar secara spontan pada suhu 350°C .
5. Mempunyai berat jenis sekitar 0,82 - 0,86.
6. Mampu menimbulkan panas yang besar (sekitar 10.500 kcal/kg).
7. Mempunyai kandungan sulfur lebih besar dari pada bensin.

Solar merupakan jenis bahan bakar yang paling banyak dikonsumsi oleh masyarakat untuk keperluan transportasi dan industri. Berdasarkan data yang dikeluarkan oleh Pusat Penelitian Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi Lemigas telah diinformasikan bahwa cadangan minyak bumi Indonesia hanya tersisa 6 miliar *barrel* dan diproduksi sebanyak 1 juta *barrel* per hari. Selain menghasilkan energi, pembakaran sumber energi fosil khususnya bahan bakar solar juga melepaskan gas yang dapat menyebabkan pencemaran udara.

Bahan bakar solar menghasilkan konsentrasi gas karbon monoksida yang lebih rendah dibandingkan dengan bahan bakar bensin. Jenis bahan pencemar yang dikeluarkan oleh mesin berbahan bakar bensin maupun berbahan bakar solar sebenarnya sama, perbedaan hanya terletak pada cara operasi mesin. Secara visual selalu terlihat asap hitam dari knalpot kendaraan berbahan bakar solar, yang umumnya tidak terlihat pada kendaraan berbahan bakar bensin. Bahan pencemar yang terdapat didalam gas buang kendaraan

bermotor adalah karbon monoksida (CO), berbagai senyawa hidrokarbon, oksida nitrogen (NOx), sulfur (SOx) dan berbagai partikel debu termasuk timbal (Pb) (Hickman, 1999).

2.4 Pemodelan dengan Analisis Regresi Linier Berganda

Sebagai salah satu cabang dari disiplin ilmu, transportasi juga tidak bisa lepas dari penggunaan model dalam studi - studinya. Perkembangan penggunaan model dalam berbagai studi dan riset di bidang transportasi berjalan seiring berkembangnya teknologi transportasi dan semakin kompleks serta maraknya masalah - masalah transportasi yang menyeruak ke permukaan.

Dalam pemodelan emisi gas buang kendaraan metode yang akan digunakan adalah metode analisis regresi linier berganda (*Multiple Linear Regression Analysis*). Metode analisis regresi linier berganda digunakan untuk menghasilkan hubungan dalam bentuk numerik dan untuk melihat bagaimana variabel saling berkait. Variabel yang dimaksud adalah variabel terikat (Y) dengan beberapa variabel bebas (X1, X2, X3, ...Xn).

Ada beberapa tahapan dalam pemodelan dengan metode analisis regresi linier berganda (*Algifari, 2000*), adalah sebagai berikut :

- a. Tahap pertama adalah analisis bivariat, yaitu analisis uji korelasi untuk melihat hubungan antar variabel yaitu variabel terikat dengan variabel bebas. Variabel bebas harus mempunyai korelasi tinggi terhadap variabel terikat dan sesama variabel bebas tidak boleh saling berkorelasi. Apabila

terdapat korelasi diantara variabel bebas, pilih salah satu yang mempunyai nilai korelasi yang terbesar untuk mewakili.

- b. Tahap kedua adalah analisis multivariat, yaitu analisis untuk mendapatkan model yang paling sesuai menggambarkan pengaruh satu atau beberapa variabel bebas terhadap variabel terikatnya.

Analisis regresi linier berganda (*Multiple Linear Regression Analysis*) yaitu suatu cara yang dimungkinkan untuk melakukan beberapa proses iterasi dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Pada langkah awal adalah memilih variabel bebas yang mempunyai korelasi yang besar dengan variabel terikatnya.
2. Pada langkah berikutnya menyeleksi variabel bebas yang saling berkorelasi, jika ada antara variabel bebas memiliki korelasi besar maka untuk ini dipilih salah satu, dengan kata lain korelasi harus kecil antara sesama variabel bebas.
3. Pada tahap akhir memasukkan variabel bebas dan variabel terikat ke dalam persamaan model regresi linear berganda:

$$Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 \dots + b_n X_n \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

Y	= Emisi gas buang kendaraan bermotor
a	= Konstanta
b ₁ , b ₂ ... b _n	= Koefisien dari faktor – faktor emisi gas buang
X ₁ , X ₂ ... X _n	= Faktor – faktor emisi gas buang

Variabel bebas dalam persamaan ini merupakan faktor – faktor yang berpengaruh terhadap banyaknya emisi gas buang kendaraan, antara lain :

1. Jumlah Kendaraan

Pada umumnya bertambahnya jumlah kendaraan akan mengakibatkan bertambahnya jumlah emisi gas yang akan dikeluarkan sehingga berdampak negatif pada lingkungan. Pertambahan volume lalu lintas juga akan mengakibatkan bertambahnya emisi polusi udara sehingga dapat dianggap menurunkan kualitas udara (Morlok, Eka., 1995). Sedangkan menurut Hickman (1999), peningkatan jumlah kendaraan sebanding dengan peningkatan jumlah emisi yang dihasilkan sehingga mengakibatkan pencemaran udara juga semakin meningkat.

2. Umur Kendaraan

Tahun produksi mobil yang berbeda akan berpengaruh besar. Idealnya, semakin tua umur mobil maka kualitas mesinnya juga akan menurun. Begitu juga dengan gas buangan yang dihasilkannya, akan semakin besar. Kendaraan dengan tahun pembuatan yang lebih lama akan mengeluarkan emisi yang lebih banyak dibandingkan dengan kendaraan baru (Marlok, 1991).

3. Perawatan Kendaraan

Kendaraan tahun rendah atau kendaraan tua sebagian besar mencemari lingkungan artinya emisi gas buang yang dihasilkan sudah melebihi ambang batas yang ditetapkan, meskipun demikian ada juga kendaraan bertahun rendah yang ramah lingkungan. Tetapi, bukan berarti kendaraan yang bertahun tinggi atau kendaraan baru tidak mencemari lingkungan.

Hal ini bisa terjadi karena pemakaian yang berlebihan sehingga perawatan terhadap kendaraan bermotorpun kurang diperhatikan dan tidak dilakukan perawatan secara teratur. Dengan demikian perawatan kendaraan ikut menentukan besarnya emisi gas buang kendaraan (Kusumawati dkk, 2013).

4. Kecepatan Kendaraan

Kecepatan kendaraan didefinisikan sebagai tingkat pergerakan yaitu jarak yang ditempuh kendaraan dalam satu satuan waktu tertentu. Umumnya dinyatakan dengan satuan kilometer per jam (km/jam). Karena dalam arus lalu lintas akan terdapat berbagai jenis kendaraan dengan berbagai kecepatan juga, maka kecepatan yang dimaksud adalah kecepatan rata-rata. Peningkatan laju pertumbuhan kendaraan yang cepat akan menurunkan kecepatan rata-rata kendaraan di jalan raya. Penurunan kecepatan kendaraan akan menghasilkan emisi yang lebih tinggi. Kecepatan rata-rata kendaraan akan mempengaruhi jumlah emisi yang dikeluarkan oleh suatu kendaraan (Marlok,1992).

5. Jumlah Bahan Bakar

Pemakaian bahan bakar secara langsung mempengaruhi tingkat emisi kendaraan. Semakin tinggi pemakaian bahan bakar maka emisi yang dihasilkan semakin besar. Salah satu cara pengendalian emisi gas buang adalah dengan mengendalikan konsumsi bahan bakar untuk transportasi jalan tersebut (Hasan, 2007).

6. 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 (Vera, 2005).

2.5 Faktor Emisi

Faktor emisi merupakan nilai atau angka yang merepresentasikan besaran atau kuantitas pencemar yang diemisikan ke atmosfer oleh suatu aktivitas. Angka pada faktor emisi berasal dari nilai rata - rata statistik dari jumlah massa pencemar yang diemisikan untuk setiap satuan aktivitas kegiatan. Faktor emisi kendaraan bermotor dipengaruhi oleh faktor – faktor berikut :

- a. Karakteristik geografi
- b. Karakteristik bahan bakar
- c. Teknologi Kendaraan

Tabel 1. Data Faktor Emisi Indonesia Berdasarkan Jenis Kendaraan

Kategori Kendaraan	CO (g/km)	HC (g/km)	NO _x (g/km)	PM ₁₀ (g/km)	CO ₂ (g/kg BBM)	SO ₂ (g/km)
Sepeda Motor	14	5,9	0,29	0,24	3180	0,008
Mobil Pribadi (Bensin)	40	4	2	0,01	3180	0,026
Mobil Pribadi (Solar)	2,8	0,2	3,5	0,53	3172	0,44
Bis	11	1,3	11,9	1,4	3172	0,93
Truk	8,4	1,8	17,7	1,4	3172	0,82

Berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2010 perhitungan beban emisi dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$E_a = \text{Volume Kendaraan} \times \text{VKT}_{b,c} \times \text{FE}_{a,b,c} \times 10^{-6}$$

Dimana :

E_a = Beban pencemar untuk polutan a (ton/tahun)

Volume Kendaraan = Jumlah kendaraan per satuan waktu (kend/tahun)

$\text{VKT}_{b,c}$ = Total panjang perjalanan kendaraan bermotor kategori b dengan menggunakan bahan bakar jenis c (km)

$\text{FE}_{a,b,c}$ = Besarnya polutan a yang diemisikan untuk setiap km perjalanan yang dilakukan kendaraan bermotor kategori b yang menggunakan bahan bakar jenis c (g/km) atau disebut juga faktor emisi

2.6 Studi Pendahuluan

Tabel 2. Daftar Studi Pendahuluan yang Dikutip

No.	Judul	Penulis
1	Hubungan Jumlah Kendaraan Bermotor, Odometer Kendaraan dan Tahun Pembuatan Kendaraan dengan Emisi CO ₂ di Kota Pekanbaru	Poppy Sandra Kusumawati, Usman M Tang, Tengku Nurhidayah
2	Kajian Hubungan Antara Variasi Kecepatan Kendaraan dengan Emisi yang Dikeluarkan Pada Kendaraan Bermotor Roda Empat.	Vera Surtia Bachtiar
3.	Kajian Emisi CO ₂ Menggunakan Persamaan Mobile 6 dan Mobile Combustion dari Sektor Transportasi di Kota Surabaya.	Rania Indah Ismayanti, Rahmat Boedisantoso, Abdu Fadli Assomadi
4.	Analisis Kerugian Akibat Kemacetan Lalu Lintas Ditinjau dari Emisi Kendaraan Bermotor di Pusat Kota Bandar Lampung	Amelia Oktavia