

**THE INFLUENCE OF FACTOR EMISSION CHARACTERISTICS
IN TRANSPORT-INDUCED NITROGEN OXIDES (NO_x)
EMISSION LOAD ESTIMATION
(CASE STUDY: KAREES AREA, BANDUNG)**

**PENGARUH KARAKTERISTIK FAKTOR EMISI TERHADAP
ESTIMASI BEBAN EMISI OKSIDA NITROGEN (NO_x)
DARI SEKTOR TRANSPORTASI
(STUDI KASUS: WILAYAH KAREES, BANDUNG)**

Srikandi Novianti¹ dan Driejana²

Environmental Engineering Study Program

Faculty of Civil and Environmental Engineering ITB, Jl Ganesha 10 Bandung 40132

¹srikandi.n@gmail.com and ²driejana@yahoo.com

Abstract : Emission inventory can be used as a tool to make policy decision including air pollution problem. Transportation sector has become the greatest pollutant source in urban area. The objective of this research is to compare emission load estimation using various emission factor databases with different characteristics. This research focused only on Nitrogen oxides (NO_x) pollutant. The choice of pollutant is based on the reasons that it is the primary pollutant emitted from vehicle exhaust, the impacts on human health and the environment are well documented. First, transportation survey was conducted to get vehicles activity data such as volume with 7 vehicles classification and vehicles average speed. The survey was conducted at weekday and weekend condition. Then, Indonesia, England, and India factor emission database was chosen for determining emission load. Based on the transportation survey conducted and emission load calculation, it was known that the busiest road was Jalan Jakarta and was known to produce the highest emission load. It was known that emission factor value has a great influence to emission load. England emission factor database deemed to be probably the best emission factor because emission factor database which is more detail and is in compliance with needs and site conditions, of course, will give a better emission load value.

Keywords: emission, inventory, NO_x, transportation

Abstrak : Inventori emisi merupakan salah satu alat yang dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam permasalahan pencemaran udara. Sektor transportasi telah menjadi sumber pencemar terbesar di perkotaan. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan estimasi beban emisi menggunakan berbagai database faktor emisi dengan karakteristik yang berbeda. Penelitian dibatasi hanya pencemar oksida nitrogen (NO_x) karena merupakan polutan primer dan merupakan salah satu polutan yang memiliki dampak buruk bagi kesehatan dan lingkungan. Pertama-tama, dilakukan survey transportasi di daerah yang diteliti untuk mendapatkan data aktivitas kendaraan berupa volume dengan pembagian 7 jenis kendaraan dan kecepatan rata-rata kendaraan. Survey transportasi dilakukan pada kondisi weekday dan weekend. Kemudian dipilih database faktor emisi negara Indonesia, Inggris, dan India untuk menghitung beban emisi yang dihasilkan. Berdasarkan hasil survey transportasi dan perhitungan beban yang telah dilakukan diketahui bahwa ruas jalan dengan lalu lintas terpadat adalah jalan Jakarta dan diketahui menghasilkan beban emisi tertinggi. Diketahui bahwa faktor emisi sangat berpengaruh pada nilai beban emisi. Database faktor emisi Inggris dianggap sebagai faktor emisi yang kemungkinan paling baik untuk diaplikasikan karena faktor emisi yang lebih detail sesuai dengan kebutuhan dan kondisi di lapangan tentu saja memberikan nilai beban emisi yang lebih baik.

Kata Kunci : emisi, inventori, NO_x, transportasi

1. PENDAHULUAN

Sektor transportasi memegang peran yang penting dalam perekonomian setiap negara. Banyak sekali tantangan yang harus dihadapi untuk mencapai transportasi yang berkelanjutan seperti konsumsi energi dan pencemaran lingkungan. Sektor transportasi mengkonsumsi 21% energi primer dan bertanggung jawab atas 20% emisi gas rumah kaca seluruh dunia (IEA, 2006 dalam Westerdahl et al, 2009). Beberapa tahun belakangan ini, studi di Amerika Serikat, Eropa, dan Asia melaporkan bahwa paparan polutan udara yang berasal dari transportasi terhadap manusia berhubungan dengan cakupan efek kesehatan yang merugikan kesehatan respiratori (Brauer et al., 2002; Garshick et al., 2003; Oosterlee et al., 1996; Peters et al., 1999a,b; Heinrich and Wichmann, 2004 dalam Westerdahl et al, 2009); efek merugikan pada perkembangan paru-paru anak-anak (Gauderman et al., 2007 dalam Westerdahl et al, 2009); peningkatan risiko kematian akibat stroke dan kardiopulmonari yang dekat dengan lalu lintas (Hoek et al., 2002; Maheswaran and Elliott, 2003 dalam Westerdahl et al, 2009); serangan *myocardial infarction* dalam 1 jam setelah paparan dari transportasi akibat aktivitas yang berulang (Peters et al., 2004 dalam Westerdahl et al, 2009); dan efek kesehatan perinatal (Wilhelm and Ritz, 2003, 2005; Ritz and Yu, 1999; Ritz et al., 2000 dalam Westerdahl et al, 2009).

Inventarisasi emisi adalah basis data mengenai sumber-sumber pengemisi pencemar udara yang komprehensif yang dilengkapi dengan nilai beban pencemar untuk tiap-tiap parameter yang diinventarisasi yang terdapat pada suatu lokasi geografis dan pada periode waktu tertentu. Inventarisasi emisi umumnya meliputi beberapa pencemar kriteria seperti TSP, PM₁₀, hidrokarbon total, NO_x, SO₂ dan CO. Pada saat ini, inventarisasi emisi belum disadari sepenuhnya sebagai aspek yang penting dalam pengelolaan kualitas udara di Indonesia. Inventarisasi emisi membutuhkan pembaharuan data yang teratur minimal 2 tahun sekali.

Ada berbagai macam polutan yang dihasilkan dari transportasi, sebagai penelitian awal, studi ini hanya akan fokus pada satu bagian polutan yaitu NO_x. Pemilihan jenis polutan ini berdasarkan alasan bahwa NO_x adalah polutan primer yang diemisikan dari pembuangan kendaraan, dampak pada kesehatan manusia dan lingkungan juga telah terdokumentasikan (e.g. NEG-TAP, 2001), dan juga diketahui sebagai polutan yang konsentrasinya seringkali melebihi standar kualitas udara di daerah perkotaan (Driejana et al., 2006).

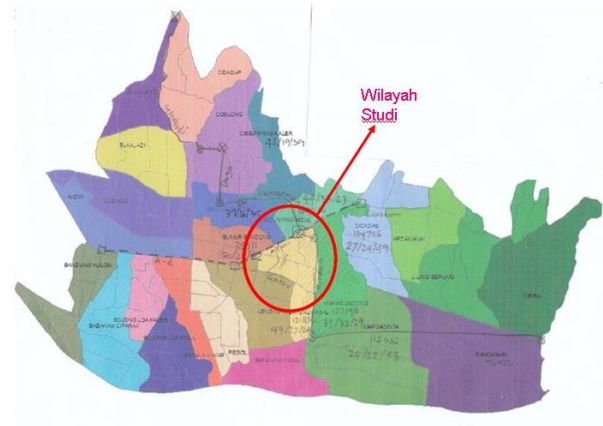
Selanjutnya, resiko kesehatan yang berhubungan dengan polutan udara dari aspek transportasi ini akan meningkat tajam di masa mendatang. Tujuan dari studi ini adalah untuk membandingkan estimasi beban emisi menggunakan berbagai database faktor emisi dengan karakteristik yang berbeda.

2. METODOLOGI

Area Studi

Penelitian ini dilakukan di wilayah Karesidenan Bandung, mencakup daerah dengan jalan raya yang padat lalu lintas diantaranya adalah Jalan Kiaracondong, Jalan Layang Kiaracondong, Jalan Ahmad Yani, Jalan Gatot Subroto, Jalan Laswi, Jalan Jakarta, dan Jalan Sukabumi seperti terlihat dalam **Gambar 1**. Jalan Kiaracondong dibagi menjadi

jalan Kiaracandong dan jalan layang Kiaracandong. Karakteristik daerah studi ini merupakan campuran penggunaan lahan antara pemukiman dan komersial.



Gambar 1. Wilayah studi

Pengumpulan data primer

Survey lapangan (survey transportasi) dilakukan untuk mendapatkan data mengenai volume lalu lintas dan kecepatan rata-rata di ruas jalan mayor, minor, dan kolektor pada daerah yang diteliti. Data aktivitas kendaraan yang dibutuhkan untuk perhitungan beban emisi kendaraan ini, diantaranya adalah:

- a. Data volume kendaraan di tiap ruas jalan
- b. Data kecepatan rata-rata kendaraan di tiap ruas jalan

Metode survey transportasi yang dilakukan untuk mendapatkan data primer ini diantaranya adalah survey manual. Untuk survey volume kendaraan dilakukan dengan cara menghitung setiap kendaraan yang melintasi titik pengamatan di suatu ruas jalan sesuai dengan klasifikasi yang telah ditentukan sebelumnya dalam formulir survey. Klasifikasi kendaraan yang dihitung adalah motor, mobil pribadi-minibus, mobil angkot, pick-up, bis besar, bis sedang, truk kecil (light duty), dan truk gandeng (heavy duty). Sedangkan untuk survey kecepatan dilakukan dengan menggunakan kendaraan dengan menghitung jarak yang ditempuh dan waktu yang dibutuhkan untuk menempuh jarak tersebut, didalamnya telah diperhitungkan juga hambatan-hambatan. Survei kecepatan ini dilakukan bersamaan dengan survei volume kendaraan. Berikut adalah lokasi survey transportasi yang telah dilakukan:



Gambar 2. Lokasi survey

Waktu Pengambilan Data Primer

Survey transportasi dilakukan pada hari Sabtu tanggal 27 Juni 2009 dan Minggu tanggal 28 Juni 2009 untuk menggambarkan kondisi *weekend*, serta hari Selasa tanggal 30 Juni 2009 untuk menggambarkan kondisi *weekday*. Survey volume kendaraan dilakukan selama 12 jam mulai pukul 06.00 sampai dengan pukul 18.00. Sedangkan untuk survey kecepatan dilakukan pada saat *peak hour* yaitu:

1. pagi, pukul 06.00 – 08.00
2. siang, pukul 11.00 – 14.00
3. sore, pukul 16.00 – 18.00

Pengumpulan Data Sekunder

Data sekunder merupakan data hasil penelitian atau survey yang pernah dilakukan sebelumnya meliputi data kuota bahan bakar (premium dan solar) di SPBU Kota Bandung, data produksi kendaraan setiap tahun dari GAIKINDO, data panjang jalan, dan data faktor emisi NO_x kendaraan bermotor (Suhadi, 2008 ; UK-NAEI, 2007 ; Mittal and Sharma, 2005). Pengumpulan data sekunder dilakukan dari instansi terkait seperti Badan Pusat Statistik dan dari studi literatur.

Perhitungan Beban Emisi

Beban emisi untuk suatu polutan *j* dari kendaraan pada suatu segmen jalan dapat dihitung dengan:

$$E_j = \sum_{i=1}^n E_{ij} = \sum_{i=1}^n l.P_i.V.C_{ij} = lV \sum_{i=1}^n P_i.C_{ij} \quad \dots\dots\dots(1)$$

dimana *l* adalah panjang dari segmen jalan (data mengenai panjang jalan dapat diukur dari peta jalan dalam GIS). *V* adalah volume total kendaraan yang melewati suatu segmen jalan, sedangkan *P_i* adalah fraksi probabilitas distribusi dari kendaraan tipe *i*. Dalam penelitian ini jumlah kendaraan tiap kategori telah didapatkan, sehingga nilai probabilitas ini tidak dibutuhkan.

Jadi, secara sederhana perhitungan beban emisi :

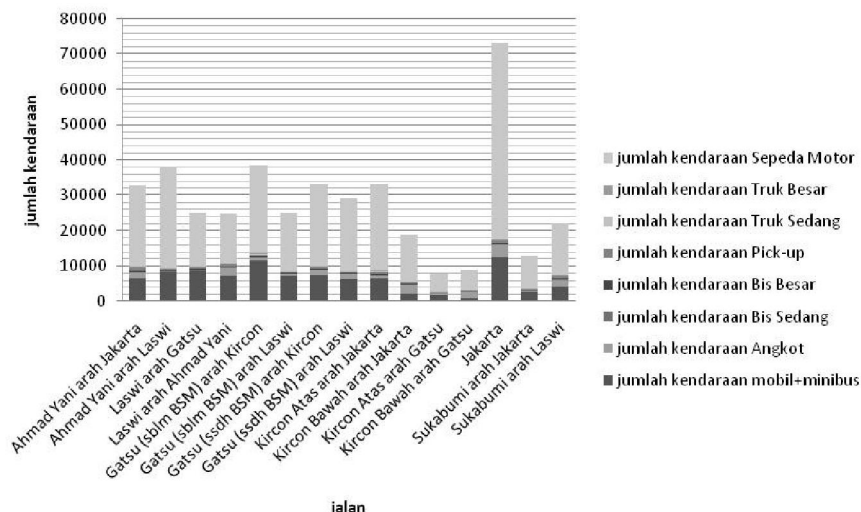
$$\text{Beban emisi (ton/tahun)} = \text{jumlah kendaraan (kendaraan/hari)} \times \text{panjang jalan yang dilewati (km)} \times \text{faktor emisi (g/km/kendaraan)} \times 10^{-6} \text{ (ton/g)} \times 365 \text{ (hari/tahun)}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

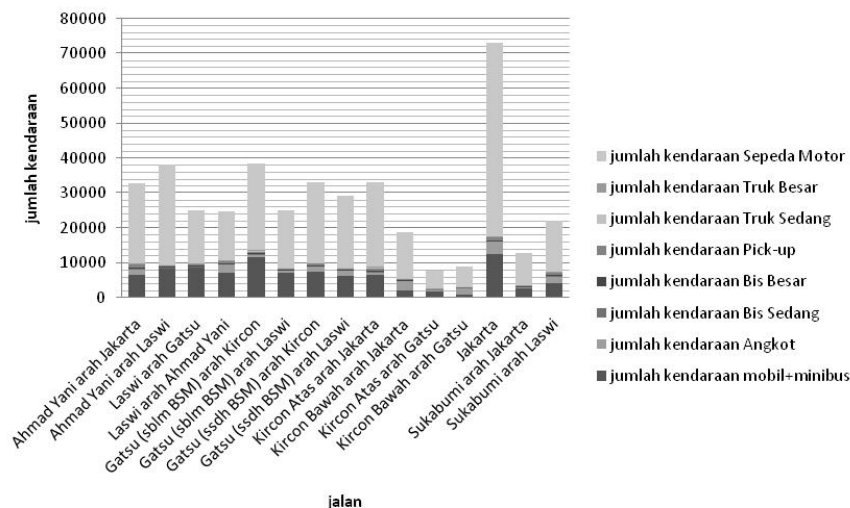
Beberapa hal yang perlu dibahas untuk mendapatkan beban emisi yang dihasilkan kendaraan bermotor di daerah yang diteliti diantaranya adalah hasil survey *traffic counting* dan kecepatan rata-rata kendaraan, pemilihan faktor emisi yang dipengaruhi oleh kecepatan kendaraan, dan perhitungan beban emisi.

Hasil Survey Kendaraan

Setelah dilakukan survey kendaraan pada tanggal 27, 28 dan 30 Juni 2009 didapatkan data volume kendaraan dengan 7 klasifikasi kendaraan pada 18 titik pengukuran di area yang diteliti. Dari hasil survey diketahui bahwa jalan yang terpadat adalah Jalan Jakarta dengan kondisi terpadat yaitu mencapai 76.566 kendaraan pada saat *weekday* (Selasa). Jalan Jakarta merupakan jalan kolektor penghubung yang menerima input kendaraan dari Jalan Terusan Jakarta dan Jalan Kiaracondong ke pusat kota. Sedangkan ruas jalan dengan jumlah kendaraan terendah adalah Jalan Sukabumi karena ruas jalan ini termasuk jalan kolektor yang menghubungkan 2 jalan arteri yaitu Jalan Jakarta dan Jalan Laswi. Pada **Gambar 3, 4 dan 5**, dapat dilihat bahwa jenis kendaraan yang paling banyak ditemui di lapangan adalah sepeda motor dan kendaraan penumpang. Fluktuasi kendaraan untuk daerah Karees, Bandung ini ternyata sangat tinggi pada saat *weekday* dan *weekend* hari Sabtu.

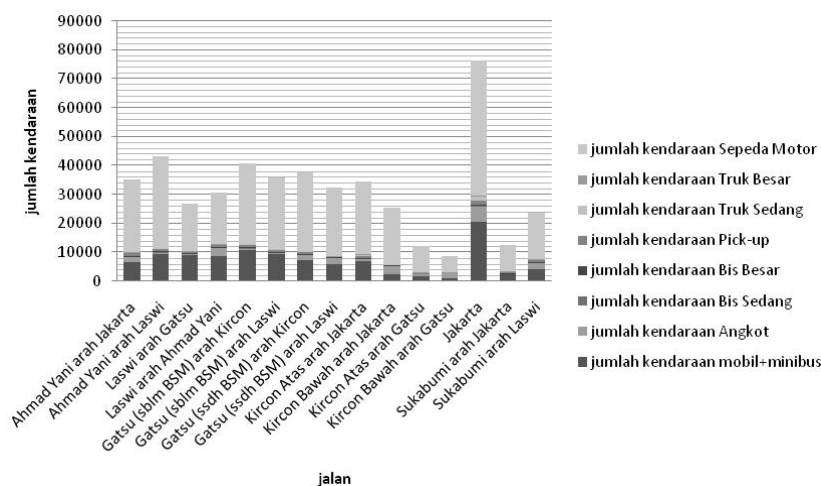


Gambar 3. Distribusi Jumlah Kendaraan Hari 1 (Sabtu)

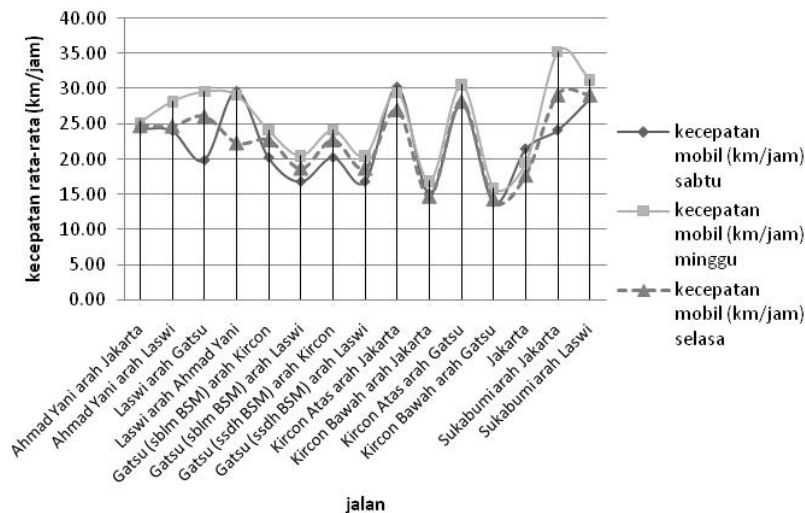


Gambar 4. Distribusi Jumlah Kendaraan Hari 2 (Minggu)

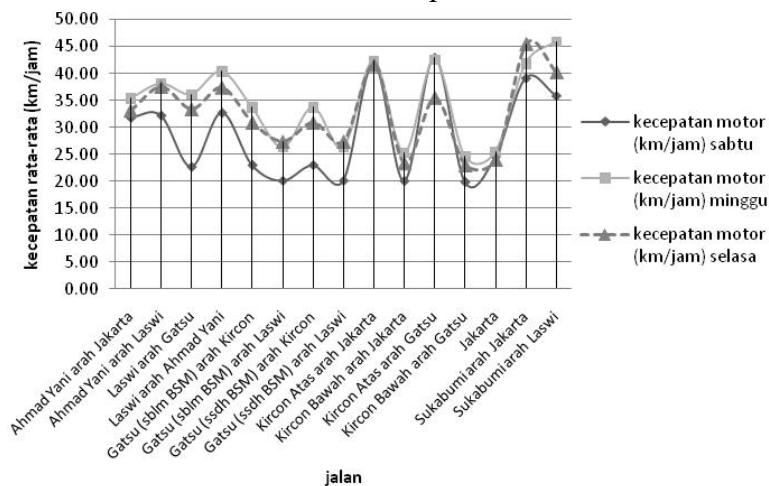
Survey kecepatan dilakukan pada saat waktu puncak pagi, siang, sore untuk mendapatkan kecepatan rata-rata harian di suatu ruas jalan dan di tiap lajur (2 arah). Di jalan-jalan yang seringkali terjadi kemacetan, kecepatan kendaraan sangat rendah seperti yang ditemui di ruas jalan Kiaracondong bawah (tanpa melewati jalan layang) seperti terlihat pada **Gambar 6** dan **Gambar 7**. Kemacetan sebagian besar disebabkan oleh aktivitas masyarakat di sekitar seperti adanya pasar, jalur perlintasan kereta api, dan penyempitan badan jalan akibat pedagang kaki lima dan perparkiran. Survey kecepatan dilakukan untuk kecepatan mobil dan motor. Pembagian ini dilakukan didasari oleh alasan bahwa kecepatan motor ketika berkendara di jalan raya lebih tinggi dibandingkan mobil atau jenis kendaraan lain karena mobilitasnya yang relatif lebih tinggi.



Gambar 5. Distribusi Jumlah Kendaraan Hari 3 (Selasa)



Gambar 6. Fluktuasi kecepatan rata-rata mobil



Gambar 7. Fluktuasi kecepatan rata-rata motor

Dari survey kecepatan ini dapat diketahui aktivitas kendaraan bermotor di wilayah Bandung, terutama di daerah yang diteliti yaitu wilayah Karees, Bandung. Aktivitas kendaraan di wilayah Karees, Bandung ini sangat tinggi saat *weekday* hal ini berhubungan dengan aktivitas masyarakat di wilayah tersebut seperti aktivitas kantor, sekolah, komersial, dan sebagainya. Sedangkan saat *weekend* pun tinggi hanya untuk *weekend* hari Sabtu karena banyaknya warga Bandung dan wisatawan dari luar kota terutama Jakarta berdatangan ke kota Bandung untuk menghabiskan waktu libur di Bandung. *Weekend* Minggu aktivitas kendaraan cukup rendah. Hal ini disebabkan oleh sebagian warga lebih senang menghabiskan waktunya beristirahat di rumah dan lebih banyak ditemukan kendaraan dengan plat luar kota pada hari tersebut.

Pemilihan Faktor Emisi

Faktor emisi dalam **persamaan (1)** di atas adalah jumlah polutan j yang diemisikan dari kendaraan jenis i per unit jarak (g/km). Dalam penelitian ini, faktor

emisi yang digunakan dalam menentukan beban emisi polutan NO_x adalah faktor emisi Indonesia dari Kementerian Lingkungan Hidup seperti yang dapat dilihat pada **Tabel 1**, faktor emisi India yang dapat dilihat pada **Tabel 2**, dan faktor emisi Inggris (UK's National Atmospheric Emissions Inventory (NAEI), 2007).

Tabel 1. Data Faktor Emisi Indonesia

Kategori	CO	HC	NO _x	PM ₁₀	CO ₂	SO ₂
	(g/km)	(g/km)	(g/km)	(g/km)	(g/kg BBM)	(g/km)
Sepeda motor	14	5,9	0,29	0,24	3180	0,008
Mobil penumpang (bensin)	40	4	2	0,01	3180	0,026
Mobil penumpang (solar)	2,8	0,2	3,5	0,53	3172	0,44
Mobil penumpang	32,4	3,2	2,3	0,12	3178	0,11
Bis	11	1,3	11,9	1,4	3172	0,93
Truk	8,4	1,8	17,7	1,4	3172	0,82
Angkot	43,1	5,08	2,1	0,006	3180	0,029

Sumber : Suhadi, 2008

Data faktor emisi Indonesia sangat sederhana dan hanya memberikan nilai faktor emisi berdasarkan jenis kendaraan tanpa dipengaruhi oleh kecepatan kendaraan. Jenis kendaraan dibagi menjadi 6 jenis dengan membedakan jenis bahan bakar hanya untuk mobil penumpang.

Tabel 2. Data Faktor Emisi NO India dari 4 Tipe/ Jenis Kendaraan pada Kecepatan 0 - 60 km/jam

Kecepatan (km/jam)	NO (g/km)			
	2W4S	3W4S	4WG	Bus-truk
0	0	0	0	0
10	2.04	1.5	5.2	504.3
20	1.4	1.1	4.95	351.9
30	1.2	2.5	4.67	301.1
40	0.8	2.5	1.05	275.7
50	0.55	0.95	0.66	226.9
60	0.9	0.5	0.47	194.4

Sumber : Mittal dan Sharma, 2005

Untuk faktor emisi India, diperoleh besaran nilai faktor emisi (g/km) parameter pencemar 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 strokes (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.

Berdasarkan nilai besaran faktor emisi pada **Tabel 2**, dibuat grafik emisi tiap tipe/jenis kendaraan dengan kecepatan sebagai sumbu x dan emisi yang dikeluarkan sebagai sumbu y untuk memperoleh estimasi nilai besaran faktor emisi parameter pencemar NO yang tidak tertera dalam tabel.

Database faktor emisi Inggris tersedia dalam bentuk *spreadsheet Excel* dengan memasukkan parameter kecepatan kendaraan untuk mendapatkan nilai faktor emisi. Kendaraan dalam database faktor emisi Inggris ini dibagi menjadi 7 kategori, yaitu mobil bensin, mobil diesel, kendaraan ringan bensin, kendaraan ringan diesel, kendaraan berat, bis, dan motor. Setiap kategori tersebut dibagi lagi berdasarkan teknologi mesinnya dengan standar emisi pra-EURO, EURO I, EURO II, EURO III dan EURO IV. Di Indonesia sendiri, pemberlakuan peraturan kendaraan dengan mesin berstandar emisi EURO II baru dilaksanakan awal tahun 2005 melalui Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 141 Tahun 2003, sehingga dapat disimpulkan kendaraan di Indonesia secara umum saat ini terdiri dari mobil pra-EURO sampai dengan EURO II. Proporsi kendaraan dengan spesifikasi EURO di Indonesia adalah jumlah kendaraan yang diproduksi setelah tahun 2003 (asumsi sudah termasuk EURO II) dibagi dengan jumlah populasi kendaraan. Semakin tinggi EURO-nya maka semakin ramah lingkungan, sehingga mesin kendaraan dengan spesifikasi EURO yang lebih tinggi akan memiliki faktor emisi yang lebih rendah.

Perhitungan Beban Emisi

Beban emisi saat berkendara adalah beban emisi yang dihasilkan dari kendaraan bermotor pada kondisi bergerak dan mesin menyala. Dalam perhitungan beban emisi saat berkendara, dibutuhkan data-data aktivitas kendaraan yang selanjutnya akan dikalikan dengan faktor emisi terpilih. Perhitungan beban emisi dalam penelitian ini menggunakan metode perhitungan dengan pendekatan jarak tempuh kendaraan (VKT). VKT sebagai salah satu data aktivitas adalah panjang perjalanan tahunan setiap jenis kendaraan bermotor di suatu daerah, yang biasanya diaplikasikan untuk skala makro, seperti kota, kabupaten, atau provinsi. Untuk perhitungan beban emisi skala mikro seperti pada lingkup studi penelitian ini, panjang ruas jalan yang dilewati oleh kendaraan dianggap sebagai jarak tempuh kendaraan. Data panjang jalan dari tiap ruas jalan yang diteliti dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Data aktivitas yang lain adalah data volume kendaraan yang telah didapatkan sebelumnya dari survey kendaraan yang dilakukan saat kondisi *weekday* dan *weekend*. Pemilihan waktu survey didasarkan pada perbedaan karakteristik lalu-lintas yang bervariasi di Kota Bandung terutama pada saat *weekend* atau hari libur dimana volume kendaraan meningkat tajam akibat banyaknya wisatawan datang dari luar kota terutama dari Jakarta dengan menggunakan kendaraan pribadi. Kondisi *weekend* dibagi menjadi *weekend* hari Sabtu dan *weekend* hari Minggu karena ternyata karakteristiknya berbeda, terlihat pada hasil survey kendaraan bahwa volume kendaraan pada hari Sabtu cenderung lebih tinggi daripada hari Minggu meski keduanya adalah kondisi libur.

Tabel 3. Data Panjang Jalan

Ruas	Panjang (km)
A. Yani	0.5
Laswi	1.1
Gatsu	1.8
Kircon Bawah	2
Kircon Atas	2
Jakarta	1
Sukabumi	0.65

Pengklasifikasian kendaraan saat perhitungan beban emisi mengikuti klasifikasi yang ada dalam data faktor emisi yang digunakan. Seperti pada faktor emisi Indonesia, pengklasifikasian kendaraan dibagi menjadi 6 jenis kendaraan. Dalam faktor emisi ini, terutama untuk mobil penumpang dilakukan pembagian lagi berdasarkan bahan bakarnya yaitu bensin dan solar. Untuk mendapatkan estimasi jumlah kendaraan bensin dan solar, jumlah kendaraan mobil penumpang dikalikan dengan rasio penjualan bahan bakar bensin dan solar di Kota Bandung.

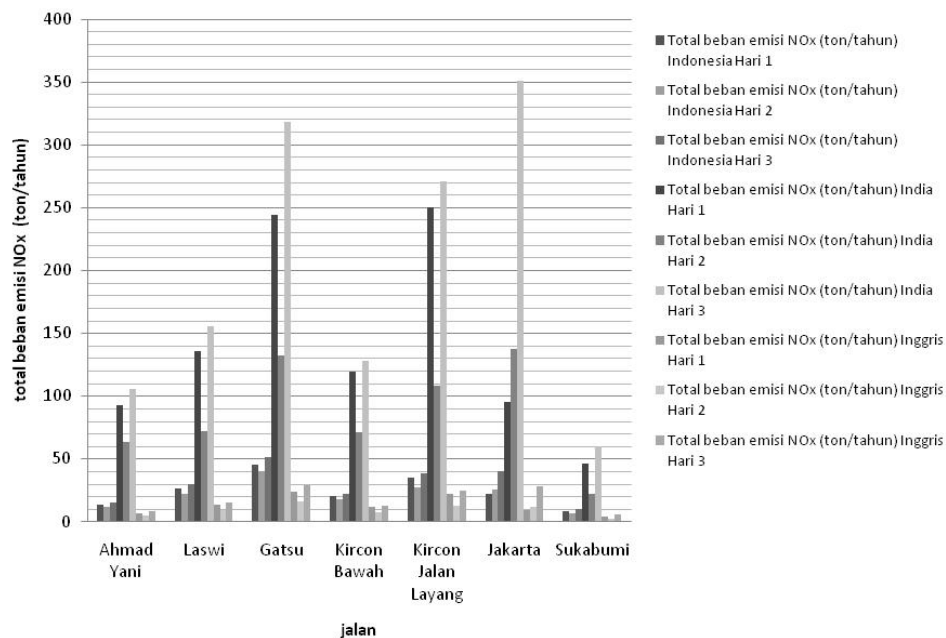
Nilai faktor emisi Inggris dipengaruhi bukan saja oleh kecepatan kendaraan tetapi juga jenis kendaraan bahkan teknologi mesin kendaraan. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya dalam pemilihan faktor emisi, faktor emisi Inggris mengklasifikasikan tiap jenis kendaraan ke dalam teknologi mesin dengan standar emisi EURO, seperti pra-EURO, EURO I, EURO II sampai dengan EURO IV. Karena di Indonesia hanya berlaku sampai EURO II maka faktor emisi yang dipilih untuk mobil adalah faktor emisi untuk EURO II, EURO I, dan untuk pra-EURO dipilih faktor emisi dari spesifikasi mesin tertua pre-ECE, sedangkan untuk bus dan truk dipilih faktor emisi untuk EURO II, EURO I, dan untuk pra-EURO dipilih faktor emisi dari spesifikasi pre-1988 models. Sehingga dari pemilihan faktor emisi ini diketahui bahwa perhitungan faktor emisi Inggris lebih detail lagi dibandingkan faktor emisi Indonesia dan India.

Setelah semua data aktivitas tersedia dan faktor emisi telah ditentukan, dapat dilakukan perhitungan beban emisi NO_x dalam ton/tahun. Hasil perhitungan beban emisi total per tahun untuk tiap ruas jalan digambarkan dalam **Gambar 8**. Dari **Gambar 8**, dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang cukup signifikan antara perhitungan beban emisi dengan menggunakan faktor emisi Indonesia, faktor emisi India dan faktor emisi Inggris. Beban emisi hasil perhitungan dengan faktor emisi Indonesia untuk tiap ruas jalan memiliki kisaran 6,74 – 51,79 ton/tahun, sedangkan beban emisi hasil perhitungan dengan faktor emisi India berkisar antara 22,35 – 351,26 ton/tahun dan faktor emisi Inggris berkisar antara 3,16 – 30,27 ton/tahun. Nilai beban emisi dengan menggunakan faktor emisi India 6 – 7 kali lebih tinggi dibandingkan dengan beban emisi yang menggunakan faktor emisi Indonesia dan 10 kali lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan faktor emisi Inggris.

Dilihat dari hal ini, faktor emisi sangat berpengaruh pada nilai beban emisi. Faktor emisi yang lebih sederhana seperti faktor emisi Indonesia akan memberikan hasil beban emisi yang kurang akurat dan kurang representatif. Sedangkan, faktor emisi yang lebih detail sesuai dengan kebutuhan dan kondisi di lapangan tentu saja memberikan nilai beban emisi yang lebih baik. Faktor emisi India nilainya berubah terhadap kecepatan kendaraan. Semakin rendah kecepatan kendaraan maka emisi yang dihasilkan semakin tinggi. Selain itu, pada faktor emisi India jenis kendaraan juga memberikan

pengaruh cukup besar pada nilai faktor emisi karena kendaraan berat memiliki faktor emisi yang jauh lebih besar daripada kendaraan lain. Jadi, meskipun jumlah kendaraan berat lebih rendah dibandingkan jumlah kendaraan lain, tetapi tetap memiliki kontribusi yang cukup signifikan terhadap beban emisi total jika penggunaan faktor emisi India.

Faktor emisi India didasarkan pada riset yang dilakukan beberapa peneliti dengan menggunakan suatu alat yang ditempatkan dalam knalpot kendaraan untuk memperoleh nilai besaran faktor emisi (g/km) parameter pencemar NO (Mittal dan Sharma, 2005). Nilai faktor emisi ini secara jelas menggambarkan jumlah emisi yang dihasilkan dari kendaraan bermotor di India yang ternyata sangat tinggi untuk kendaraan berat seperti truk atau bus. Nilai faktor emisi India untuk kendaraan roda 4 berbahan bakar bensin berkisar antara 0,5 g/km – 5,2 g/km, sedangkan untuk kendaraan beratnya mencapai 195 – 505 g/km. Padahal, faktor emisi Indonesia saja untuk jenis kendaraan truk nilainya hanya 17,7 g/km dan nilai tersebut konstan untuk semua kecepatan.



Gambar 8. Total Beban Emisi NOx tiap Ruas Jalan

Beban emisi yang diperhitungkan dengan menggunakan faktor emisi Inggris nilainya paling rendah diantara ketiga faktor emisi yang digunakan. Hal ini karena nilai faktor emisi Inggris meski telah memperhitungkan kecepatan kendaraan dan spesifikasi mesin dengan standar emisi EURO nilainya masih lebih kecil dibandingkan nilai faktor emisi Indonesia dan India. Selain itu, kendaraan pabrikan Eropa tentu saja sangat berbeda dengan kendaraan pabrikan Asia terutama dalam hal umur kendaraan dan perawatan kendaraan. Umur kendaraan di Indonesia bisa mencapai 15 tahun, sedangkan di negara Eropa seperti Inggris kendaraan hanya boleh sampai 5 tahun. Sehingga diketahui bahwa kondisi kendaraan Inggris dan Indonesia tentu saja sangat berbeda untuk dibandingkan faktor emisinya. Nilai faktor emisi Inggris untuk kecepatan yang

rendah sekitar 15 km/jam dan spesifikasi EURO II misalnya, hanya berkisar antara 0,2 g/km untuk mobil bensin dan 22,63 g/km untuk kendaraan berat berbahan bakar diesel. Sebenarnya, Indonesia mengaplikasikan standar emisi EURO ini dalam regulasinya tetapi tidak menggambarkan dalam faktor emisi yang telah dikembangkan oleh KLH.

Bila membandingkan kendaraan bermotor di India dan di Indonesia, sebenarnya teknologi kendaraan bermotor di India tidak jauh berbeda dengan kendaraan bermotor di Indonesia yaitu sebagian besar kendaraannya adalah pabrikan Jepang atau China, bahkan pabrikan India sendiri. Mempertimbangkan hal ini, seharusnya nilai beban emisi dengan menggunakan faktor emisi India dan Indonesia seharusnya tidak jauh berbeda. Dari perbedaan ini dapat disimpulkan bahwa kesederhanaan dari data faktor emisi Indonesia ini yang mengakibatkan beban emisi Indonesia kemungkinan menjadi kurang representatif untuk dijadikan dasar penentuan kebijakan lingkungan mengenai pencemaran udara dari sektor transportasi dalam skala mikro, tetapi akan cukup representatif untuk diaplikasikan dalam memahami trend peningkatan beban emisi dari sektor transportasi.

Beban emisi pada ruas-ruas jalan di Karees, Bandung cukup tinggi terutama di jalan-jalan kolektor besar seperti Jalan Kiaracondong, Jalan Jakarta, dan Jalan Gatot Subroto. Terlihat dari kepadatan kendaraan yang sangat tinggi di ruas-ruas jalan tersebut serta kecepatan kendaraan rata-rata yang cukup rendah akibat seringkali terjadi kemacetan di ruas jalan ini terutama saat *peak hour* pagi hari dan sore hari. Tingginya beban emisi juga diakibatkan oleh tingginya jumlah kendaraan motor, dan truk di ruas jalan tersebut. Kendaraan motor meskipun faktor emisinya rendah, tetapi karena jumlah kendaraan motor sangat tinggi maka menghasilkan beban emisi yang cukup signifikan. Di Jalan Jakarta, jumlah kendaraan motor rata-rata saat dilakukan survey adalah sebesar 1500 motor/15 menit atau setiap menit 100 motor melewati Jalan Jakarta. Kendaraan truk juga meski jumlahnya lebih sedikit dibandingkan dengan kendaraan lain, tetapi karena nilai faktor emisinya besar, terutama bila digunakan perhitungan dengan faktor emisi India, maka kontribusi beban emisinya pun cukup tinggi.

Adanya jalan layang Kiaracondong ternyata terbukti mengurangi emisi kendaraan bermotor karena akses jumlah kendaraan yang sangat tinggi melewati Jalan Kiaracondong ini menjadi dapat terfasilitasi dan mengurangi waktu tempuh kendaraan. Hal ini mengakibatkan kecepatan rata-rata kendaraan di Jalan Kiaracondong menjadi lebih tinggi, mencapai 30 km/jam untuk mobil dan 42,5 km/jam untuk motor, dan berefek pada faktor emisi yang lebih rendah (untuk faktor emisi yang memperhitungkan kecepatan kendaraan). Dapat diprediksi bila tidak ada Jalan Layang Kiaracondong, dengan volume kendaraan yang sangat tinggi akan mengakibatkan kemacetan dan kecepatan kendaraan akan sangat rendah bahkan mendekati kondisi idling dimana faktor emisinya akan maksimum. Tentu saja, hal ini akan mengakibatkan beban emisi menjadi lebih tinggi lagi.

Jalan Sukabumi memiliki nilai beban emisi paling rendah. Beban emisi tertinggi di jalan ini dicapai pada saat weekday. Hal ini diketahui akibat dari mobilisasi kendaraan melewati ruas jalan ini menjadi lebih tinggi karena beberapa instansi yang berada di Jalan Sukabumi ini beraktivitas kembali. Jalan Sukabumi ini juga termasuk Jalan kolektor yang tidak terpengaruh oleh *peak hour*, artinya jumlah kendaraan yang melewati ruas jalan ini konstan.

4. KESIMPULAN

Beban emisi pada ruas-ruas jalan di Karees, Bandung cukup tinggi terutama di jalan-jalan kolektor utama seperti Jalan Kiaracondong, Jalan Jakarta, dan Jalan Gatot Subroto. Jalan Jakarta adalah ruas jalan dengan jumlah kendaraan terpadat dan beban emisi tertinggi di daerah Karees, Bandung. Nilai beban emisi tertinggi juga dicapai pada saat *weekend* hari Sabtu dan saat *weekday*. Hal ini juga menggambarkan aktivitas transportasi masyarakat di daerah Karees, Bandung yang selalu padat.

Perbandingan nilai beban emisi dengan menggunakan tiga database faktor emisi yaitu faktor emisi Indonesia untuk tiap ruas jalan memiliki kisaran 6,74 – 51,79 ton/tahun, sedangkan beban emisi hasil perhitungan dengan faktor emisi India berkisar antara 22,35 – 351,26 ton/tahun dan faktor emisi Inggris berkisar antara 3,16 – 30,27 ton/tahun. Nilai beban emisi dengan menggunakan faktor emisi India 6 – 7 kali lebih tinggi dibandingkan dengan beban emisi yang menggunakan faktor emisi Indonesia dan 10 kali lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan faktor emisi Inggris.

Untuk mendapatkan inventori emisi yang baik dibutuhkan data aktivitas yang mendetil dan faktor emisi yang sesuai dengan kebutuhan dan kondisi di lokasi yang akan diteliti. Tidak dapat diketahui faktor emisi mana yang paling benar karena nilai faktor emisi sebenarnya sangat dipengaruhi oleh banyak faktor, tetapi diketahui bahwa database faktor emisi Inggris dapat dianggap sebagai database yang paling baik dalam perhitungan faktor emisinya. Faktor emisi Indonesia terlalu sederhana untuk dapat digunakan sebagai acuan karena kurang dapat menggambarkan kondisi kendaraan yang ada di Indonesia saat ini dan kurang menggambarkan aktivitas kendaraan yang sangat bervariasi seperti fluktuasi kecepatan, dan jenis teknologi kendaraan yang tidak sama setiap waktunya.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. 2008. *Bandung Dalam Angka 2007/2008*. BPS Provinsi Jawa Barat : Bandung.
- Driejana, dan Safrul Amri. 2009. *INVENTARISASI EMISI - Simulasi Inventarisasi Emisi di Perkotaan*. Kementrian Lingkungan Hidup: Jakarta.
- Leopold, Adolf. 2008. *Inventori emisi gas rumah kaca (CO₂ dan CH₄) dari sektor transportasi dengan pendekatan jarak tempuh kendaraan dan konsumsi bahan bakar dalam upaya pengelolaan kualitas udara di wilayah kota dan kabupaten Bandung*. Thesis S2, Prodi Teknik Lingkungan, ITB.
- Lindley, S.J., Conlan, D.E., Raper, D.W., Watson, A.F.R. 1999. *Estimation of spatially resolved road transport emission for air quality management application in the North West region of England*, the Science of the Total Environment, 235, pp. 119 – 132
- Mittal, Moti dan Sharma. 2005. *Anthropogenic Emissions from Energy Activities in India and Source Characterization Part II: Emission for Vehicular Transport in India*. New Delhi: Central Pollution Control Board.

- Ohara, T, and H. Akimoto, J. Kurokawa, N. Horii, K. Yamaji, X. Yan, and T. Hayasaka. 2007. *An Asian emission inventory of anthropogenic emission sources for the period 1980–2020*. Atmos. Chem. Phys. Discuss., 7, pp. 6843–6902
- Suhadi, Dollaris R. 2008. *Penyusunan Petunjuk Teknis Perkiraan Beban Pencemaran Udara dari Kendaraan Bermotor Di Indonesia*. Kementrian Lingkungan Hidup.
- Xia, L and L. M. Leslie. 2004. *A GIS framework for Traffic Emission Information System*. Meteorol Atmos Phys 87, pp. 153–160
- Zhang, Qingyu, Yumei Wei, Weili Tian, Kemin Yang. 2008. *GIS-based emission inventories of urban scale: A case study of Hangzhou, China*. Atmospheric Environment, 42, pp. 5150–5165
- http://www.naei.org.uk/datachunk.php?f_datachunk_id=8 (diakses tanggal 3 Juli 2009)