

Model Emisi Gas Buangan Kendaraan Bermotor Akibat Aktivitas Transportasi (Studi Kasus: Terminal Pasar Bawah Ramayana Koita Bandar Lampung)

Devianti Muziansyah¹⁾
Rahayu Sulistyorini²⁾
Syukur Sebayang³⁾

Abstract

Ramayana Underground Terminal of Bandar Lampung City is one of the largest contributors exhaust emission levels, where the freight car transport activity is very high. Transportation is one of the activities that contribute as a producer of motor vehicle exhaust emissions both gasoline and diesel.

The aim of this study is to make model the relationship between vehicle exhaust emissions with transport activity, to determine the factors that affect emissions, calculate emissions, and calculate the emission losses in rupiah per year in Ramayana Underground Terminal of Bandar Lampung City.

Relationship models obtained from the linear regression equation using SPSS 16 for diesel passenger cars is $Y = -19,401 + 0,684 X1 + 11,497 X2 + 0,031 X3$ and for gasoline passenger cars is $Y = 20,060 + 0,143 X1 + 0,421 X2 + 0,028 X3$ and for motorcycles is $Y = 9,049 + 0,082 X1 + 0,921 X2 + 0,051 X3$. Where the exhaust emissions value (Y), the age of the vehicle (X1), vehicle maintenance (X2) and the capacity of the machine (X3). Based on a survey and analysis of the emission load calculations and the cost of damages for Ramayana Underground Terminal worth Rp 63.492.632 / year.

Keywords: Transportation, gasoline, diesel, exhaust emissions, SPSS 16

Abstrak

Terminal Pasar Bawah Ramayana yang berada di pusat Kota Bandar Lampung merupakan salah satu tempat penyumbang terbesar kadar emisi gas buang, dimana aktivitas transportasi mobil angkutan yang sangat tinggi. Transportasi merupakan salah satu kegiatan yang berkontribusi sebagai penghasil emisi gas buang kendaraan bermotor baik yang berbahan bakar bensin maupun solar.

Penelitian ini bertujuan untuk membuat model hubungan antara emisi gas buang kendaraan dengan aktivitas transportasi, menentukan faktor-faktor yang mempengaruhi emisi, menghitung besar emisi, dan menghitung kerugian emisi dalam rupiah per tahun di Terminal Pasar Bawah Ramayana Kota Bandar Lampung.

Model hubungan didapat dari persamaan regresi linier berganda dengan menggunakan program SPSS 16 untuk mobil penumpang solar adalah $Y = -19,401 + 0,684 X1 + 11,497 X2 + 0,031 X3$ dan untuk mobil penumpang bensin adalah $Y = 20,060 + 0,143 X1 + 0,421 X2 + 0,028 X3$ sedangkan untuk sepeda motor adalah $Y = 9,049 + 0,082 X1 + 0,921 X2 + 0,051 X3$. Dimana nilai emisi gas buang (Y), umur kendaraan (X1), perawatan kendaraan (X2) dan kapasitas mesin (X3). Berdasarkan survei dan analisis perhitungan beban emisi serta biaya kerugian untuk Terminal Pasar Bawah Ramayana sebesar Rp 63.492.632/tahun.

Kata kunci: transportasi, bensin, solar, emisi gas buang, SPSS 16

¹⁾ Mahasiswa pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. surel: devianti.depoidepoi@gmail.com.

²⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

³⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung.

1. PENDAHULUAN

Sejalan dengan pesatnya pembangunan dan jumlah penduduk yang tinggal di Kota Bandar Lampung, maka jumlah kendaraan bermotor juga mengalami peningkatan. Dengan semakin meningkatnya kendaraan bermotor yang beroperasi maka akan menyebabkan peningkatan pada konsentrasi pencemarnya sehingga dikhawatirkan membahayakan kesehatan manusia dan mempengaruhi kualitas udara apabila melebihi ambang batas yang ditentukan.

Terminal Pasar Bawah Ramayana yang berada di pusat Kota Bandar Lampung merupakan salah satu tempat penyumbang terbesar kadar emisi gas buang karena aktivitas transportasi mobil angkutan yang sangat tinggi. Akibatnya, puluhan pemilik kios yang hampir dua tahun berdagang di terminal lantai dasar pasar tersebut akhir-akhir ini mulai merasakan sesak nafas dan gangguan paru-paru.

Kondisi terminal angkutan umum dalam kota ini sangat tidak layak untuk kesehatan. Selain tingginya emisi gas buang dari kendaraan minibus bahan bakar solar dan premium, kondisi terminal juga gelap dan pengap akibat sirkulasi angin yang datang satu arah menuju kios pedagang. Pencemaran udara disebabkan tingginya volume gas buang emisi kendaraan angkutan umum dan pribadi yang masuk ke terminal. Selain itu, pencemaran tersebut juga diperparah oleh kerusakan pengisap udara yang dipasang di atap terminal.

Oleh karena itu penulis merasa perlu adanya melakukan penelitian mengenai pemodelan emisi gas buang dari sektor transportasi di Kota Bandar Lampung dengan judul “Model Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Akibat Aktivitas Transportasi” dengan studi kasus di Terminal Pasar Bawah (Ramayana) Kota Bandar Lampung.

2. LANDASAN TEORI

2.1. Konsep Pemodelan Transportasi

Sebagai salah satu cabang dari bidang ilmiah (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. Model yang biasa digunakan dalam merencanakan sistem transportasi diantaranya adalah:

1. Model Matematik dan Statistik

Model ini biasa digunakan untuk mengkaji, mengamati, menganalisis, sekaligus memprediksi jumlah kebutuhan atau jasa transportasi dari konsumen jasa transportasi dalam kurun waktu tertentu yang akan terjadi di masa mendatang. Model ini sering juga disebut sebagai model kebutuhan (*demand model*) yang berbentuk hubungan fungsi kebutuhan, karena pada model ini secara transparan tercermin hubungan antara jumlah kebutuhan jasa transportasi dari konsumen di satu pihak, dengan beberapa faktor atau variabel (Asri, 2012).

2.2. Emisi Gas Buang

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 (Yuliasuti, 2008).

2.2.1. 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 O² artinya udara yang masuk ke ruang silinder kurang atau suplai bahan bakar berlebihan.

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.

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. CO₂ (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. SO₂ (Oksida Belerang)

Oksida Belerang (SO₂) 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.

2.2.2. Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Emisi Gas Buang

Faktor penting yang menyebabkan dominannya pengaruh sektor transportasi terhadap pencemaran udara perkotaan di Indonesia antara lain:

1. Perkembangan jumlah kendaraan yang cepat (eksponensial).
2. Tidak seimbang prasarana transportasi dengan jumlah kendaraan yang ada (misalnya jalan yang sempit).
3. Pola lalu lintas perkotaan yang berorientasi memusat, akibat terpusatnya kegiatan-kegiatan perekonomian dan perkantoran di pusat kota.
4. Masalah turunan akibat pelaksanaan kebijakan pengembangan kota yang ada, misalnya daerah pemukiman penduduk yang semakin menjauhi pusat kota.
5. Kesamaan waktu aliran lalu lintas.

6. Jenis, umur dan karakteristik kendaraan bermotor.
7. Faktor perawatan kendaraan dan jenis bahan bakar yang digunakan.
8. Jenis permukaan jalan dan struktur pembangunan jalan.
9. Siklus dan pola mengemudi (*driving pattern*) (Tugaswati, 2007).

Pada penelitian ini ada tujuh faktor yang akan ditinjau yaitu, jumlah kendaraan, umur kendaraan, perawatan kendaraan, kecepatan kendaraan, jenis bahan bakar, jumlah bahan bakar, kapasitas mesin.

a. Jumlah Kendaraan

Meningkatnya jumlah kendaraan bermotor yang signifikan mengakibatkan kebutuhan akan pemakaian bahan bakar minyak (BBM) juga semakin meningkat khususnya bahan bakar solar dan bensin. Penggunaan bahan bakar yang banyak tentunya akan menyebabkan emisi gas buang yang banyak pula.

Pertambahan volume lalu lintas juga akan mengakibatkan bertambahnya emisi polusi udara sehingga dapat dianggap menurunkan kualitas udara (Morlok, 1995). Meskipun perkembangan teknologi terbaru secara signifikan dapat mengurangi jumlah emisi, namun tingkat kenaikan dari jumlah kendaraan bermotor yang cukup tinggi dan jauhnya jarak perjalanan membuat hal tersebut tidak berguna lagi. Peningkatan jumlah kendaraan sebanding dengan peningkatan jumlah emisi yang dihasilkan.

b. Umur Kendaraan

Pembatasan usia kendaraan akan menekan tingkat kemacetan lalu lintas dan akan mengurangi emisi gas buang. Terjadinya kemacetan lalu lintas akan memperbesar emisi gas CO karena terjadi pembakaran yang tidak sempurna, hingga hampir 6 kali bila lalu lintas tidak mengalami kemacetan. Umur mesin berpengaruh terhadap konsentrasi emisi CO yang dihasilkan sepeda motor. Semakin tua umur mesin sepeda motor maka konsentrasi emisi CO yang dihasilkan semakin besar. Hal ini disebabkan oleh komponen – komponen mesin (yang berperan penting dalam proses pembakaran) telah banyak mengalami proses keausan selain itu, banyak kotoran – kotoran yang menempel di saringan udara.

c. Kecepatan Kendaraan

Emisi gas buang kendaraan dan kebisingan berkaitan erat dengan arus lalu lintas dan kecepatan. Pada arus lalu lintas yang konstan emisi ini berkurang dengan pengurangan kecepatan selama jalan tidak mengalami kemacetan. Jika arus lalu-lintas mendekati kapasitas (derajat kejenuhan $> 0,8$), kondisi turbulen “berhenti dan berjalan” yang disebabkan kemacetan terjadi dan menyebabkan kenaikan emisi gas buang dan kebisingan jika dibandingkan dengan kondisi lalu-lintas yang stabil. Alinyemen jalan yang tidak diinginkan seperti tikungan tajam dan kelandaian curam menaikkan kebisingan dan emisi gas buang.

d. Perawatan Kendaraan

Kadar gas berbahaya CO dan NO_x pada gas buang kendaraan bermotor bisa ditekan sekecil mungkin dengan perawatan yang baik terhadap mesin kendaraan tersebut. Namun demikian tidak semua pemilik kendaraan bermotor memiliki kesadaran yang tinggi, disamping enggan untuk mengeluarkan biaya perawatan yang mahal. Karburator yang tidak terawat, tidak dapat mencampur bahan bakar dengan udara dengan baik, sehingga pembakaran yang terjadi tidak sempurna. Perawatan yang dilakukan terhadap mesin

kendaraan berpengaruh terhadap emisi yang dihasilkan. Semakin rutin sepeda motor melakukan servis maka emisi CO, HC, dan NOx yang dihasilkan semakin kecil.

Kendaraan tahun rendah (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 (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.

e. Kapasitas Mesin

Kapasitas mesin kendaraan mempengaruhi konsumsi bahan bakar, semakin besar kapasitas mesin, semakin besar pula bahan bakar yang dibutuhkan oleh kendaraan tersebut. Perbedaan kapasitas silinder mempengaruhi konsentrasi emisi gas buangnya. Mesin kendaraan dengan kapasitas silinder lebih besar akan mengeluarkan zat pencemar yang lebih besar.

f. Jumlah Bahan Bakar

Sektor transportasi memiliki ketergantungan yang tinggi terhadap sumber energi. Hampir sebagian besar produk kendaraan bermotor yang digunakan dalam sektor transportasi menggunakan bahan bakar minyak (BBM) sebagai sumber energi. Pola berkendara dengan besarnya frekuensi jalan-berhenti yang umumnya terjadi di persimpangan, membutuhkan bahan bakar semakin besar bila dibandingkan dengan pola berkendara yang berjalan dengan kecepatan konstan untuk semua jenis motor, baik berbahan bakar bensin maupun diesel.

Kendaraan yang paling efisien dalam konsumsi bahan bakar adalah kendaraan umum (angkot). Disusul dengan kendaraan pribadi berbahan bakar premium lalu solar. Hal ini sudah sesuai dengan pustaka yang menyatakan bahwa kapasitas mesin kendaraan mempengaruhi konsumsi bahan bakar, semakin besar kapasitas mesin, semakin besar pula bahan bakar yang dibutuhkan oleh kendaraan tersebut.

g. Jenis Bahan Bakar

Dalam pelaksanaan penelitian ini, jenis kendaraan yang digunakan terbagi dua, yaitu kendaraan yang menggunakan bahan bakar bensin dan yang menggunakan bahan bakar solar. Jenis bahan bakar pencemar yang dikeluarkan oleh mesin dengan bahan bakar bensin maupun bahan bakar solar sebenarnya sama saja, hanya berbeda proporsinya karena perbedaan cara operasi mesin.

2.3. Beban Emisi

Tingkat aktivitas dinyatakan sebagai panjang perjalanan seluruh kendaraan bermotor. Sehingga formula perhitungan beban emisi dari kendaraan bermotor adalah :

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

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)

2.4. Sampel Minimum

Dalam melakukan survei maka diperlukan jumlah sampel yang bisa mewakili dari populasi yang ada sehingga hasilnya cukup representatif. Untuk itu perlu dicari jumlah sampel minimum dari suatu populasi. Besarnya jumlah sampel minimum :

$$n = \frac{N}{(1 + Ne)^2} \quad (1)$$

Dimana :

n : Jumlah sampel

N : Jumlah kendaraan rata-rata per hari

e : Nilai kritis (batas ketelitian yang diinginkan)

2.5. Analisis Regresi Linier Berganda

Regresi linear berganda berguna untuk mencari pengaruh dua atau lebih variabel bebas (*predictor*) atau untuk mencari hubungan fungsional dua variabel predictor atau lebih terhadap variabel kriteriumnya. Dalam proses pemilihan faktor emisi gas buang terdapat perbedaan pandangan terhadap faktor mana yang paling dominan yang berpengaruh terhadap emisi gas buang yang berkaitan dengan aktivitas transportasi. Dalam memperkirakan faktor-faktor apa saja yang paling berpengaruh digunakan persamaan regresi linier berganda, yaitu :

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n \quad (2)$$

Dimana :

Y : Emisi gas buang kendaraan bermotor

X_1, X_2, \dots, X_n : Faktor-faktor emisi gas buang

b_1, b_2, \dots, b_n : Koefisien dari faktor-faktor emisi gas buang

a : Faktor yang tidak diperhitungkan/nilai sisa

3. METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Pelaksanaan survei volume dan kecepatan dilaksanakan pada hari Senin tanggal 2 Juni 2014, Kamis 5 Juni 2014. Penelitian dilakukan selama 5 jam yaitu pagi hari pada pukul 06.30 - 08.00 WIB, siang hari pada pukul 12.00 - 13.30 WIB dan sore hari pada pukul 16.00 - 18.00 WIB.

3.2. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian mencakup langkah-langkah pelaksanaan penelitian dari awal sampai akhir. Tahapan dalam penelitian ini diawali dengan suatu studi untuk mengidentifikasi wilayah suatu lokasi, mengenali permasalahannya, mengidentifikasi data yang dibutuhkan, mengidentifikasi pustaka dan acuan yang akan digunakan, serta mengidentifikasi perangkat lunak yang dapat menganalisis data. Tujuan yang menjadi sasaran studi dan identifikasi pustaka, dibuatkan formulir surveinya untuk menentukan data-data apa saja yang diperlukan dalam memenuhi penelitian ini. Adapun tahapan penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Persiapan penelitian yaitu berupa studi literatur, penetapan lokasi penelitian, pembuatan kuisioner, melakukan survei pendahuluan dan penetapan jumlah sampel.

2. Pengambilan data dilakukan untuk mengetahui kecepatan kendaraan.
3. Pengolahan data.
4. Hasil dan pembahasan.

3.3. Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data primer mengenai karakteristik kendaraan (umur kendaraan, perawatan kendaraan, kapasitas mesin, jenis bahan bakar, dan jumlah bahan bakar) serta teori lainnya yang didapat dari literatur, jurnal ilmiah, dan internet.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis Model Emisi Gas Buang Kendaraan Akibat Transportasi

Data yang diolah untuk membuat model emisi gas buang kendaraan baik bensin maupun solar akibat aktivitas transportasi berasal dari pembagian kuesioner mobil solar sebanyak 11 kuesioner, mobil bensin sebanyak 173 kuesioner dan sepeda motor sebanyak 226 kuesioner. Data dalam kuesioner meliputi data umur kendaraan (tahun), data perawatan kendaraan (*dealer* = 0; *non dealer* = 1), data kapasitas mesin kendaraan (cc) dan data konsumsi bahan bakar kendaraan. Pembagian kuesioner dilakukan di pintu keluar Terminal Pasar Bawah Ramayana Kota Bandar Lampung. Data Dalam penelitian ini menggunakan analisis regresi linier berganda dalam program SPSS 16.

Berdasarkan hasil pengolahan data dengan program SPSS 16 diperoleh model emisi gas buang untuk mobil solar, yaitu:

$$Y = -19,401 + 0,684 X_1 + 11,497 X_2 + 0,031 X_3 \text{ dengan } R\text{-Sq} = 57,9 \%$$

Dimana :

- Y : Nilai Emisi Gas Buang Kendaraan (gram)
- X₁ : Umur Kendaraan (tahun)
- X₂ : Perawatan Kendaraan
- X₃ : Kapasitas Mesin Kendaraan (cc)
- R-Sq : Koefisien penentu

Berdasarkan hasil pengolahan data dengan program SPSS 16 diperoleh model emisi gas buang untuk mobil bensin, yaitu:

$$Y = 20,060 + 0,143 X_1 + 0,421 X_2 + 0,028 X_3 \text{ dengan } R\text{-Sq} = 41,8 \%$$

Dimana :

- Y : Nilai Emisi Gas Buang Kendaraan (gram)
- X₁ : Umur Kendaraan (tahun)
- X₂ : Perawatan Kendaraan
- X₃ : Kapasitas Mesin Kendaraan (cc)
- R-Sq : Koefisien penentu

Berdasarkan hasil pengolahan data dengan program SPSS 16 diperoleh model emisi gas buang untuk sepeda motor, yaitu:

$$Y = 9,049 + 0,082 X_1 + 0,921 X_2 + 0,051 X_3 \text{ dengan } R\text{-Sq} = 16 \%$$

Dimana :

- Y : Nilai Emisi Gas Buang Kendaraan (gram)
- X₁ : Umur Kendaraan (tahun)
- X₂ : Perawatan Kendaraan

X3 : Kapasitas Mesin Kendaraan (cc)
 R-Sq : Koefisien penentu

4.2. Survei Volume Lalu Lintas

Survei dilakukan untuk mengetahui banyaknya jumlah kendaraan yang melintasi Terminal Pasar Bawah Ramayana Kota Bandar Lampung sepanjang 0,2193 km pada jam sibuk (*peak hour*). Diperoleh hasil volume lalu lintas selama 5 jam pada hari Senin dan Kamis. Volume lalu lintas per jam pada jam puncak lihat pada Tabel 1. Hasil survei volume lalu lintas dilakukan untuk memprediksi volume lalu lintas dalam 1 hari, 1 minggu dan 1 tahun dengan cara:

1 hari = 1 jam x 12 0,8 Lihat pada Tabel 2.

1 Minggu = (3 x volume kendaraan hari Senin) + (2 x volume kendaraan hari Kamis)
 Lihat Tabel 3.

1 Tahun = 52 Minggu (hasil volume kendaraan 1 minggu dikalikan 52 minggu). Lihat pada Tabel 4.

Tabel 1. Data Volume Lalu Lintas Kendaraan pada Jam Puncak.

Hari	Kendaraan Berbahan Bakar Solar		Kendaraan Berbahan Bakar Bensin	
	Mobil Penumpang (kend/jam)		Mobil Penumpang Sepeda Motor (kend/jam)	
	Senin	10	318	546
Kamis	13	291	492	

Tabel 2. Data Volume Lalu Lintas Kendaraan per Hari.

Hari	Kendaraan Berbahan Bakar Solar		Kendaraan Berbahan Bakar Bensin	
	Mobil Penumpang (kend/hari)		Mobil Penumpang Sepeda Motor (kend/hari)	
	Senin	96	3053	5242
Kamis	125	2794	4723	

Tabel 3. Data Volume Lalu Lintas Kendaraan per Minggu.

Ruas	Kendaraan Berbahan Bakar Solar		Kendaraan Berbahan Bakar Bensin	
	Mobil Penumpang (kend/minggu)		Mobil Penumpang Sepeda Motor (kend/minggu)	
	Terminal Pasar Bawah	538	14747	25172

Tabel 4. Data Volume Lalu Lintas Kendaraan per Tahun.

Ruas	Kendaraan Berbahan Bakar Solar		Kendaraan Berbahan Bakar Bensin	
	Mobil Penumpang (kend/tahun)		Mobil Penumpang Sepeda Motor (kend/tahun)	
	Terminal Pasar Bawah	27976	766844	1308944

4.3. Analisis Beban Emisi Kendaraan Dengan Faktor Emisi Indonesia

Pada penelitian ini analisis perhitungan beban emisi kendaraan menggunakan metode perhitungan beban emisi berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 12 Tahun 2010 (Tabel 5).

Tabel 5. Data Faktor Emisi Indonesia.

Kategori Kendaraan	CO (g/km)	HC (g/km)	NO _x (g/km)	CO ₂ (g/kg BBM)	CO ₂ (g/kg BBM)	SO ₂ (g/km)
Sepeda Motor	14	5,9	0,29	0,24	3180	0,008
Mobil Pribadi	40	4	2	0,01	3180	0,026
Mobil Solar	2,8	0,2	3,5	0,53	3172	0,44

Setelah didapat data volume kendaraan per tahun, data panjang perjalanan serta faktor emisi berdasarkan kategori kendaraan dilakukan perhitungan beban emisi kendaraan. Contoh perhitungan beban emisi untuk polutan jenis CO dapat dilihat dibawah ini: CO mobil penumpang kendaraan berbahan bakar solar (ton/tahun) :

$$\begin{aligned}
 &= \text{Volume Kendaraan} \times \text{VKT} \times \text{FE} \times 10^{-6} \\
 &= 27976 \text{ kend/tahun} \times 0,2193 \text{ km} \times 2,8 \text{ g/km} \times 10^{-6} \\
 &= 0,0172 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

Cara perhitungan beban emisi kendaraan untuk jenis polutan HC, NO_x, PM₁₀, dan SO₂ hampir sama dengan cara perhitungan beban emisi untuk jenis polutan CO, hanya saja pada faktor emisi (FE) bahan pencemar berbeda sesuai dengan Tabel 1. Sedangkan cara perhitungan yang berbeda berlaku untuk jenis polutan CO₂ karena berkaitan dengan konsumsi bahan bakar kendaraan.

Data yang diperlukan antara lain :

1. Data konsumsi rata – rata bahan bakar kendaraan dalam kota.
Konsumsi bahan bakar mobil penumpang kendaraan berbahan bakar solar rata – rata dalam kota sebesar 9 km/liter, konsumsi bahan bakar mobil penumpang kendaraan berbahan bakar bensin rata – rata dalam kota sebesar 10 km/liter dan konsumsi bahan bakar sepeda motor rata – rata dalam kota sebesar 48 km/liter.
2. Berat jenis solar sebesar 0,82 kg/liter dan berat jenis premium sebesar 0,76 kg/liter.
3. Panjang perjalanan di Terminal Pasar Bawah Ramayana Kota Bandar Lampung yaitu 0,2193km.

Contoh perhitungan CO₂ mobil penumpang kendaraan berbahan bakar solar :
Terminal Pasar Bawah Ramayana Kota Bandar Lampung sepanjang 0,2193 km.
Konsumsi bahan bakar saat melewati Terminal Pasar Bawah Ramayana Kota Bandar Lampung sebanyak :

$$\begin{aligned}
 9/0,2193 &= 1/x \\
 9 \times &= 0,2193 \\
 x &= 0,0244 \text{ liter} \\
 0,0244 \text{ liter} &= 0,0244 \text{ liter} \times 0,82 \text{ kg/liter} \\
 &= 0,0200 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

FE CO₂ mobil penumpang berbahan bakar solar = 3172 g/kg BBM

Bila faktor emisi untuk 1 kg BBM solar sebesar 3172 gram, maka untuk 0,0200 kg BBM solar sebesar :

$$\begin{aligned} 1/0,0200 &= 3172/x \\ x &= 3172 \times 0,0200 \\ x &= 63,44 \text{ gram} \end{aligned}$$

Maka besarnya beban emisi CO₂ mobil penumpang kendaraan berbahan bakar solar sebesar :

$$\begin{aligned} &= 27976 \text{ kend/tahun} \times 0,2193 \text{ km} \times 3,44 \text{ gram} \times 10^{-6} \\ &= 0,3892 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Contoh perhitungan CO₂ mobil penumpang kendaraan berbahan bakar bensin :

Terminal Pasar Bawah Ramayana Kota Bandar Lampung sepanjang 0,2193 km.

Konsumsi bahan bakar saat melewati Terminal Pasar Bawah Ramayana Kota Bandar Lampung sebanyak :

$$\begin{aligned} 10/0,2193 &= 1/x \\ 10 \times &= 0,2193 \\ x &= 0,0219 \text{ liter} \\ 0,0244 \text{ liter} &= 0,0219 \text{ liter} \times 0,76 \text{ kg/liter} \\ &= 0,0166 \text{ kg} \end{aligned}$$

FE CO₂ mobil penumpang berbahan bakar bensin = 3180 g/kg BBM

Bila faktor emisi untuk 1 kg BBM bensin sebesar 3180 gram, maka untuk 0,0166 kg BBM solar sebesar :

$$\begin{aligned} 1/0,0166 &= 3180/x \\ x &= 3180 \times 0,0166 \\ x &= 52,79 \text{ gram} \end{aligned}$$

Maka besarnya beban emisi CO₂ mobil penumpang kendaraan berbahan bakar solar sebesar :

$$\begin{aligned} &= 766844 \text{ kend/tahun} \times 0,2193 \text{ km} \times 52,79 \text{ gram} \times 10^{-6} \\ &= 8,8776 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Contoh perhitungan CO₂ sepeda motor :

Terminal Pasar Bawah Ramayana Kota Bandar Lampung sepanjang 0,2193 km.

Konsumsi bahan bakar saat melewati Terminal Pasar Bawah Ramayana Kota Bandar Lampung sebanyak :

$$\begin{aligned} 48/0,2193 &= 1/x \\ 48 \times &= 0,2193 \\ x &= 0,0046 \text{ liter} \\ 0,0046 \text{ liter} &= 0,0046 \text{ liter} \times 0,76 \text{ kg/liter} \\ &= 0,0035 \text{ kg} \end{aligned}$$

FE CO₂ sepeda motor = 3180 g/kg BBM

Bila faktor emisi untuk 1 kg BBM solar sebesar 3180 gram, maka untuk 0,0035 kg BBM solar sebesar :

$$\begin{aligned} 1/0,0035 &= 3180/x \\ x &= 3180 \times 0,0035 \\ x &= 11,13 \text{ gram} \end{aligned}$$

Maka besarnya beban emisi CO₂ mobil penumpang kendaraan berbahan bakar solar sebesar :

$$\begin{aligned} &= 1308944 \text{ kend/tahun} \times 0,2193 \text{ km} \times 11,13 \text{ gram} \times 10^{-6} \\ &= 3,1949 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Berdasarkan contoh perhitungan diatas diperoleh hasil perhitungan beban emisi seperti di bawah ini :

Tabel 6. Beban Emisi Kendaraan Solar Per Tahun (ton/tahun).

Ruas	Kendaraan Berbahan Bakar Solar (Mobil Penumpang)					
	CO	HC	NO _x	PM ₁₀	SO ₂	CO ₂
Terminal Pasar Bawah	0,0172	0,0012	0,0215	0,0033	0,0027	0,3892

Tabel 7. Beban Emisi Kendaraan Bensin (Mobil) Per Tahun (ton/tahun).

Ruas	Kendaraan Berbahan Bakar Bensin (Mobil Penumpang)					
	CO	HC	NO _x	PM ₁₀	SO ₂	CO ₂
Terminal Pasar Bawah	0,0172	0,0012	0,0215	0,0033	0,0027	0,3892

Tabel 8. Beban Emisi Kendaraan Sepeda Motor Per Tahun (ton/tahun).

Ruas	Kendaraan Sepeda Motor					
	CO	HC	NO _x	PM ₁₀	SO ₂	CO ₂
Terminal Pasar Bawah	0,0172	0,0012	0,0215	0,0033	0,0027	0,3892

4.5. Analisis Beban Emisi Dengan Faktor Emisi India

Untuk faktor emisi India, diperoleh besaran nilai faktor emisi (g/km) parameter pencemar CO dan NO yang didasarkan pada kecepatan kendaraan (0 – 60 km/jam) dan tipe/jenis kendaraan terbagi menjadi 4 jenis, yaitu:

- 2 wheeler 4 strokes (2W4S): kendaraan roda dua (4 tak), yakni semua jenis sepeda motor yang berbahan bakar bensin.
- 3 wheeler 4 strokes (3W4S): kendaraan roda tiga (4 tak), yakni bajaj dan bemo yang berbahan bakar bensin.
- 4 wheeler 4 Gasoline (4WG): kendaraan roda empat (4 tak), yakni mobil penumpang, pick-up, dan minibus yang berbahan bakar bensin.
- Bus dan truk: kendaraan berat berbahan bakar diesel, yakni bus kecil dan besar, truk kecil, sedang, besar, art truk, dan trailer, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Data Faktor Emisi India.

Kecepatan	CO (gm/km)				NO (gm/km)			
	2W4S	3W4S	4WG	Bus/Truk	2W4S	3W4S	4WG	Bus/Truk
0 (km/jam)	0	0	0	0	0	0	0	0
10 (km/jam)	1,6	5,2	16	6,1	2,04	1,5	5,2	504,3
20 (km/jam)	1,1	0,9	11,5	4,6	1,4	1,1	4,95	351,9
30 (km/jam)	1,0	0,434	10,33	4,6	1,2	2,5	4,67	301,1
40 (km/jam)	1,4	0,575	29,75	3,8	0,8	2,5	1,05	275,7
50 (km/jam)	3,3	1,6	39	3,9	0,55	0,95	0,66	226,9
60 (km/jam)	3,2	18	52	4	0,9	0,5	0,47	194,4

Berdasarkan nilai besaran faktor emisi pada tabel 9, digunakan rumus interpolasi untuk parameter pencemar CO dan NO pada kecepatan kendaraan yang tidak tertera, kecepatan rata-rata yang didapat dari survey kecepatan pada hari Senin dan Kamis pada pagi, siang, dan sore hari, yaitu 14 km/jam, faktor emisi kendaraan roda empat solar (4WD) diasumsikan sama dengan faktor emisi untuk kendaraan roda empat bensin (4WG).

Contoh perhitungan faktor emisi pencemar NO untuk mobil penumpang (4WG) pada 14 km/jam:

$$20 - 14 = 20 - 10$$

$$4,95 - x \quad 4,95 - 5,2$$

$$x = 5,1$$

Tabel 10. Faktor Emisi Pada Kecepatan 14 Km/jam.

Kecepatan (km/jam)	CO (gr/km)			NO (gr/km)		
	2W4S	4WG	4WD	2W4S	4WG	4WD
14	1,4	14,2	14,2	1,78	5,1	5,1

Untuk perhitungan beban emisi dengan faktor emisi India sama dengan rumus perhitungan beban emisi dengan faktor emisi Indonesia.

Contoh perhitungan emisi pencemar NO km/jam untuk 4WG:

$$= \text{Volume Kendaraan} \times \text{VKT} \times \text{FE} \times 10^{-6}$$

$$= 766844 \text{ kend/tahun} \times 0,2193 \text{ km} \times 5,1 \text{ g/km} \times 10^{-6}$$

$$= 0,8577 \text{ ton/tahun}$$

Berdasarkan contoh perhitungan diatas diperoleh hasil perhitungan beban emisi seperti di bawah ini :

Tabel 11. Beban Emisi Kendaraan Dengan Kecepatan 14 Km/jam Per Tahun.

Ruas Terminal Pasar Bawah Kecepatan rata-rata (km/jam)	CO (ton/tahun)	NO (ton/tahun)
4WD	14	0,0871
4WG	14	2,3880
2W4S	14	0,4019

4.6. Analisis Perhitungan Nilai Kerugian Akibat Beban Emisi Kendaraan

Biaya kerugian emisi kendaraan merupakan nilai beban emisi kendaraan yang Perhitungan analisis beban emisi yang diperoleh dari meningkatnya volume kendaran yang menyebabkan kemacetan, maka penelitian ini ingin melihat dampak negatif yaitu kerugian dalam segi ekonomi dengan memperkirakan biaya perton emisi dari masing-masing polutan yang dihasilkan dari kendaraan menggunakan asumsi biaya berdasarkan biaya polutan yang dipakai pada penelitian *Victoria Transport Policy Institute* (2011).

Victoria Transport Policy Institute (VTPI) adalah organisasi riset independen yang didedikasikan untuk mengembangkan solusi inovatif dan praktis dalam masalah transportasi mengenai tingkat polusi udara kendaraan bermotor.

Berikut beberapa biaya polutan dari riset yang dilakukan di Kanada tahun 2005 (\$/ton) :

1. Karbon Monoksida (CO) = \$ 205/ton
2. Partikulat (PM₁₀) = \$ 3,17/ton
3. Karbon Dioksida (CO₂) = \$ 205/ton
4. Sulfur Dioksida (SO₂) = \$ 1000/ton
5. Nitrogen Oksida (Nox) = \$ 934/ton
6. Hidrokarbon = \$ 44/ton

Dalam penelitian ini biaya emisi \$ dollar/ton diubah kedalam mata uang Indonesia (Rupiah), dimana 1 \$ dollar = Rp. 11.500. Kurs nilai mata uang dilihat pada saat penelitian berlangsung yaitu bulan Juni 2014. Berikut biaya polutan (Rupiah/ton) :

1. Karbon Monoksida (CO) = Rp. 2.357.500/ton
2. Partikulat (PM₁₀) = Rp. 36.512,5/ton
3. Nitrogen Oksida (Nox) = Rp. 10.741.000/ton
4. Hidrokarbon = Rp. 506.000/ton
5. Sulfur Dioksida (SO₂) = Rp. 11.500.000/ton
6. Karbon Dioksida (CO₂) = Rp. 2.357.500/ton

Berdasarkan nilai kerugian di atas dapat dihitung besaran kerugian akibat beban emisi di Terminal Pasar Bawah Ramayana Kota Bandar Lampung pada Tabel 12 di bawah ini :

Tabel 12. Analisis Biaya Kerugian Emisi.

Polutan	Kendaraan Berbahan Bakar		
	Bakar Solar	Kendaraan Berbahan Bakar Bensin	
	Mobil Penumpang	Mobil Penumpang	Sepeda Motor
Karbon Monoksida (CO)	Rp. 40.549	Rp. 15.858.431	Rp. 9.474.085
Hidrokarbon (HC)	Rp. 607	Rp. 340.386	Rp. 856.962
Nitrogen Oksida (NOx)	Rp. 230.932	Rp. 3.612.198	Rp. 893.651
Partikulat (PM10)	Rp. 120.491	Rp. 62.071	Rp. 2.515.711
Sulfur Dioksida (SO ₂)	Rp. 31.050	Rp. 50.600	Rp. 26.450
Karbon Dioksida (CO ₂)	Rp. 917.539	Rp. 20.928.942	Rp. 7.531.977
Total	Rp. 1.341.168	Rp. 40.852.628	Rp. 21.298.836

Terlihat pada Tabel 12 nilai kerugian beban emisi untuk kendaraan solar Rp. 1.341.168, dan untuk kendaraan bensin sebesar Rp. 62.151.464. Jadi total kerugian yang diakibatkan oleh emisi gas buang kendaraan di Terminal Pasar Bawah Ramayana Kota Bandar Lampung sebesar Rp. 63.492.632 per tahun.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data penelitian model emisi gas buang berbahan bakar bensin akibat transportasi di pusat Kota Bandar Lampung, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Semua faktor yang ditinjau dalam penelitian ini, jumlah kendaraan, umur kendaraan, perawatan kendaraan, kecepatan kendaraan, jenis bahan bakar, jumlah bahan bakar, dan kapasitas mesin mempengaruhi emisi gas buang kendaraan di ruas jalan Terminal Pasar Bawah Ramayana Kota Bandar Lampung.
2. Hasil analisis menunjukkan emisi gas buang kendaraan sangat dipengaruhi oleh umur kendaraan, perawatan kendaraan, dan kapasitas mesin, hubungan ini berupa regresi linier berganda. Aplikasi model untuk emisi gas buang kendaraan di ruas jalan Terminal Pasar Bawah Ramayana Kota Bandar Lampung adalah untuk kendaraan solar yaitu, $Y = -19.401 + 0.684 X_1 + 11.497 X_2 + 0.031 X_3$ dengan R^2 0,579. Dan untuk kendaraan bensin adalah untuk mobil penumpang, $Y = 20.060 + 0.143 X_1 + 0.421 X_2 + 0.028 X_3$ dengan R^2 0,418 , untuk sepeda motor, $Y = 9.049 + 0.082 X_1 + 0.921 X_2 + 0.051 X_3$ dengan R^2 0,160.
3. Emisi tahunan polutan untuk Karbon Monoksida di ruas jalan Terminal Pasar Bawah Ramayana Kota Bandar Lampung sepanjang 0,2193 km sebesar 11 ton, Karbon Dioksida sebesar 12,46 ton, Hidro Karbon menyumbang sebesar 3 ton, Nitrogen Oksida sebesar 0,44 ton, polutan PM10 menyumbang sebesar 0,07 ton, dan Sulfur Dioksida menyumbang sebesar 0,01 ton.

4. Persentase estimasi emisi yang terbesar dari polutan CO₂ yaitu sebesar 12,46 ton, dengan jarak yang hanya 0,2193 km, polutan CO₂ mengeluarkan emisi yang sebesar itu per tahunnya. Dampaknya adalah pemanasan global tetapi karena keadaan terminal tertutup maka emisi CO₂ terhirup langsung oleh pedagang kaki lima dan masyarakat yang beraktivitas di dalam terminal.
5. Emisi tahunan polutan yang dihitung dengan menggunakan faktor emisi yang merujuk pada kecepatan, didapat dengan kecepatan rata-rata 14 km/jam untuk kendaraan solar dihasilkan polutan CO sebesar 0,0871 ton, NO sebesar 0,0313, dan kendaraan bensin untuk mobil penumpang dihasilkan polutan CO sebesar 2,3880 ton, NO sebesar 0,8577 dan untuk sepeda motor dihasilkan polutan CO sebesar 0,4019, NO sebesar 0,5110 ton.
6. Beban emisi kendaraan bensin lebih besar dari kendaraan solar.

DAFTAR PUSTAKA

- Asri, Arifin, 2012, *Studi Model Panjang Perjalanan Kendaraan Terhadap Umur Kendaraan Di Kota Makassar. Skripsi*. Jurusan Teknik Sipil. UNHAS. Makassar.
- Morlok, Edward K., 1995, *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*. Erlangga, Jakarta.
- Rohidin, 2011, "*Emisi Gas Buang*" <http://viarohidinthea.blogspot.com/2011/05/emisi-gas-buang.html>, diakses tanggal 23/03/2014.
- Tugaswati, Tri, 2007, *Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor dan Dampaknya Terhadap Kesehatan. Skripsi*. Jurusan Teknik Lingkungan. ITS. Surabaya.
- Victoria Transport Policy Institute, 2011, *Transportation Cost and Benefit Analysis II*. Australia.
- Yuliasuti, Ambar, 2008, *Estimasi Sebaran Keruangan Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Di Kota Semarang. Skripsi*. Jurusan Perencanaan Wilayah Dan Kota. Universitas Diponegoro. Semarang.