

# EVALUASI EMISI KENDARAAN BERMOTOR PADA JALAN TOL JAKARTA-CIKAMPEK MENGGUNAKAN MOBILE VERSI 6.2.

*A Ikhsan Karim  
Staf Pengajar Fakultas Teknik  
Universitas Bandar Lampung  
Jl. Z.A. Pagar Alam no.26 Bandarlampung*

## ABSTRACT

In general, vehicle emission in Jakarta – Cikampek toll road increases from the year 2003 to the year 2005, and its predicted to increase continuously. Regression analyses shown that vehicle volume have quadratic regression correlation with emission. Emission of HC, CO and NO<sub>x</sub> pollutant have calculated by MOBILE6.2 based on vehicle type and used fuel type including its pressure. It is also based on climate factors like air temperature in area wide, altitude, and relative humidity. Other factors that also determine are average speed and fraction of Vehicle Miles Traveled (VMT).

The objective of this research are to calculate quantity of HC, CO, and NO<sub>x</sub> that produced by vehicle volume across Jakarta – Cikampek Toll Road, to generate relation pattern between traffic volume and emissions for every section in Jakarta - Cikampek Toll Road, and also predicted amount of emission will be happened in the year 2007.

Analysis conducted at every section of Jakarta – Cikampek Toll Road section consist of 13 (thirteen) sections, including Cikampek direction and Jakarta direction. This is done because every section have different characteristic that is including vehicle volume factor, vehicle type, and used fuel type. These methods have better R<sup>2</sup> value where its compared with method without division of direction and section.

Hydro Carbon (HC) pollutant, at both Cikampek and Jakarta direction of year 2003 until 2005 increases and its prediction increase continuously. HC pollutant increases with mean value 14.4 % at Cikampek direction and increasing 12.3 % at Jakarta direction with R<sup>2</sup> mean value 0.964 at Cikampek direction and have R<sup>2</sup> mean value 0.967 at Jakarta direction.

For the pollutant of CO at both Cikampek and Jakarta direction of year 2003 until 2005 increases and its predicted increase continuously, with mean increase 9.3% at Cikampek direction and have mean values 9.0 % increase at Jakarta direction. R<sup>2</sup> of CO with vehicle number has mean value 0.911 at Cikampek direction and R<sup>2</sup> mean 0.935 at Jakarta direction.

Pollutant NO<sub>x</sub> also increases for both Cikampek direction and Jakarta direction of year 2003 until 2005 experiencing increase and it predict will be continuing increase. These pollutants have 6.6 % mean increase at Cikampek direction and 6.0 % at Jakarta direction. R<sup>2</sup> mean value 0.865 at Cikampek direction and have R<sup>2</sup> mean value 0.875 at Jakarta direction.

The result of evaluation MOBILE6.2 emission factor against to Minister State of Environment Decree No.141/2003 for light duty gasoline vehicle type, obtained that the emission factor of carbon monoxide, hydrocarbon and nitrogen oxide pollutant, exceed determined threshold. The light duty diesel vehicles type, hydrocarbon and nitrogen oxides pollutant below emission threshold persistence. The medium-duty diesel vehicles and heavy-duty diesel vehicles type, hydrocarbon, carbon monoxide, and nitrogen oxide pollutant below emission threshold persistence.

*Keyword : HC, CO, NO<sub>x</sub> emission, MOBILE6.2, Jakarta – Cikampek Toll Road.*

## 1. PENDAHULUAN

Transportasi merupakan sarana penting bagi masyarakat modern untuk memperlancar mobilitas manusia dan barang, serta sebagai penyokong kegiatan perekonomian nasional. Akan tetapi selain banyak memberi manfaat, transportasi juga memberikan dampak negatif bagi kehidupan masyarakat.

Di Indonesia sektor transportasi menduduki peringkat kedua sebagai penyumbang polusi ke dalam udara bebas setelah sektor industri. Peningkatan kegiatan transportasi secara global akan meningkatkan terjadinya efek rumah kaca serta memberikan dampak negatif pada kesehatan manusia, kehidupan flora dan fauna, serta kenyamanan.

Jalan tol terpanjang saat ini adalah jalan tol Jakarta Cikampek sepanjang 72,5 km. Pengamatan emisi yang dihasilkan pada jalan tol ini perlu dilakukan untuk mengetahui berapa besar sesungguhnya pencemaran yang terjadi. Parameter yang diamati adalah volume lalu lintas karena mewakili jumlah emisi yang dihasilkan berdasarkan jenis kendaraan serta jenis bahan bakar yang digunakan. Kendaraan yang melintasi jalan tol Jakarta - Cikampek dianggap layak untuk kendaraan yang mewakili masukan pada perangkat lunak *MOBILE6.2*.

Emisi yang diteliti adalah merupakan polutan utama yaitu HC, CO dan NO<sub>x</sub>. Hasil yang diharapkan dengan diambilnya sampel jalan tol Jakarta Cikampek ini adalah didapatkan hubungan antara emisi dan volume kendaraan yang mempresentasikan besarnya polusi yang terjadi pada jalan tol pada umumnya.

Emisi yang dihasilkan tergantung pada jenis kendaraan dan jenis bahan bakar yang digunakan. Jenis kendaraan yang melewati jalan tol ini adalah mobil penumpang, bus dan truk kecil, bus sedang, truk dan bus besar. Sedangkan jenis bahan bakar yang digunakan adalah bensin premium untuk jenis mobil ringan pada umumnya, dan solar untuk beberapa tipe lainnya. Untuk jenis kendaraan lainnya selain mobil ringan digunakan bahan bakar jenis solar.

Dengan diketahui jenis kendaraan dan jenis bahan bakar yang digunakan akan dapat dihitung emisi yang terjadi tiap ruas. Dengan demikian diharapkan dapat diperoleh hubungan bagaimana karakteristik volume kendaraan mempengaruhi besarnya emisi yang dihasilkan pada jalan tol Jakarta Cikampek. Bagaimanakah jenis kendaraan mempengaruhi besarnya emisi serta bagaimana jenis bahan bakar mempengaruhi emisi.

## 2. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian ini adalah menghitung besaran emisi CO, NO<sub>x</sub> dan HC yang dihasilkan dari volume kendaraan yang melintasi jalan tol Jakarta - Cikampek menggunakan faktor emisi keluaran *MOBILE6.2*, mencari pola hubungan antara volume lalu lintas dengan emisi yang terjadi pada tiap ruas sepanjang jalan Tol Jakarta - Cikampek, memprediksi berapa jumlah emisi yang akan terjadi pada tahun 2007, serta evaluasi emisi yang dihasilkan terhadap ambang emisi yang berlaku di Indonesia.

## 3. PEMBATASAN PERMASALAHAN

Batasan Analisis yaitu mengidentifikasi hubungan antara volume lalulintas terhadap emisi,

volume yang dianalisis adalah populasi volume kendaraan bermotor yang terdapat pada jalan tol Jakarta - Cikampek kurun waktu 2003 sampai dengan 2005, Emisi yang dianalisis adalah emisi pada ruas, meliputi emisi hidro karbon (HC), karbon monoksida (CO), dan oksida nitrogen (NO<sub>x</sub>), faktor emisi diperoleh dari keluaran perangkat lunak *MOBILE6.2* dalam satuan yang dikonversi dari gram/mil menjadi gram/km, golongan kendaraan yang terdapat pada jalan tol Jakarta Cikampek akan disesuaikan dengan masukan perangkat lunak *MOBILE6.2*, serta asumsi Persentase komposisi kendaraan berbahan bakar solar dan bensin diasumsikan berdasarkan data kendaraan DKI Jakarta dan atau Propinsi Jawa Barat.

#### 4. LANDASAN TEORI

##### Volume Lalulintas

Volume adalah jumlah kendaraan yang melintasi suatu ruas jalan pada periode waktu tertentu diukur dalam satuan kendaraan per satuan waktu. Dalam penelitian ini.

Analisis pada penelitian ini tidak menggunakan satuan mobil penumpang karena karakteristik tiga jenis kendaraan tidak dapat lagi diidentifikasi. Karenanya dalam penelitian ini yang digunakan bukanlah volume dalam satuan mobil penumpang melainkan volume kendaraan dalam jumlah sesuai dengan tipe kendaraan.

##### Analisis Regresi

Pada kasus ini, hubungan perubah tak bebas (*dependent variable*) terhadap perubah bebasnya (*independent variable*) tidak bersifat linier. Dengan prosedur *curve estimation* menampilkan plot model matematisnya berupa fungsi polinomial derajat dua atau yang lazim disebut fungsi kuadrat dengan persamaan:

$$Y = a + bX + cX^2$$

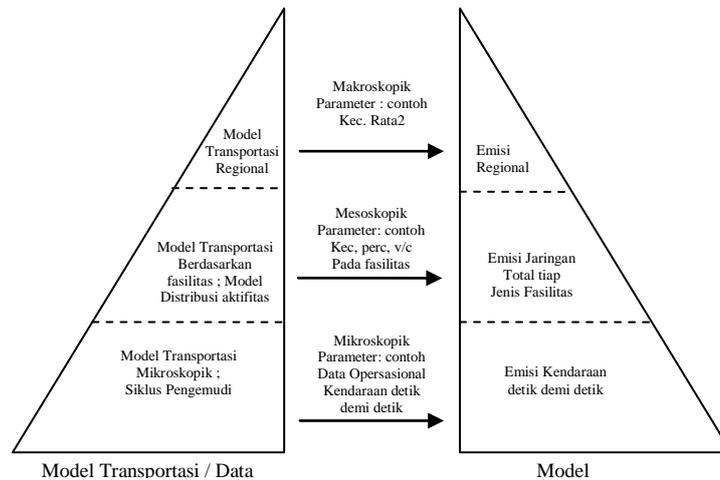
##### Analisis Korelasi

Derajat atau tingkat hubungan antara dua perubah diukur dengan indeks korelasi, yang disebut sebagai koefisien korelasi dan ditulis dengan simbol R. Nilai koefisien korelasi tersebut dikuadratkan (R<sup>2</sup>), disebut sebagai koefisien determinasi yang berfungsi untuk melihat sejauh mana ketepatan fungsi regresi. Nilai koefisien korelasi dapat dihitung dengan memakai rumus:

$$r = \frac{n\sum Xi \cdot \sum Yi - \sum Xi \cdot \sum Yi}{\sqrt{[(n\sum Xi^2 - (\sum Xi)^2)(n\sum Yi^2 - (\sum Yi)^2)]}}$$

##### Tingkatan dari Analisis

Bennet dan Greenwood 2001 merekomendasikan kerangka model emisi kendaraan untuk semua hal yang terlibat pada model, kisaran tingkatan yang terdapat pada pemodelan emisi kendaraan bermotor. An, dkk., (1997) membuat diagram yang menghubungkan jenis model emisi pada beberapa tingkatan model transportasi.



Sumber : An, dkk., (1997)

## MOBILE6

*MOBILE6* adalah suatu program aplikasi perangkat lunak yang dikembangkan oleh *EPA (Environmental Protection Agency) United States of America*. Perangkat lunak versi 6.2 dikeluarkan secara resmi pada bulan Agustus 2003 dan digunakan pada seluruh negara bagian kecuali California melalui (*CARB / California Air Resources Board*) yang mengembangkan perangkat lunak *EMFAC*. Negara bagian California tidak menggunakan *MOBILE* karena mereka memiliki aturan dan mempunyai target yang lebih ketat, sehingga tidak mengikuti model empiris yang dikembangkan *MOBILE*.

*MOBILE6* adalah suatu program aplikasi perangkat lunak yang menyediakan perkiraan emisi pada masa kini dan yang akan datang dari kendaraan bermotor di jalan raya. Versi terakhir dalam deretan model *MOBILE* yang mulai dikembangkan sejak 1978, *MOBILE6.2* mengkalkulasi faktor emisi rata-

rata kendaraan bermotor untuk jenis polutan:

- ★ Jenis polutan: hidrokarbon (HC); karbon monoksida (CO); oksida nitrogen (NO<sub>x</sub>); *exhaust particulate matter*; sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>); amoniak (NH<sub>3</sub>); karbon dioksida (CO<sub>2</sub>); *hazardous air pollutant /HAP*;
- ★ Jenis bahan bakar: bensin, solar, dan bahan bakar gas (BBG)
- ★ Jenis kendaraan (28 kelas): kendaraan penumpang; truk; bus; sepeda motor.
- ★ Tahun Penanggalan antara 1952 dan 2050

Versi *MOBILE6* original, telah dapat dipergunakan pada bulan Januari 2001. Versi *MOBILE6* ini diperluas, sehingga menjadi *MOBILE6.1/6.2*, dengan penambahan kemampuan untuk memperkirakan jumlah partikel pembuangan polutan yang berhubungan, polutan udara berbahaya dan gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>).

*MOBILE6* dirancang untuk keperluan luas pemodelan polusi

udara, menggunakan bahasa program *FORTRAN90* dan dikompilasi menjadi file yang dapat dieksekusi untuk penggunaan dalam lingkungan komputer pribadi. Model ini menghitung pertumbuhan emisi dalam berbagai kondisi yang mempengaruhi tingkat emisi yang dihasilkan ( contoh: suhu ambien, kecepatan rata-rata lalulintas).

### **Aturan Emisi Kendaraan Bermotor di Indonesia**

Ambang batas yang disyaratkan pada aturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor : 141 Tahun 2003, tidak lain adalah penerapan standar *Euro2* di Indonesia. Hal ini dapat dilihat dari batasan emisi, satuan dan format yang terdapat pada aturan tersebut yang mempunyai kemiripan dengan standar *Euro2*. Keputusan MNLH ini meliputi ambang batas emisi gas buang, tata cara dan metoda uji serta tata cara pelaporan uji emisi gas buang kendaraan bermotor tipe baru dan kendaraan bermotor yang sedang diproduksi (*current production*).

Ambang Batas ini digunakan dengan alasan bahwa satuan yang digunakan sesuai dengan keluaran dari perangkat lunak yang dipakai, yaitu dalam satuan gram/km. Adapun untuk kendaraan kategori sedang dan berat yang memiliki satuan gram/kWh akan dikonversikan menjadi gram/km dengan adanya asumsi.

## **5. METODOLOGI PENELITIAN**

### **Metode Analisis Hubungan Volume dengan Emisi**

Tujuan tahapan analisis adalah untuk mendapatkan fungsi emisi terhadap volume lalulintas di jalan tol Jakarta Cikampek. Alasan menggunakan volume lalulintas sebagai fungsi emisi adalah bahwa parameter volume lalu lintas lebih mewakili jumlah emisi yang dihasilkan. Sesuai dengan teori yang telah dibahas pada bab sebelumnya diperoleh bahwa pendekatan emisi yang digunakan berdasarkan jenis kendaraan (ringan, sedang, dan berat) serta jenis bahan bakar yang digunakan (bensin atau solar).

Jumlah emisi (variabel Y) akan didapat dari volume kendaraan yang dibedakan menurut jenis kendaraan dan bahan bakar yang digunakan, kemudian mengalikannya dengan faktor emisi serta jarak yang ditempuh tiap kendaraan pada ruas yang ditinjau. Sedangkan volume lalulintas (variabel X) akan ditinjau pada jumlah volume yang merupakan kumulasi dari volume sesuai klasifikasi kendaraan yang melewati suatu ruas pada tahun tersebut.

Formula perhitungan emisi kendaraan bermotor:

$$M_i = VMT * EFi$$

dimana:

$i$  = polutan (HC,CO,NO<sub>x</sub>)

$M$  = Massa polutan yang dihasilkan (gram)

$VMT$  = *Vehicle Miles Traveled*, jarak tempuh seluruh kendaraan (kendaraan-km)

$EF$  = *Emission Factor*, massa polutan yang dihasilkan tiap kendaraan per unit jarak (gram/ kendaraan-km)

### Metode Perhitungan Jarak Tempuh Kendaraan pada Ruas

Jarak Tempuh Kendaraan dihitung berdasarkan jumlah kendaraan sesuai dengan jenis dan bahan bakarnya yang melintasi suatu panjang ruas pada Jalan Tol Jakarta – Cikampek

Jarak Tempuh Kendaraan atau *Vehicle-Miles Traveled (VMT)* dapat ditentukan dengan formula perhitungan :

$$VMT = V_c * SL$$

Dimana:

$VC$  = *Vehicle Count*, jumlah kendaraan melintasi ruas jalan (kendaraan)

$SL$  = *Segment Length*, panjang ruas jalan (km)

### Metode Pemilahan Volume Lalu Lintas

Untuk golongan I, perlu dibagi sesuai jenis emisi yang dihasilkan. Mobil penumpang mencakup sedan, jip, pickup dan *multi purpose van* dibagi berdasarkan jenis bahan bakar bensin atau solar. Dalam hal ini

diasumsikan dengan data yang ada, besarnya persentase kendaraan yang menggunakan bahan bakar bensin terhadap solar berdasarkan uji emisi lalu lintas kendaraan yang melintas dari beberapa ruas jalan di Jakarta tahun 2002 oleh Clean Air Project, Swisscontact (2005), diperoleh persentase jumlah kendaraan yang menggunakan bahan bakar solar sebesar 39,8 %. Dengan demikian pemisahan kedua jenis kendaraan ini, yaitu kendaraan ringan berbahan bakar bensin dengan solar dapat dihitung emisinya.

Kendaraan dengan golongan IIA dan IIB tidak perlu dilakukan pemisahan karena telah sesuai dengan klasifikasi kendaraan yang dapat dihitung emisinya.

### Metode Penentuan Faktor Emisi

Tahap berikutnya menghitung faktor emisi yang dikeluarkan dengan menggunakan alat / *tools* berupa *software MOBILE62* yang dapat di download dari [www.epa.gov/otaq/m6.htm](http://www.epa.gov/otaq/m6.htm).

Alasan menggunakan *tools* ini adalah karena *MOBILE6.2* merupakan perangkat lunak versi terbaru untuk perhitungan emisi yang didukung lebih dari 45 penelitian berupa *Technical Report* untuk pendekatan empiris aspek-aspek yang mencakup keluaran dan masukan masalah emisi. Hasil keluaran *MOBILE6.2* berupa faktor emisi yang diinginkan sesuai dengan jenis kendaraan dan bahan bakar dalam gram/mil. Selanjutnya hasil

keluaran tersebut dikonversikan kedalam satuan gram/km

### Metode Evaluasi Faktor Emisi terhadap Aturan di Indonesia

Faktor emisi yang dihasilkan keluaran *MOBILE6.2* tiap polutan yang ditinjau dengan satuan gram/km akan diperbandingkan dengan ambang batas yang berlaku di Indonesia.

Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor : 141 Tahun 2003 tentang ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor tipe baru dan kendaraan bermotor yang sedang diproduksi (*current production*) menetapkan ambang batas HC, CO dan NOx untuk kategori kendaraan M,N dan O.

Dari aturan tersebut di atas terdapat pembagian jenis kendaraan berdasarkan bahan bakar yang digunakan serta satuan dari nilai ambang batas untuk kendaraan ringan, sedang dan berat. Untuk kendaraan ringan, lebih jelasnya dapat ditabelkan sebagaimana diperlihatkan pada Tabel berikut:

	mobil penumpang	
	bahan bakar bensin	bahan bakar solar
CO	2,2 - 5 gram/km	1 - 1,5 gram/km
HC + NO <sub>x</sub>	0,5 - 0,7 gram/km	0,9 - 1,6 gram/km

Ambang Emisi	2003		2004		2004		
	medium duty	heavy duty	medium duty	heavy duty	medium duty	heavy duty	
CO	4,0 gram/kWh	14,370 gr/km	21,002 gr/km	14,477 gr/km	21,159 gr/km	18,665 gr/km	27,279 gr/km
HC	1,1 gram/kWh	3,952 gr/km	5,775 gr/km	3,981 gr/km	5,819 gr/km	5,133 gr/km	7,502 gr/km
NOx	7,0 gram/kWh	25,147 gr/km	36,753 gr/km	25,335 gr/km	37,028 gr/km	32,664 gr/km	47,739 gr/km

Selanjutnya hasil yang diperoleh akan menjadi acuan untuk memeriksa apakah faktor

Untuk kendaraan sedang dan berat dimana menggunakan satuan gram/kWh sehingga perlu dihitung ekivalensinya menjadi gram/km. Untuk itu diperlukan asumsi tenaga yang diperlukan untuk menggerakkan truk sedang (*medium duty*) dan truk berat (*heavy duty*). Di Indonesia jenis *medium truck*, dayanya 180 ps sampai 300 ps, sedangkan jenis *heavy truck* dayanya lebih dari 300 ps. Untuk keperluan ekivalensi diambil medium truck dengan daya 260 ps, sedangkan *heavy truck* diambil trailer yang mempunyai daya 380 ps. Selanjutnya daya dikalikan 745,7 untuk mengkonversi menjadi Watt

Data kecepatan rata-rata untuk kendaraan golongan II diperoleh dari PT Jasa Marga tahun 2003 kecepatan rata-rata 54,0 km/jam; tahun 2004 kecepatan rata-rata 53,6 km/jam; tahun 2005 kecepatan rata-rata 41,6 km/jam

Untuk mencari ambang batas emisi, dilakukan perkalian besarnya ambang emisi (gr/kWh) dengan tenaga mesin (kW) dibagi dengan kecepatan (km/h) sehingga diperoleh faktor emisi (gram/km). Hasil faktor emisi dapat dilihat pada tabel berikut:

emisi dan total emisi yang dihasilkan dari keluaran *MOBILE6.2* masih memenuhi ketentuan yang berlaku.

## 6. HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara umum emisi kendaraan bermotor pada jalan tol Jakarta – Cikampek mengalami kenaikan dari tahun 2003 hingga tahun 2005, dan diprediksi akan terus meningkat. Analisis yang dilakukan memperlihatkan bahwa volume kendaraan memiliki hubungan regresi berbentuk kuadrat dengan emisi yang dihasilkannya. Emisi dari polutan HC, CO dan NO<sub>x</sub> dihitung menggunakan *MOBILE6.2* berdasarkan jenis kendaraan serta jenis bahan bakar yang digunakan termasuk tekanannya. Selain itu juga juga bergantung pada faktor klimatologis seperti suhu udara pada area tersebut, ketinggian, serta kelembaban udara. Faktor lain yang juga menentukan adalah kecepatan rata-rata dan fraksi dari jarak tempuh kendaraan.

Analisis dilakukan pada tiap ruas jalan tol Jakarta – Cikampek sebanyak 13 (tiga belas) ruas arah Cikampek maupun arah Jakarta. Hal ini disebabkan tiap ruas memiliki karakteristik yang berbeda, baik dari faktor volume kendaraan, jenis kendaraan, serta jenis bahan bakar yang digunakan. Dengan metode ini didapatkan angka R<sup>2</sup> yang baik jika dibandingkan dengan metode tanpa pembagian ruas dan arah.

Polutan HC arah Cikampek pada tahun 2003 mengalami kenaikan dari 29,47 ton, 33,06 ton pada tahun 2004 dan menjadi 38,57 ton pada tahun 2005 serta diprediksi akan menjadi 53,47 ton pada tahun 2007. Untuk arah Jakarta pada tahun 2003 mengalami kenaikan dari 29,54 ton,

33,22 ton pada tahun 2004 dan menjadi 37,24 ton pada tahun 2005 serta diprediksi akan menjadi 45,30 ton pada tahun 2007.

Polutan CO arah Cikampek pada tahun 2003 juga mengalami kenaikan dari 281,52 ton, pada tahun 2004 sebesar 307,95 ton dan menjadi 336,62 ton pada tahun 2005 serta pada tahun 2007 diprediksi akan menjadi 400,64 ton. Untuk arah Jakarta pada tahun 2003 mengalami kenaikan dari 283,80 ton, pada tahun 2004 sebesar 306,44 ton dan menjadi 336,88 ton pada tahun 2005 serta diprediksi pada tahun 2007 akan menjadi 421,18 ton.

Demikian halnya, seperti dua polutan sebelumnya, polutan NO<sub>x</sub> juga mengalami kenaikan. Pada arah Cikampek tahun 2003 sebesar 77,27 ton, pada tahun 2004 sebesar 82,64 ton, sedangkan pada tahun 2005 menjadi 87,82 ton, serta diprediksi pada tahun 2007 akan menjadi 97,58 ton. Untuk arah Jakarta pada tahun 2003 mengalami kenaikan dari 77,79 ton, 82,53 ton tahun 2004 dan sebesar 87,37 ton pada tahun 2005 serta diprediksi akan menjadi 97,36 ton pada tahun 2007.

Polutan HC meningkat rata-rata sebesar 14,4 % arah Cikampek dan sebesar 12,3 % arah Jakarta. Untuk polutan CO mengalami kenaikan rata-rata sebesar 9,3 % arah Cikampek dan sebesar 9,0 % arah Jakarta. Sedangkan polutan NO<sub>x</sub> rata-rata mengalami kenaikan sebesar 6,6 % arah Cikampek dan sebesar 6,0 % arah Jakarta.

Hasil evaluasi faktor emisi keluaran *MOBILE6.2* terhadap Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.141 Tahun 2003, diperoleh bahwa untuk jenis

kendaraan ringan (*light duty*) faktor emisi polutan karbon monoksida jenis kendaraan ringan berbahan bakar bensin nilainya berkisar antara 10.822 sampai dengan 12.546 gram/km melebihi ambang yang ditentukan yaitu sebesar 5 gram/km.

Sedangkan untuk kendaraan ringan berbahan bakar solar, faktor emisi tahun 2003 sebesar 0,913, tahun 2004 sebesar 0,869 dan tahun 2005 sebesar 0,902 melebihi ambang yang ditentukan yaitu sebesar 1,5 gram/km.

Faktor emisi HC+NO<sub>x</sub> berkisar antara 1,746 hingga 1,875 diatas ambang batas Polutan HC+NO<sub>x</sub> untuk kendaraan ringan bensin sebesar 0.7 gram/km. Sedangkan kendaraan ringan solar, ambang batas HC+NO<sub>x</sub> adalah 1,6 gram/km. Faktor emisi berturut-turut pada tahun 2003, 2004 dan 2005 adalah 1,312, 1,231 dan 1,216, yang berarti masih dibawah ambang emisi.

Untuk jenis kendaraan sedang (*medium duty*), polutan CO masih di bawah ambang emisi. Ambang batas tahun 2003 bernilai 14,370 gram/km sedangkan faktor emisi bernilai 1,043 gram/km. Tahun 2004 ambang batas 14,477 gram/km, faktor emisi 1,105 gram/km. Tahun 2005 pajanan 18,665 gram/km, faktor emisi diperoleh sebesar 1,171 gram/km.

Polutan HC kendaraan sedang memiliki ambang batas tahun 2003 bernilai 3,952 gram/km, faktor emisinya bernilai 0,312 gram/km. Tahun 2004 ambang batas bernilai 3,981 gram/km, faktor emisinya bernilai 0,335 gram/km. Tahun 2005 ambang batas bernilai 5,133 gram/km, faktor emisi diperoleh 0,355 gram/km.

Ambang batas untuk jenis kendaraan sedang polutan NO<sub>x</sub> tahun 2003 memiliki nilai 14,370 gram/km sedangkan faktor emisi 1,043 gram/km. Tahun 2004 ambang batas sebesar 14,477 gram/km, faktor emisi 1,105 gram/km. Tahun 2005 ambang batas senilai 18,665 gram/km, faktor emisi diperoleh 1,171 gram/km.

Jenis kendaraan berat (*heavy duty*), polutan CO, HC dan NO<sub>x</sub> juga masih di bawah ambang emisi. Pajanan polutan CO tahun 2003 bernilai 21,002 gram/km sedangkan faktor emisi 2,143 gram/km. Tahun 2004 pajanan 21,159 gram/km, faktor emisi 2,230 gram/km. Tahun 2005 pajanan 27,279 gram/km, faktor emisi 2,332 gram/km.

Untuk jenis kendaraan berat, ambang batas polutan HC tahun 2003 memiliki nilai 5,775 gram/km sedangkan faktor emisi 0,365 gram/km. Tahun 2004 ambang batas sebesar 5,819 gram/km, faktor emisi 0,382 gram/km. Tahun 2005 ambang batas senilai 7,502 gram/km, faktor emisi 0,398 gram/km

Polutan NO<sub>x</sub> jenis kendaraan berat memiliki ambang batas tahun 2003 bernilai 36,753 gram/km, faktor emisi 11,471 gram/km. Tahun 2004 ambang batas bernilai 37,028 gram/km, faktor emisi 9,788 gram/km. Tahun 2005 ambang batas bernilai 47,739 gram/km, faktor emisi 9,345 gram/km.

## 7. KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Volume kendaraan bermotor yang melintasi jalan tol Jakarta Cikampek memiliki hubungan

fungsi kuadrat dengan polutan HC, CO maupun NO<sub>x</sub>.

Untuk memperoleh nilai R<sup>2</sup> yang baik, analisis sebaiknya dilakukan dengan pembagian ruas dan arah, yaitu sebanyak 13 (tiga belas) ruas arah Cikampek, dan 13 ( tiga belas ) ruas arah Jakarta.

Polutan HC, CO maupun NO<sub>x</sub>, baik arah Cikampek maupun arah Jakarta dari tahun 2003 hingga 2005 mengalami kenaikan dan diprediksi akan terus meningkat.

Hasil evaluasi faktor emisi keluaran MOBILE6.2 terhadap Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.141 Tahun 2003 untuk light duty bensin, diperoleh faktor emisi polutan, CO maupun HC+NO<sub>x</sub> melebihi ambang yang ditentukan. Sedangkan yang berbahan bakar solar, CO maupun HC+NO<sub>x</sub> masih dibawah ambang emisi.

Jenis kendaraan sedang (medium duty) dan kendaraan berat (heavy duty dengan bahan bakar solar, polutan HC, CO, dan NO<sub>x</sub> masih di bawah ambang emisi.

Hasil analisis berada pada tingkatan makroskopik, sehingga perlu adanya penelitian parameter yang lebih rinci seperti kecepatan, percepatan, *V/C ratio* serta hal lainnya untuk memperoleh tingkatan analisis yang lebih tinggi yaitu mesoskopik maupun mikroskopik.

### Saran

Hasil analisis berada pada tingkatan makroskopik, sehingga

perlu adanya penelitian parameter yang lebih rinci seperti kecepatan, percepatan, *V/C ratio* serta hal lainnya untuk memperoleh tingkatan analisis yang lebih tinggi yaitu mesoskopik maupun mikroskopik.

## 8. DAFTAR PUSTAKA

- ADB. (2002). *Handbook On Environment Statistics*, Seoul.
- Ahn, K. (1998). "Microscopic Fuel Consumption and Emission Modeling," Blacksburg, Virginia.
- An, F., Norbeck, J., and Ross, M. (1997). "Development of Comprehensive Emission Model, Operating Under Hot-Stabilized Conditions." Transportation Research Record, Washington DC.
- BTCE. (1996). *Cost of Reducing Greenhouse Gas Emissions from Australian Cars: An Application of the BTCE CARMOD Model*, Bureau of Transport and Communications Economics, Canberra, Australia.
- Cappiello, A. (2002). "Modeling Traffic Flow Emissions," Massachusetts Institute of Technology Massachusetts.
- Degobert, P. (1995). *Automobile and pollution*, Editions Technip, Paris, France.
- EFRU. (1997). "Vehicle Exhaust Gas Emissions." University of Auckland, Auckland.
- EPA. (1997). "Annual Emissions and Fuel Consumption for an Average Vehicle." Washington DC.
- EPA. (2003). *User's Guide to MOBILE6.1 and MOBILE6.2 Mobile Source Emission Factor Model*, Washington DC.
- ETSU. (1997). "Life-Cycle Analysis of Motor Fuel Emissions." London.
- Greenwood, I. D. (2003). "A New Approach To Estimated Congestion Impact For Highway Evaluation - Effect On Fuel Consumption And

- Vehicle Emission," The University of Auckland, Auckland.
- Heywood, J. (1997). *Motor Vehicle Emissions Control: Past Achievements, Future Prospects*, Institute of Professional Engineers of New Zealand, New Zealand
- May, A. D. (1990). *Traffic Flow Fundamental*, Prencise-Hall Inc, New Jersey.
- Nam, E. K. (1999). "Understanding and modelling emission from light driving vehicles during hot operation," University of Michigan, Ann Arbor, Michigan.
- NRC. (1995). "Automotive Fuel Economy How Far Should We Go?" Washington DC.
- Patel, T. (1996). *Power Station Failure Adds to Delhi's Woes*, New Scientist, New Delhi, India.
- Rakha, H., Aerde, M. V., Ding, Q., and Zhang, R. (2000). "Requirement for Evaluating Traffic Signal Control Impacts on Energy and Emission Based on Instantaneous Speed and Acceleration Measurements." *Transportation Research Record*.
- Sugiyono, A. (1998). "Strategi Penggunaan Energi Di Sektor Transportasi." Direktorat Teknologi Energi, BPP Teknologi.
- Swisscontact. (2005). "Public Level of Awareness Annual Survey in Jakarta Regarding Air Pollution from Motor Vehicles ", KLH, Jakarta.
- Warapetcharayut, P., and Pawarmart, I. (2004). "Emission Factor Development in Thailand." Automotive Air Pollution Section, Air Quality and Noise Management Bureau, Pollution Control Department, Bangkok.
- WHO. (2000). *Transport, Environmental And Health*, WHO Regional Publications, Austria.