

# POTENSI PENURUNAN EMISI GAS RUMAH KACA MELALUI KONVERSI BAHAN BAKAR GAS PADA KENDARAAN ANGKUTAN UMUM

Zainal Arifin

Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta  
Jl. Colombo No. 1 Yogyakarta  
email: turangga81@yahoo.com

## Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk meretrofit bus kota dengan bahan bakar gas (LPG) juga memberikan rekomendasi umum pelaksanaan skema DNS di Indonesia dan landasan kebijakan investasi sektor transportasi khususnya transportasi perkotaan dengan menggunakan skema DNS (debt national swept), selain itu mengembangkan metodologi valuasi perbaikan lingkungan bagi investasi transportasi perkotaan. Sehingga penelitian ini dapat dimanfaatkan bagi pengambil keputusan pada tingkat nasional dan lokal (kota) dalam mengembangkan berbagai kebijakan, strategi, dan program investasi transportasi perkotaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsumsi bahan bakar per hari 35,68 liter atau 28,544kg solar (Berat jenis solar = 0,8kg/l) dan lower heating value = 42,5 MJ/kg, energi yang digunakan sebesar 1.213,12 MJ/hari. Tingkat penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) tiap tahun mengganti minyak solar dengan LPG sebesar 111,93 ton, maka total penurunan emisi GRK = 11.081 ton CO<sub>2</sub>e. Manfaat finansial penggunaan LPG menghasilkan nilai NPV sebesar Rp. 18.518.582, jika ada kenaikan harga bahan bakar LPG, menghasilkan NPV sebesar (-) Rp. 58.17.169. Nilai NPV menunjukkan hasil positif sebesar Rp. 100.051.666 jika tarif bis dinaikkan 25% dari tarif yang berlaku saat ini.

Kata Kunci: konversi gas LPG, emisi gas rumah kaca, kendaraan angkutan umum

## Abstract

*The objective of the research is to retrofit city buses with fuel gas (LPG) is it also gives a general recommendation implementation of control schemes in Indonesia and foundation policies investment, especially urban transportation sector by using the control scheme, in addition to develop the methodology for the valuation of the environmental improvement of urban transport investment. This research can be used for decision-makers for national and local level (city government) in developing policies, strategies, and urban transportation investment program. The results show that the fuel consumption per day are 28.544kg 35.68 liters of diesel (diesel density of 0.8kg/l) and lower heating value of 42.5 MJ/kg, the energy used at 1213.12 MJ/days. The level of reduction in Greenhouse Gas Emissions (GHG) per year to replace petroleum diesel with LPG at 111.93 tons, the total GHG emission reduction of 11 081 tonnes of CO<sub>2</sub>e. Financial benefits of LPG generates NPV of Rp. 18,518,582; if there is a rise in the price of LPG fuel, resulting NPV of (-) Rs. 58.17.169. NPV indicates a positive result for Rp. 100 051 666 if bus fares increased 25% from the current rate.*

*Keywords: LPG gas conversion, greenhouse gas emissions, public transportation*

## PENDAHULUAN

Yogyakarta dengan luas 32,50 km<sup>2</sup>, kepadatan populasinya berkisar antara 7.327 orang/km<sup>2</sup> sampai 27.373 orang/km<sup>2</sup>, menyebabkan kota menjadi padat dan menjadi

sangat ideal bagi operasi angkutan umum. Pada daerah pinggir kota, kepadatannya masih rendah yaitu kira-kira 5.000 orang/km<sup>2</sup>. Kota Yogyakarta mempunyai jaringan jalan sepanjang 238,249km yang meliputi

sekitar 5% dari luas kota. Ini berarti jalan masih terlalu sempit dengan kapasitas yang rendah. Harus diperhatikan bahwa usaha untuk memperlebar jalan sangatlah tidak mungkin karena padatnya gedung dan perumahan di sepanjang jalan.

Kualitas udara ambien di ruas jalan di Kota Yogyakarta sangat bergantung pada volume lalu lintas yang ada pada jalan tersebut, sehingga banyaknya kendaraan bermotor yang melewati ruas jalan menghasilkan emisi gas buang dan memberikan kontribusi cukup besar bagi kualitas lingkungan udara ambien. Tak heran bila pada jam-jam sibuk, polusi udara yang terjadi sangat tinggi, terutama pada saat jam pulang sekolah, dan jam pulang kantor. Dan jika diamati lebih jauh dalam periode lima tahun terakhir, banyak pengendara sepeda motor mengenakan penutup hidung atau masker ketika mengendarai motornya. Gejala ini menunjukkan dua hal. Pertama tingkat polusi sudah sedemikian parah sehingga dirasa mengganggu. Kedua, tingkat kesadaran masyarakat akan gangguan polusi sudah sedemikian tinggi.

## **METODE PENELITIAN**

Pada tahap ini dijelaskan tentang metodologi yang digunakan dalam kajian dengan tahapan yang dapat diuraikan sebagai berikut: a) Mengkaji berbagai aktivitas transportasi perkotaan yang terdapat di Indonesia. Hal ini diperlukan untuk mengetahui secara detail kegiatan-kegiatan yang tercakup

dalam transportasi perkotaan dan isu-isu strategis yang terkait dengannya. b) Dari aktivitas transportasi perkotaan tersebut dapat diperkirakan dampak-dampak potensialnya baik dampak terhadap lingkungan (lokal dan global) ataupun terhadap aspek lainnya.

Dampak terhadap lingkungan global: a) Mempengaruhi perubahan iklim global karena perubahan kandungan Gas Rumah Kaca (GRK); b) Yang termasuk GRK menurut Kyoto Protocol: *carbon dioxide*, *methane*, *nitrous oxide*, *perfluorocarbons*, *hydrofluorocarbons* dan *sulphur hexafluoride*.

Dampak terhadap lingkungan lokal: a) Memberikan dampak polusi berskala lokal yang berimplikasi pada tingkat kesehatan masyarakat; b) Parameter ambien udara: CO, Pb, PM10 dan asap, TSP, HC, SO<sub>2</sub>

Dampak terhadap aspek lain: a) Pemborosan bahan bakar kendaraan; b) Produktivitas terkait dengan nilai waktu sebagai efek lanjut dari antrian kendaraan dan kemacetan lalu lintas

Setelah mengetahui dampak potensial yang diperkirakan terjadi, maka langkah selanjutnya adalah menentukan instrumen-instrumen evaluasi dampak yang ada baik berupa rumusan analitis maupun rumusan empiris.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dalam penelitian akan dikaji jumlah kendaraan bermotor dan tingkat konsumsi BBM yang dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2. Sistem angkutan umum di Yogyakarta

Tabel 1. Jumlah Konsumsi BBM Kota Yogyakarta (liter)

Bahan Bakar	Tahun			
	2009	2010	2011	2012
Pertamax	24.806.22	28.054.28	31.737.74	35.916.45
Premium	2.189.560	2.482.120	2.815.430	3.195.330
Solar	1.217.120	1.318.600	1.429.100	1.549.490

Tabel 2. Jumlah Konsumsi BBM Kota Yogyakarta (liter)

No	Jenis Kendaraan	Tahun		
		2010	2011	2012
1	Sedan	10.254	10.348	9.446
2	Jeep	3.607	3.754	3.508
3	Bus/Microbus	970	968	988
4	Minibus	22.831	25.058	26.089
5	Pick Up/Truk	7.519	7.626	7.621
6	Sepeda Motor	198.667	204.974	209.579
	Jumlah Total	243.848	252.726	257.231

Sumber: Kota Yogyakarta dalam Angka 2013

merupakan kombinasi dari bis kota bertempat duduk 30 yang beroperasi secara individu (dimiliki oleh perusahaan pemerintah dan swasta), taksi, becak dan andong. Bis-bis dioperasikan oleh supir dengan sistim bagi hasil dengan pemilik bis. Becak dan andong sudah merupakan alat transportasi umum bebas polusi. Jumlah taksi yang semakin banyak dan hal itu menyebabkan bis kota menjadi target yang potensial program Pengurangan Emisi Karbon.

Studi yang dilakukan baru-baru ini menunjukkan bahwa bis-bis beroperasi secara *over-supply* yang mengakibatkan sistem operasi yang tidak efisien energi, ditambah dengan adanya kompetisi yang menyebabkan tingginya jumlah pelanggaran lalu lintas dan kecelakaan. Kondisi ini

diperburuk dengan adanya fakta bahwa bis-bis tersebut berusia lebih 20 tahun dan tidak dipelihara dengan baik. Saat ini sistem bis perkotaan mempunyai sekitar 500 bis dan 18 rute yang memproduksi lebih dari 20 juta kendaraan-km pertahun. Kesemuanya dikelola oleh 5 (lima) operator bis, yaitu: KOPATA, ASPADA, DAMRI, KOBUTRI, dan PUSKOPKAR.

Kemacetan di pusat kota, khususnya di Jl. Malioboro merupakan masalah lain yang dihadapi pemerintah daerah di Yogyakarta. Kawasan Malioboro merupakan kawasan pusat kota dimana kegiatan lalu lintas sangat padat karena bertumpuknya kegiatan komersial.

Saat ini, sistem angkutan umum di Yogyakarta merupakan kombinasi dari bis

kota bertempat duduk 30-40 yang beroperasi secara individu (dimiliki oleh perusahaan pemerintah dan swasta). Bis-bis dioperasikan oleh supir dengan sistim bagi hasil dengan pemilik bis. Pemilik menerima sejumlah uang tetap setiap harinya, berapapun jumlah yang didapat dari hasil operasi hari itu. Awak bis juga bertanggung jawab dalam pembelian bahan bakar, pemeliharaan dan pengeluaran lain-lain. Pemilik bis hanya mendapat 27,7% dari total pendapatan dan 67,7% (Jefrianto, 2003) dari total penghasilan bersih. Awak bis lebih mempunyai kontrol kepada aliran uang sedangkan pemilik kekuasaannya terbatas untuk mencoba menambah bagiannya dari penghasilan. Pemerintah daerah yang berhak menentukan tarif dan saat ini ada penolakan jika pemilik bis ingin mencoba mempengaruhi kebijakan tarif, karenanya sangatlah tidak mungkin bagi mereka untuk menambah pendapatan dari tarif bis. Sistem ini lebih disukai oleh awak bis walaupun mereka harus membayar ongkos pemeliharaan, tetapi semakin banyak penumpang semakin banyak uang yang didapat setiap harinya.

Isu penting yang harus diperhatikan adalah Peraturan Daerah Propinsi DIY No. 10/2001 tentang Penyelenggaraan Angkutan Orang di Jalan dengan Kendaraan Umum di Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, yang mengatur batas maksimum umur bis maksimum 15 tahun. Untuk menaati peraturan tersebut, operator harus mengganti armada mereka yang berumur lebih dari 15 tahun.

Hampir 80% bis yang dimiliki oleh KOPATA (Koperasi Pengusaha Angkutan Yogyakarta) berumur lebih dari 15 tahun (YUPTA, 2003). Pemilik masih mengoperasikan bisnya karena sampai sekarangpun mereka masih mendapatkan penghasilan dari investasi yang dilakukan 15-20 tahun lalu. Investasi untuk bis baru sama nilainya dengan enam kali pendapatan tahunan pemilik bis (Parikesit, 2003). Pemilik tidak mampu melakukan investasi tanpa dukungan dari pemerintah daerah, PERTAMINA (sebagai pemasok LPG) dan lembaga keuangan (bank misalnya). Oleh karenanya program peremajaan bis perkotaan di Yogyakarta sangat memerlukan investasi dari pihak luar.

Program ini diawali tahun 2002 dan merupakan kerjasama antara *South South North (SSN) Project* dengan *Yogyakarta Urban Public Alliance (YUPTA)*, yang merupakan kolaborasi dari Dinas Perhubungan Propinsi DIY, KOPATA, dan Pusat Studi Transportasi dan Logistik UGM, dengan menggunakan prinsip-prinsip CDM (*Clean Development Mechanism*). Selain aspek teknologi, program ini juga akan menyentuh aspek operasi yang bertujuan untuk mengurangi emisi gas buang dengan membuat keteraturan akselerasi dan deselerasi kendaraan. Kegiatan ini juga mengandung elemen pendidikan bagi masyarakat bagaimana operasi bis dan sopan santun naik kendaraan umum yang benar.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh YUPTA, dengan mengganti 200 bis

perkotaan yang tadinya menggunakan solar dengan LPG, emisi gas rumah kaca akan berkurang sebesar 2.967 ton setara CO<sub>2</sub> selama kurun waktu proyek 7 tahun.

Namun dilihat dari pengurangan GHG yang sangat kecil, maka proyek ini dinyatakan tidak layak untuk diteruskan dengan prinsip CDM, berkaitan dengan pembiayaannya. Prinsip CDM memerlukan biaya yang cukup besar dalam proses legal dan validasinya, sedangkan hasil penjualan karbon yang didapat terlalu kecil. Padahal dari sisi finansial operator bis, proyek ini sangatlah layak untuk dijalankan.

Oleh karenanya saat ini sedang diusahakan alternatif pembiayaan lain agar proyek ini bisa berjalan. DNS merupakan salah satu alternatif yang dapat dijajaki, karena proyek ini jelas menguntungkan secara lingkungan, dan melihat besarnya dana yang bisa digunakan, permajaan bisa dilakukan tidak hanya untuk 200 bis tetapi untuk seluruh bis kota yang ada di Yogyakarta. Dengan demikian manfaat lingkungan akan semakin bertambah.

### **Analisis Perhitungan Reduksi Emisi Global**

Berikut adalah hasil perhitungan pengurangan emisi gas rumah kaca yang telah dilakukan oleh YUPTA pada tahun 2002-2003 sebagai salah satu persyaratan yang harus diajukan dalam proyek CDM. Untuk menghitung pengurangan emisi gas rumah kaca (dalam hal ini CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O dan CH<sub>4</sub>) digunakan persamaan baku yang dimiliki oleh IPCC. Rumus emisi yang digunakan

mengacu pada faktor emisi yang dikeluarkan oleh IPCC (*The Intergovernmental Panel on Climate Change*) default data 1996.

Emisi yang dikeluarkan oleh bahan bakar kendaraan yang dihitung adalah CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O dan CH<sub>4</sub> dalam satuan ton setara CO<sub>2</sub>(CO<sub>2</sub>e). Emisi lainnya tidak dihitung karena jumlahnya yang terlalu kecil. Untuk menghitung berapa ton reduksi emisi dari suatu proyek, adalah dengan menghitung emisi sebelum proyek (*baseline*) dan emisi sesudah proyek. Perbedaan dari perhitungan tersebut adalah reduksi emisi yang bermanfaat bagi lingkungan.

Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$E_{use} \left( \frac{GJ}{day} \right) = \frac{FC \times CV}{10^3} \quad (1)$$

Dalam hal ini:

- E<sub>use</sub> = energi yang digunakan (GJ/day)
- FC = konsumsi bahan bakar per hari (kg bahan bakar)
- CV = *lower heating value* bahan bakar (MJ/kg bahan bakar)

$$\sum E \left( \frac{tonnes CO_2e}{year} \right) = \frac{E_{use} \times US \times n \times \sum EF}{10^3} \quad (2)$$

Dalam hal ini:

- E = Emisi gas rumah kaca (tonnes CO<sub>2</sub>e)
- US = unit pelayanan/hari operasi per tahun (hari)
- n = jumlah kendaraan
- $\sum EF$  = faktor emisi gas rumah kaca untuk bahan bakar kendaraan (kg CO<sub>2</sub>/GJ)

Proyek ini akan dilaksanakan pada tahun 2005, dengan demikian ditentukan bahwa

baseline proyek sebagai dasar perhitungan adalah tahun 2005. Energi yang digunakan (Euse) oleh kendaraan berbahan bakar LPG didapat dari estimasi berdasarkan energi yang digunakan oleh bis saat ini (bis lama berbahan bakar solar). Sedangkan Euse kendaraan berbahan bakar solar didapat dari hasil survei konsumsi bahan bakar. Mesin disel mempunyai karakteristik berbeda dengan mesin LPG, karena rasio kompresinya lebih tinggi maka efisiensi pembakarannya lebih tinggi, mengakibatkan konsumsi bahan bakarnya lebih rendah. Diasumsikan mesin LPG efisiensi mesinnya lebih rendah 20% dibandingkan dengan mesin disel. Setelah menghitung energi yang digunakan mesin disel pada tahun pertama operasi, nilainya akan dikalikan dengan 1,2 untuk mendapatkan energi yang digunakan oleh mesin LPG pada tahun pertama.

Pertama, energi yang digunakan oleh mesin disel pada bis yang rata-rata berumur 20 tahun (tahun 2002) dihitung menggunakan Formula 1. Dalam perhitungan diasumsikan terjadi penurunan efisiensi mesin sebesar 20% selama 20 tahun operasi, maka energi yang digunakan pada tahun pertama sama dengan 80% dari nilai yang didapat pada tahun pertama proyek. Karena Euse per hari dari bis bermesin disel pada tahun pertama operasi = 970,5 MJ, maka Euse LPG adalah 120% dari 970,5 MJ atau 1.164 MJ. Angka ini digunakan untuk menentukan konsumsi bahan bakar rata-rata dengan membaginya dengan *lower heating value* dari LPG. Dengan menggunakan Formula

1, konsumsi LPG untuk jarak yang sama (197,28 km) adalah 25,65 kg/hari.

Berdasarkan analisis finansial telah direkomendasikan bahwa hari operasi harus ditingkatkan dari 24 hari menjadi 27 hari per bulan. Ini harus dilakukan agar proyek layak secara finansial, yaitu dengan meningkatkan *Net Present Value* (NPV) proyek.

Dengan menggunakan Formula 2, emisi GRK saat proyek berjalan untuk tahun pertama adalah,  $E_1 = 4.766$  ton CO<sub>2</sub>e. Dengan memperhatikan fakta kinerja mesin akan menurun seiring dengan waktu maka diasumsikan terjadi tingkat penurunan sebesar 5% selama 7 tahun pelaksanaan proyek. Untuk menyederhanakan perhitungan tingkat penurunan pertahun diasumsikan sama.

Emisi GRK pada tahun ke 7 adalah  $E_7 = 1,05 \times E_1 = 1,05 \times 4.766 = 5.004,8$  ton CO<sub>2</sub>e. Selisih antara  $E_7$  dan  $E_1 = 238,32$  ton CO<sub>2</sub>e. Dengan membagi angka tersebut dengan 7 akan didapatkan bahwa emisi akan meningkat 39,72 ton CO<sub>2</sub>e per tahun. Emisi GRK tiap tahun akan didapat dengan menambahkan emisi tahun sebelumnya dengan 39,72. Total emisi GRK pada saat  $n=7$  tahun dihitung dengan formula berikut:

$$\sum_{n=7} E = E_1 + E_2 + \dots + E_n \quad (3)$$

Dimana  $E_n$  dihitung dengan formula:

$$E_n = E_1 + [(n-1)\Delta E] \quad (4)$$

Dengan menggunakan formula di atas, maka total emisi GRK:  $\sum_{1-7} E = 34.200$  ton CO<sub>2</sub>e.

Sedangkan untuk reduksi konsumsi bahan bakar dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut.

$$\Delta FC = FC_{\text{baseline}} - FC_{\text{proyek}} \quad (5)$$

Dimana FC adalah reduksi konsumsi bahan bakar yang didapat dari pengurangan antara konsumsi bahan bakar saat kondisi baseline dikurangi konsumsi bahan bakar saat proyek berjalan.

Tujuan dari kajian ini adalah untuk memberikan rekomendasi umum pelaksanaan skema DNS di Indonesia dan landasan kebijakan investasi sektor perhubungan khususnya transportasi perkotaan dengan menggunakan skema DNS. Selain, itu beberapa tujuan kajian yang sifatnya spesifik adalah (1) pengembangan metodologi evaluasi perbaikan lingkungan bagi investasi transportasi perkotaan dan (2) penyusunan kerangka kerja (*framework*) dan prosedur investasi dengan menggunakan skema DNS.

Dengan demikian, kajian dapat dimanfaatkan bagi pengambil keputusan pada tingkat nasional dan lokal (kota) dalam mengembangkan berbagai kebijakan, strategi, dan program investasi transportasi perkotaan.

Perhatian terhadap masalah transportasi perkotaan (*urban*), terutama efek transportasi dan perbaikan sistem transportasi terhadap lokasi kegiatan ekonomi perkotaan, akan memberikan suatu pengaruh utama pada perkembangan ekonomi perkotaan tersebut. Transportasi memiliki peran penting dalam

memobilisasi orang dan barang dari asal (*origin*) ke tujuan (*destination*). Peningkatan mobilitas dalam suatu kota tumbuh seiring dengan laju perekonomian kota tersebut atau dengan kata lain semakin maju suatu kota biasanya diikuti pula dengan semakin tingginya tingkat mobilitas penduduknya. Di satu sisi, hal ini memberikan dampak positif berupa kenaikan pendapatan masyarakat namun di sisi lain jika hal tersebut tidak dikendalikan pertumbuhannya, dapat membawa konsekuensi eksternalitas negatif yang berdampak luas bagi kehidupan manusia. Beberapa eksternalitas negatif yang termasuk dalam lingkup ini adalah (1) kecelakaan lalu lintas; (2) polusi udara lokal; (3) polusi udara global; (4) kongesti lalu lintas; (5) kebisingan; (6) efisiensi bahan bakar; (7) *equity*; dan; (8) pergeseran pemanfaatan guna lahan.

Dari eksternalitas negatif yang tersebutkan di atas terdapat beberapa yang memiliki kaitan yang sangat erat dengan masalah lingkungan yaitu: polusi udara lokal, polusi udara global, serta efisiensi konsumsi BBM. Perubahan-perubahan yang ditimbulkannya dapat bersifat lokal, nasional, maupun global, sehingga ketiga jenis perubahan lingkungan akibat aktivitas transportasi tersebut harus dilihat dampaknya secara holistik karena pada kenyataannya ketiganya tidaklah dapat dipisahkan satu sama lain.

Lebih lanjut perlu dipahami bahwa keterkaitan antara permasalahan lingkungan lokal dengan global sangat erat. Sebagai contoh

dampak langsung maupun tidak langsung atas polusi yang diproduksi oleh kendaraan. Rentang dampak mulai dari efek lokal (sebagai contoh, racun karbon monoksida, CO) ke efek regional (berkurangnya lapisan ozon, O<sub>3</sub>) dan efek nasional (*acid deposition*), hingga menuju ke efek global di mana karbon dioksida sebagai *green house gas* menyumbang terjadinya *climate change* yang tak dapat diubah kembali. Hal ini menjadi salah satu bukti bahwa kerusakan lingkungan global terkait dan berasal dari permasalahan yang bersifat lokal. Dengan demikian pemecahan masalah lingkungan global tidak terlepas dari pemecahan masalah lingkungan dalam tingkat lokal. Oleh karenanya dibutuhkan adanya paradigma pembangunan baru yang dapat mencegah kerusakan dan pencemaran lingkungan hidup sehingga tidak menjadi lebih parah lagi. Paradigma tersebut diharapkan dapat mengintegrasikan pertimbangan lingkungan dalam setiap kegiatan pembangunan. Pembangunan semacam ini sering disebut sebagai pembangunan yang berwawasan lingkungan atau pembangunan yang berkelanjutan.

### **Kegiatan Transportasi Perkotaan dan Perubahan Iklim Global**

Sektor transportasi dalam skala lokal masih menjadi primadona penyebab terbesar dalam pencemaran udara di daerah perkotaan (Agenda 21 Indonesia, Kantor Menteri Lingkungan Hidup, 1997). Dalam skala global, sektor transportasi, khususnya angkutan umum telah lama disadari sebagai

kontributor utama emisi gas rumah kaca yang meningkat sangat cepat terutama di kota-kota besar di Indonesia. Emisi gas rumah kaca dari sektor transportasi ini menjadi perhatian khusus karena pengukuran *end-of-pipe* yang efektif mengurangi polusi lokal, tidak dapat dilakukan untuk emisi gas rumah kaca ini. Pada tahun 1990, sektor transportasi berkontribusi sepertiga dari 125 miliar ton (gigatons, GT) emisi CO<sub>2</sub> di sektor energi, dan sebagian besar dikontribusi dari transportasi jalan. Sekitar 30 GT dari 35 GT total emisi dari sektor transportasi di Indonesia dihasilkan dari transportasi jalan.

Pada beberapa kota, emisi CO<sub>2</sub> dari sektor transportasi menunjukkan hasil yang bervariasi dan cukup dominan, emisi CO<sub>2</sub> di Yogyakarta mencapai 23%, Bogor mencapai 24%, Surabaya 15%, dan Semarang mencapai kisaran 32% (ICLEI, 2004). Lebih jauh nilai emisi CO<sub>2</sub>/kapita pada sektor transportasi di kota-kota anggota INDO-CCP Tahun 2004, disajikan pada tabel berikut.

Berdasarkan tesis yang dilakukan oleh Paul A. Barter, diketahui bahwa emisi CO<sub>2</sub>/kapita dari sektor transportasi pada tahun 1990 di Surabaya adalah 404 kg/kapita. Dari angka ini dapat dihitung emisi total CO<sub>2</sub> dari sektor transportasi tahun 1990 dengan mengalikan jumlah penduduk tahun 1990 (2.473.272 orang - Surabaya dalam Angka, 2002).

Angka di atas jika dibandingkan dengan hasil penelitian ICLEI, 2003 tidak berbeda, yaitu pada tahun 2004, CO<sub>2</sub> per

kapita di Surabaya adalah sekitar 0,6 ton/kapita. Berdasarkan data pertumbuhan penduduk sekitar 0,5% pertahun (Surabaya dalam Angka, 2002) dan pertumbuhan emisi CO<sub>2</sub> untuk sektor transportasi di Indonesia sekitar 3,4% per tahun (NSS on The CDM in Indonesia, *State Ministry of Environment, GTZ, NSS, 2001*) dapat diprediksi emisi CO<sub>2</sub> per kapita sampai tahun 2014 pada kondisi tanpa proyek.

Sementara itu jika dibandingkan dengan emisi CO<sub>2</sub>/kapita tahun 1990, Surabaya berada pada level terendah. Namun demikian dalam kurun waktu 14 tahun terjadi peningkatan emisi sebesar 0,2 ton atau 50% dari tahun 1990.

Sebagai akibat dari perluasan sektor transportasi, *energy demand* dan polusi udara yang dihasilkan dari sektor ini pun akan meningkat dengan cepat. Antara 1994 dan 1999, energi yang dikonsumsi oleh sektor transportasi secara keseluruhan meningkat dari 36,5% menjadi 40,1% dari produksi energi komersial di Indonesia (Dalimi *et al*, 2000). Di tahun-tahun mendatang, diperkirakan angkutan darat akan mengkonsumsi lebih dari setengah dari total energi yang dikonsumsi sektor transportasi. Harga bahan bakar yang disubsidi di Indonesia sangat tidak mendukung energi efisiensi. Laporan terakhir tentang harga dan pajak bahan bakar menyebutkan bahwa dengan US\$ 0,07 dan \$ 0,16 per liter, Indonesia telah menjadi negara dengan harga solar dan bensin yang paling murah di dunia. Tarif ini dibawah "before tax

retail prices at the pumps" yaitu \$ 0,18 dan \$ 0,21 per liter (Metschies, 1999).

Sebagian sebagai hasil dari tidak meratanya pembangunan ekonomi, urbanisasi juga mengakibatkan semakin meningkatnya kebutuhan energi. Diketahui di akhir 1995, 45 % dari 200 juta penduduk Indonesia hidup di perkotaan. Angka ini akan meningkat lebih dari setengahnya pada tahun 2020, jika tidak ada tindakan radikal untuk mengatasi masalah ini. Sebagai akibatnya, dampak transportasi perkotaan terhadap sosial dan lingkungan akan meningkat. Pada akhirnya, kontribusi emisi gas rumah kaca dan polutan lainnya dari sektor transportasi, khususnya darat, akan meningkat.

Kementerian Lingkungan Hidup telah memperkenalkan program lingkungan yaitu Program Langit Biru pada bulan Juli 1992 dan diluncurkan pada bulan Agustus 1996 (di 4 propinsi). Kegiatan pertama dari program ini adalah pemasangan alat monitor kualitas udara di daerah yang berpartisipasi. Sebagai bagian dari program, sektor perhubungan darat telah membuat suatu dokumen berjudul Penyelenggaraan Transportasi Darat Berwawasan Lingkungan. Beberapa program kegiatan telah diagendakan, termasuk penggunaan bis LNG, transportasi menggunakan kereta listrik di kota-kota besar, penggunaan ATCS (*Automated Traffic Control System*) di kota-kota besar, dan penerapan *catalytic converter*, teknologi 16 dan 24 valve juga pengurangan jumlah kendaraan dua langkah. Adanya penundaan

selama 4 tahun untuk melaksanakan program ini dan lambatnya implementasi dari program yang diagendakan menunjukkan masih banyak usaha yang dibutuhkan untuk memperkenalkan dan mengimplementasikan konsep “*green mobility*”.

Mengingat dampak dari perubahan iklim global, dunia telah merespon dengan mengadakan pertemuan-pertemuan internasional salah satunya adalah Protokol Kyoto. Protokol Kyoto, 1997 menetapkan kewajiban yang mengikat terhadap negara-negara maju (Annex I) untuk mengurangi enam emisi gas rumah kaca sebesar 5.0% dibawah tingkat tahun 1990 pada tahun 2008-2012.

Bagian penting dari protokol tersebut yaitu pada periode komitmen lima tahun, bukan pada penentuan target selama se-tahun. Pada Pasal 10 Protokol Kyoto, disebutkan “Semua pihak, dengan hak yang sama namun dengan kewajiban yang berbeda, harus memformulasi, menerapkan, memperkenalkan dan memperbaharui pro-gram termasuk tindakan-tindakan untuk mengurangi, dan mengadaptasi perubahan iklim, melingkupi sektor energi, industri dan transportasi. Semua pihak juga harus mengembangkan dan memperkenalkan modalitas untuk teknologi yang berwawasan lingkungan”.

Sebagai respon terhadap perubahan iklim global, Pemerintah Indonesia telah meratifikasi Protokol Kyoto melalui Undang-Undang RI Nomor 17 Tahun 2004 ini tentang *Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate*

*Change* (Protokol Kyoto atas Konvensi Kerangka Kerja Perserikatan Bangsa-bangsa tentang Perubahan Iklim. UU ini disahkan pada tanggal 28 Juli 2004, dengan Lembaran Negara RI Tahun 2004 Nomor 72. Indonesia sendiri merupakan negara ke-124, setelah Aljazair yang melakukan ratifikasi, sementara di ASEAN, saat ini tinggal Singapura dan Brunei Darussalam yang belum meratifikasinya.

Dengan konsumsi bahan bakar per hari 35,68 liter atau 28,544kg solar (Berat jenis solar = 0,8kg/l) dan *lower heating value* = 42,5 MJ/kg, energi yang digunakan sebesar 1.213,12 MJ/hari.

Emisi GRK kemudian dihitung dengan menggunakan Formula 2. Ini termasuk emisi dari CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O dan CH<sub>4</sub>. Faktor emisi dari GRK tersebut untuk solar secara berurutan adalah: 73,9320; 0,186 dan 0,105kg GHG/GJ.

Emisi GRK pada tahun dimana survei dilakukan, E1 = 5.148 ton CO<sub>2</sub>e. Skenario ini akan dipakai sampai tahun 2006. Karena umur rata-rata bis adalah 20 tahun, penurunan efisiensi mesin dari tahun ke 21 ke 24 diasumsikan akan lebih cepat dibandingkan saat 20 tahun pertama. Perkiraan degradasi sebesar 8% dalam 4 tahun, dengan umur rata-rata 20 tahun, dimulai pada tahun saat *baseline* ditentukan (2002) ditambah 2 tahun operasi sebelum proyek berjalan (2003-2004). E2 = 1,08 x E1 = 1,08 x 5.148 = 5.596 ton CO<sub>2</sub>e.

Sama dengan perhitungan emisi saat proyek, tingkat penurunan tiap tahun diasumsikan sama, yaitu E2 – E1 dibagi dengan 4 =

111,93 ton. Dengan menggunakan Formula 4 dan 3 secara berurutan, maka total emisi GRK untuk skenario pertama ini adalah = 11.081 ton CO<sub>2</sub>e.

**Baseline 2007-2011**

*Fuel economy* dari bis berusia 10 tahun diasumsikan 6,3 km/l (sesuai dengan studi yang dilakukan oleh Isuzu, bis baru berbahan bakar solar mempunyai *fuel economy* sekitar 6 sampai 7km/l). Setelah dikonversi menjadi konsumsi bahan bakar, nilai tersebut digunakan untuk mendapatkan emisi GRK dengan menggunakan Formula 1 dan 2 secara berurutan. Emisi pada tahun pertama operasi = 5.083,5 ton CO<sub>2</sub>e.

Dengan teori yang sama dengan skenario pertama, emisi saat akhir proyek atau setelah 10 tahun beroperasi adalah 5.351 ton CO<sub>2</sub>e. Asumsi penurunan efisiensi mesin adalah 5% selama 5 tahun. Emisi total dari tahun 2007 sampai 2011 atau tahun ke-3 sampai ke-7 adalah 26.086 ton CO<sub>2</sub>e. Emisi total dari kedua skenario adalah 11,080+26,086 to CO<sub>2</sub>e= 37,167 ton CO<sub>2</sub>e.

Selisih antara emisi saat proyek dan sebelum proyek adalah reduksi emisi yang dihasilkan, yaitu ER = (37.167 – 34.200) ton CO<sub>2</sub>e= 2.967 ton CO<sub>2</sub>e atau 8% selama masa proyek 7 tahun (2005-2011) sebagaimana ditunjukkan Tabel 3.

Selain menghitung reduksi emisi, YUP-TA pada tahun 2002 juga telah menghitung kelayakan finansial pelaksanaan proyek, dengan skenario tanpa adanya kenaikan bahan bakar LPG dan kenaikan LPG. Setelah

Tabel 3. Reduksi Emisi dalam 7 Tahun (ton CO<sub>2</sub>e)

n (tahun)	Baseline (ton CO <sub>2</sub> e)	Saat proyek (ton CO <sub>2</sub> e)	Reduksi Emisi (ton CO <sub>2</sub> e)
1	5.484,43	4.766,47	717,96
2	5.596,36	4.806,19	790,17
3	5.083,51	4.845,91	237,60
4	5.150,40	4.885,63	264,77
5	5.217,30	4.925,35	291,93
6	5.284,17	4.965,07	319,10
7	5.351,06	5.004,79	346,27
Total	37.167	34.200	2.967

Sumber: Analisis Data Survei, YUPTA 2003

dilakukan analisis, dengan menggunakan bis LPG baru tanpa adanya kenaikan harga LPG menghasilkan nilai NPV (*net present value*) sebesar Rp. 18.518.582, sementara saat ini dengan adanya kenaikan harga bahan bakar LPG, menghasilkan NPV sebesar (-) Rp. 58.17.169. Nilai NPV menunjukkan hasil positif sebesar Rp. 100.051.666 jika tarif bis dinaikkan 25% dari tarif yang berlaku saat ini.

Disamping itu, YUPTA mengusulkan adanya pembenahan sistem manajemen operasional bis yang tadinya menggunakan sistem setoran menjadi sistem penggajian. Namun seperti yang telah dijelaskan di atas, karena pengurangan gas rumah kaca relatif sedikit, sehingga hasil penjualannya juga relatif kecil, maka proyek ini tidak bias dilaksanakan dengan CDM mengingat biaya validasi dan ketentuan lain dalam CDM memerlukan biaya yang cukup tinggi. Seperti yang telah dijelaskan di atas, dengan peremajaan ini, YUPTA telah memikirkan

bahwa bus lama akan di *scrap*, sehingga tidak akan beroperasi kembali.

## KESIMPULAN

Tingkat penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) tiap tahun dalam mengganti minyak solar dengan LPG sebesar 111,93 ton, maka total penurunan emisi GRK = 11.081 ton CO<sub>2</sub>e.

Manfaat finansial penggunaan LPG menghasilkan nilai NPV sebesar Rp. 18.518.582, jika ada kenaikan harga bahan bakar LPG, menghasilkan NPV sebesar (-) Rp. 58.17.169. Nilai NPV menunjukkan hasil positif sebesar Rp. 100.051.666 jika tarif bus dinaikkan 25% dari tarif yang berlaku saat ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Dalimi, R., et al., 2000. *Indonesia 2000: Energy outlook & statistics*. Jakarta: Ministry of Mining and Energy.
- GTZ. 2001. National Strategy Study on CDM, *SME-GTZ*, pp. xxii.
- HMSO. 1988. *calculation of road traffic noise*. Welsh Office, London: Department of Transport.

ICLEI. 2004. *Final report INDO-CCP ICLEI*. Jakarta.

Jefrianto. 2003. Pembiayaan angkutan umum dengan menggunakan mekanisme pembangunan bersih (CDM) (Studi kasus Bus Kopata). *Tesis*. UGM: MSTT.

Kantor Menteri Lingkungan Negara Hidup. 1997. *Agenda 21 Indonesia*. Jakarta: Kantor Menteri Negera Lingkungan Hidup.

Metschies, G.P. 1999. *Fuel prices and taxation*. Eschborn: GTZ.

Parikesit, D. 2003. *Integrated rural accessibility planning: CD ROM (in Indonesian)*. Yogyakarta: Civil Engineering Department, UGM.

Peraturan Daerah Propinsi DIY No. 10/2001 tentang Penyelenggaraan Angkutan Orang di Jalan dengan Kendaraan Umum di Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.

World Bank. 2003. *Averting infrastructure crisis*.

YUPTA. 2003. *Project design document*. Yogyakarta-unpublish CDM PDD. Yogyakarta: YUPTA.