

## STUDI EFEK PENGGUNAAN BIODIESEL TERHADAP EMISI PADA SEKTOR TRANSPORTASI DI JAKARTA

Soni S. Wirawan<sup>1</sup>, Armansyah H. Tambunan<sup>2</sup>, Martin Djamin<sup>3</sup>, Hiroshi Nabetani<sup>4</sup>, dan Arief Sabdo Yuwono<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Peneliti di BRDST – BPPT, Mahasiswa S3 di IPB

<sup>2</sup>Professor di Departemen Teknik Pertanian IPB

<sup>3</sup>Staf Ahli Menteri Negara Riset dan Teknologi

<sup>4</sup>Professor di University of Tokyo, Jepang

<sup>5</sup>Dosen di Departemen Teknik Pertanian IPB

### **Abstract**

*Biodiesel has been proven by world wide numerous studies as an environmental friendly alternative diesel fuel. Biodiesel is essentially sulfur free. Engines fueled by biodiesel emit significantly fewer particulates, hydrocarbons and less carbon monoxide than that operating conventional diesel fuel. The maximum utilization of biodiesel in Indonesia could improve the air quality level in major cities especially in Jakarta. The objective of this study is to assess the effect of biodiesel utilization in transportation sector to the air pollution level in Jakarta. The targeted emission in the study are carbon monoxide (CO), nitrogen oxides (NOx), hydrocarbons (HC), sulfur oxides (SOx) and particulate matter (PM) from vehicle sources. The scenarios used in this study are the utilization of B10 in 2010 and increased to B20 in 2015, B30 in 2020 and B50 in 2025 as an automotive diesel fuel substitution in Jakarta. The result showed that the utilization of biodiesel could improve the air quality level in Jakarta, especially on SO<sub>2</sub> and PM emission. By using B10 in 2010, the emission of SO<sub>2</sub> and PM will decrease 7,95% (2.070 ton) and 15,62% (1.680 ton) respectively compared to utilizing of pure fossil automotive diesel oil. The highest emission improvement was shown on B50 in 2025 scenario. The reduction of SO<sub>2</sub> and PM was reached 35,69% (16.660 ton) and 23,21% (4.360 ton) respectively.*

**Keywords:** *biodiesel, emission, air quality*

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Biodiesel adalah bahan bakar yang berupa senyawa ester alkil asam-asam lemak atau *fatty acid alkyl ester*. Biodiesel dapat dihasilkan melalui proses transesterifikasi/esterifikasi yaitu proses

reaksi antara minyak nabati dengan alkohol. Karena sifatnya yang setara dengan minyak mesin diesel maka campuran biodiesel hingga komposisi tertentu dapat digunakan langsung tanpa perlu mengubah kondisi

mesin dan infrastruktur distribusi Stasiun Pengisian Bahan-Bakar Umum (SPBU) yang telah ada. Sesuai dengan SK Ditjen Migas No. 3675K/24/DJM/2006 tanggal 17 Maret 2006, saat ini biodiesel sudah dapat dijual secara komersial dalam bentuk campuran dengan komposisi kandungan biodiesel maksimum sebesar 10% dan 90% minyak solar (B10). Komposisi campuran biodiesel ini secara bertahap akan ditingkatkan sejalan dengan kesiapan industri otomotif dan ketersediaan suplai produk biodiesel di SPBU. Biodiesel murni (B100) dapat digunakan pada kendaraan mesin diesel dengan sedikit modifikasi yaitu dengan mengganti saluran bahan bakar dan komponen yang bersentuhan langsung dengan bahan bakar, seperti penggantian *seal* dari bahan karet alam menjadi bahan karet sintesis.

Tingkat polusi udara yang terus meningkat di perkotaan merupakan masalah yang serius. Salah satu faktor yang sangat besar pengaruhnya adalah penggunaan energi di sektor transportasi. Penggunaan energi ini akan menimbulkan dampak lingkungan yang dapat berupa emisi SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, hidrokarbon, dan partikel. Setiap jenis kendaraan mempunyai dampak yang berbeda sesuai dengan koefisien emisinya. Penggunaan biodiesel diharapkan dapat mengurangi masalah emisi di kota-kota besar. Karena terbuat dari bahan biologik, maka kandungan sulfur pada biodiesel sangat rendah, emisi gas buang lebih rendah dari emisi bahan bakar fosil dan lebih mudah terurai (*biodegradable*).

Pemerintah Indonesia saat ini terus berusaha mengurangi tingkat polusi udara melalui berbagai kebijakan yang dikeluarkan, diantaranya dengan mendorong penggunaan bahan bakar alternatif yang lebih ramah lingkungan seperti bahan bakar gas (BBG) dan bahan bakar nabati (BBN). Mengingat biodiesel sebagai salah satu jenis BBN yang ramah lingkungan dan dalam rangka mendukung program pemerintah terkait dengan

pengembangan BBN yang telah dituangkan melalui Peraturan Presiden No.5 Tahun 2006 tentang kebijakan energi nasional dan Instruksi Presiden No.1 Tahun 2006 tentang penyediaan dan pemanfaatan BBN sebagai bahan bakar lain, maka perlu dikaji pemanfaatannya dalam menurunkan emisi bila digunakan sebagai opsi untuk masa datang.

## 1.2 Tujuan

Tujuan dari dilakukannya studi ini adalah untuk mengkaji prospek pemanfaatan biodiesel sebagai energi alternatif dalam menurunkan emisi di kota Jakarta untuk jangka panjang. Dari studi ini akan diketahui besarnya angka penurunan emisi untuk masing-masing polutan sebagai efek digunakannya bahan bakar biodiesel sebagai campuran, dibandingkan dengan penggunaan bahan bakar solar murni. Lebih lanjut hasil dari studi ini dapat digunakan sebagai referensi dan rekomendasi instansi yang berwenang dalam menyusun kebijakan dan peraturan pemerintah terkait penggunaan BBN pada umumnya dan biodiesel pada khususnya.

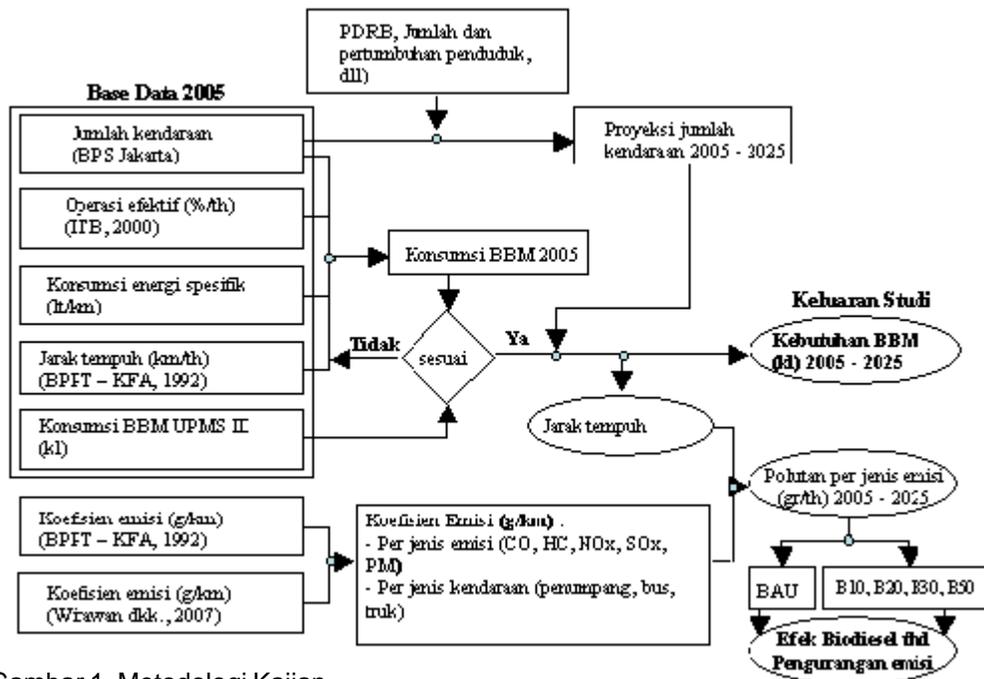
## 2. METODOLOGI

Studi ini dilakukan melalui metodologi kuantitatif dan kualitatif. Studi kuantitatif dilakukan dengan berdasarkan pada pengukuran dan pengumpulan data sekunder. Studi kualitatif dilakukan melalui studi literatur untuk memperoleh informasi awal tentang penggunaan energi di kota Jakarta serta emisi yang ditimbulkan karena penggunaan energi di sektor transportasi. Dari hasil pengolahan data dan studi literatur selanjutnya dibuat model untuk menganalisis dampak penggunaan biodiesel terhadap pengurangan emisi di sektor transportasi di kota Jakarta. Emisi yang akan dipertimbangkan meliputi:

- Karbon monoksida (CO)
- Nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>)

- Hidrokarbon (HC)
- Sulfur oksida (SO<sub>x</sub>), dan
- Partikel (PM)

Secara garis besar metodologi kajian ditunjukkan pada Gambar 1



Gambar 1. Metodologi Kajian

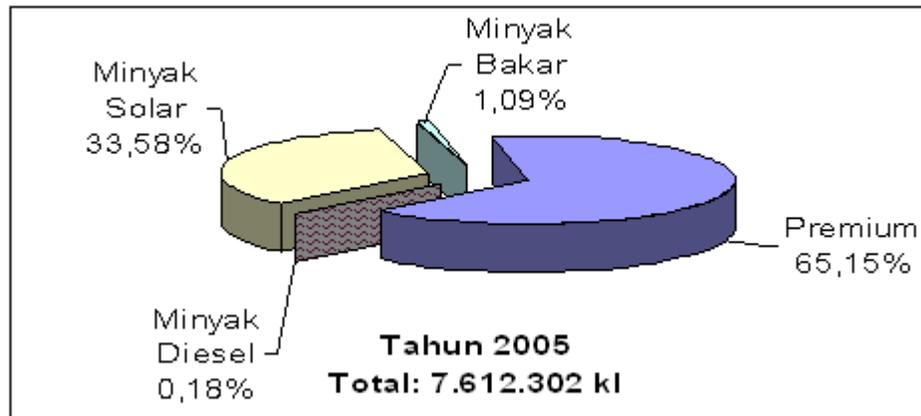
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Penggunaan BBM untuk Transportasi di Jakarta

DKI Jakarta sangat tergantung pada sumber energi minyak bumi yang berupa BBM. Pada tahun 2005 konsumsi BBM, yang terdiri dari bensin, minyak solar, dan minyak tanah mencapai sekitar 68% dari total konsumsi energi. Data penggunaan BBM di sektor transportasi di DKI Jakarta tidak tersedia secara langsung, sehingga diperkirakan berdasarkan data penjualan BBM dari PT. Pertamina Unit Pemasaran (UPMS) III (meliputi 3 propinsi yaitu DKI Jakarta, Jawa Barat dan Banten), data jumlah dan pertumbuhan kendaraan bermotor di DKI Jakarta untuk tahun 2000 – 2005 yang diambil dari data statistik BPS

DKI Jakarta<sup>1)</sup> dan data perbandingan antara pangsa Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) per kapita DKI Jakarta dengan data PDRB per kapita wilayah lain di UPMS III, yaitu Banten dan Jawa Barat. PDRB per kapita DKI Jakarta pada tahun 2005 mencapai 48,25 juta rupiah per kapita sedangkan Banten dan Jawa Barat sebesar 9,45 juta rupiah per kapita. Berdasarkan perbandingan PDRB tersebut, diperkirakan bahwa pangsa penggunaan energi DKI Jakarta mencapai 83% dari total penggunaan di UPMS III. Dengan asumsi bahwa komposisi penggunaan jenis-jenis bahan bakar untuk transportasi di tiga

wilayah UPMS II adalah sama, maka 83% dari masing-masing komposisi tersebut merupakan konsumsi di DKI Jakarta, seperti ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Perkiraan Penggunaan Energi di Sektor Transportasi DKI Jakarta

### 3.2 Pertumbuhan Konsumsi Energi Untuk Masing-Masing Jenis Kendaraan

1. Model untuk Bus
2. Model untuk Mobil Beban
3. Model untuk Mobil Penumpang
4. Model untuk Sepeda Motor

#### 3.2.1 Pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan 4 jenis model berdasarkan analisis regresi untuk 31 negara yang dilakukan oleh BPPT dan KFA, Jerman<sup>2)</sup>, yaitu:

Masing-masing model mempunyai rumus yang spesifik sesuai dengan hasil analisis regresi dan tergantung pada data pertumbuhan PDB, laju pertumbuhan nilai barang dan data lain terkait dengan faktor koreksi pertumbuhan untuk setiap jenis kendaraan seperti ditunjukkan dalam persamaan 1 (contoh persamaan untuk menghitung pertumbuhan mobil penumpang):

$$RVC_t = RVC_{t-1} (1 + KORC_t) \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

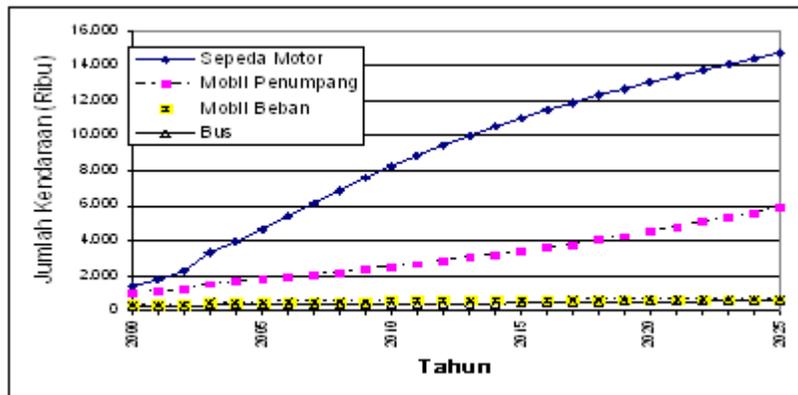
$$KORC_t = ACA * EXP (-BCA * (t-1)) + GC_{t-1} * CCA$$

- RVC : Mobil penumpang terdaftar per kapita
- KORC : Faktor koreksi pertumbuhan mobil penumpang
- t : tahun ke
- GC : Pertumbuhan PDB/kapita
- ACA : Faktor untuk mengatur nilai pertumbuhan awal
- BCA : Faktor kecepatan untuk mencapai pertumbuhan final
- CCA : Pengali untuk pertumbuhan akhir

Berdasarkan data pertumbuhan kendaraan hingga tahun 2005 yang sudah tersedia, maka dapat dibuat proyeksi jumlah kendaraan bermotor sampai tahun 2025 untuk masing-masing jenis kendaraan di DKI Jakarta seperti ditampilkan pada Gambar 3.

Mobil penumpang dan sepeda motor merupakan kendaraan yang paling tinggi pertumbuhannya, masing-masing sebesar 6,24% dan 5,94% per tahun. Sedangkan untuk bus dan truk masing-masing hanya

tumbuh sebesar 3,44% dan 1,67% per tahun. Sepeda motor meningkat dari 4,647 juta pada tahun 2005 menjadi 14,745 juta unit pada tahun 2025. Mobil penumpang meningkat dari 1,767 juta kendaraan pada tahun 2005 menjadi 5,933 juta pada tahun 2025. Sedangkan bus dan mobil beban relatif kecil peningkatannya yaitu masing-masing dari 317 ribu dan 500 ribu pada tahun 2005 menjadi 623 ribu dan 696 ribu pada tahun 2025.



Gambar 3. Data dan Proyeksi Kendaraan Bermotor di Jakarta

### 3.2.2 Proyeksi penggunaan energi untuk setiap kendaraan bermotor

Sebelum membuat proyeksi penggunaan energi untuk setiap jenis kendaraan bermotor, perlu diketahui terlebih dahulu data penggunaan bahan bakar, konsumsi energi spesifik, dan jarak tempuh dalam satu tahun untuk masing-masing jenis kendaraan tersebut.

RPC<sup>3)</sup> melakukan survei penggunaan energi untuk kendaraan bermotor di wilayah DKI Jakarta dan Surabaya, masing-masing wilayah meliputi 150 responden untuk kendaraan penumpang pribadi, 90 responden untuk kendaraan penumpang umum, dan 60 responden untuk kendaraan angkutan barang. BPPT- KFA<sup>4)</sup> juga telah melakukan survei penggunaan energi dan menentukan jarak tempuh dan konsumsi energi spesifik untuk masing-masing kendaraan bermotor.

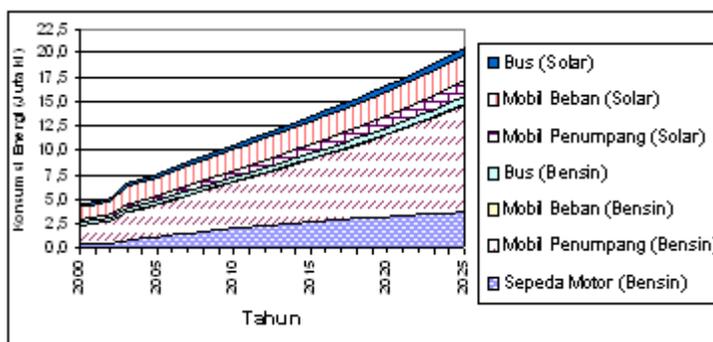
Tidak semua kendaraan yang terdaftar beroperasi setiap hari. Studi yang dilakukan ITB<sup>5)</sup> menunjukkan bahwa kendaraan roda tiga mempunyai operasi efektif dalam 1 tahun paling besar yaitu sebesar 82%. Sedangkan yang beroperasi efektif paling rendah adalah truk besar yaitu sebesar 23%. Data konsumsi energi spesifik (km/lit), jarak tempuh (km/th) dan operasi efektif tahunan (%) yang akan digunakan dalam studi ini ditampilkan dalam Tabel 1.

Berdasarkan data-data tersebut di atas dapat dihitung perkiraan proyeksi konsumsi energi untuk masing-masing jenis kendaraan seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Penggunaan bensin terus mendominasi selama periode analisis, terutama digunakan untuk mobil penumpang. Sedangkan minyak solar kebanyakan digunakan untuk mobil penumpang dan mobil beban.

Tabel 1. Konsumsi Energi Spesifik, jarak tempuh dan operasi efektif tahunan

Jenis Kendaraan			Jarak Tempuh (km/th)	Konsumsi Energi Spesifik (km/l)	Operasi Efektif Tahunan (%)
Mobil Penumpang	Pribadi	Bensin	15.379	8,48	55
		Solar	20.429	8,80	41
	Umum	Bensin	101.307	9,19	55
		Solar	113.400	16,00	41
Bus	Bus Kecil dan Sedang	Bensin	39.979	8,81	60
		Solar	39.338	8,45	60
	Bus Besar	Solar	42.985	5,92	29
Truk	Truk Kecil	Bensin	20.563	12,33	41
		Solar	19.380	9,40	41
	Truk Sedang	Solar	69.800	6,60	27
		Truk Besar	Solar	121.176	6,32
Sepeda Motor		Bensin	20.706	37,59	64

Sumber: Diadaptasi dari BPPT-KFA (1992), ITB (2001) dan RPC (2006)



Gambar 4. Proyeksi Permintaan Energi Skenario BAU

### 3.3 Proyeksi Emisi Skenario Business as Usual (BAU)

Besarnya emisi yang dihasilkan dihitung berdasarkan jarak tempuh setiap kendaraan dalam satu tahun dan koefisien emisi untuk setiap jenis dan bahan bakar yang digunakan. Data koefisien emisi untuk kendaraan bermotor dengan bahan bakar bensin dan solar diperoleh dari survey yang dilakukan BPPT-KFA<sup>6)</sup>, sedangkan untuk kendaraan berbahan bakar biodiesel diambil dari data berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan oleh Wirawan dkk. tahun 2005<sup>7)</sup> dan hasil pengukuran emisi kendaraan penumpang yang dilakukan oleh Wirawan dkk. tahun 2007<sup>8)</sup>.

Pada Tabel 2 ditunjukkan data koefisien emisi dari berbagai kendaraan bermotor hasil analisis dan perhitungan dengan menggunakan tiga sumber data tersebut.

Pengukuran emisi untuk penggunaan biodiesel hanya dilakukan pada jenis mobil penumpang, sedangkan emisi penggunaan biodiesel untuk kendaraan jenis lain dianggap proporsional terhadap perbandingan emisi antara *Automotive Diesel Oil* (ADO) jenis kendaraan berangkutan terhadap mobil penumpang. Berdasarkan perhitungan diperoleh total besarnya emisi untuk setiap jenis emisi seperti ditunjukkan pada Gambar 5. Emisi CO merupakan emisi utama pada kendaraan bermotor diikuti oleh emisi NO<sub>x</sub> dan HC. Sedangkan emisi SO<sub>2</sub> dan partikel (PM - *Particulate Matter*) meskipun relatif kecil jumlahnya bila dibandingkan dengan emisi lainnya, namun dampak terhadap kesehatan manusia cukup besar. Sehingga emisi SO<sub>2</sub> dan PM perlu juga mendapat perhatian dalam rangka mengurangi emisi sektor transportasi.

Tabel 2. Koefisien Emisi Kendaraan Bermotor Yang Dianalisis

Jenis kendaraan	Jenis bahan bakar	Kefisien Emisi (g/km)				
		CO	NOx	HC	SO <sub>2</sub>	PM
Mobil penumpang	Gasoline	4,373	3,939	0,448	0,060	0,000
	ADO	0,876	1,167	0,121	0,860	0,176
	B10	0,831	1,107	0,106	0,774	0,108
	B20	0,790	1,140	0,060	0,688	0,095
	B30	0,710	1,080	0,050	0,602	0,090
Truk besar	B50	0,660	1,030	0,040	0,430	0,070
	ADO	0,427	6,236	0,290	1,280	0,264
	B10	0,405	5,916	0,255	1,152	0,162
	B20	0,385	6,092	0,144	1,024	0,143
	B30	0,810	5,771	0,120	0,896	0,135
Bus besar	B50	0,322	5,504	0,096	0,640	0,105
	ADO	0,437	9,632	0,290	1,290	0,274
	B10	0,415	9,137	0,255	1,161	0,168
	B20	0,394	9,410	0,144	1,032	0,148
	B30	0,810	8,914	0,120	0,903	0,140
Bus dan Truk kecil	B50	0,329	8,502	0,096	0,645	0,109
	Gasoline	6,601	4,927	0,786	0,090	0,000
	ADO	0,905	1,371	0,465	1,020	0,235
	B10	0,858	1,300	0,409	0,918	0,144
	B20	0,816	1,339	0,230	0,816	0,127
Motor	B30	0,733	1,269	0,192	0,714	0,120
	B50	0,682	1,210	0,154	0,510	0,093
	Gasoline	3,267	0,123	0,733	0,030	0,059

Diolah dari: BPPT-KFA (1992a), Wirawan dkk. (2005) dan Wirawan dkk. (2007)

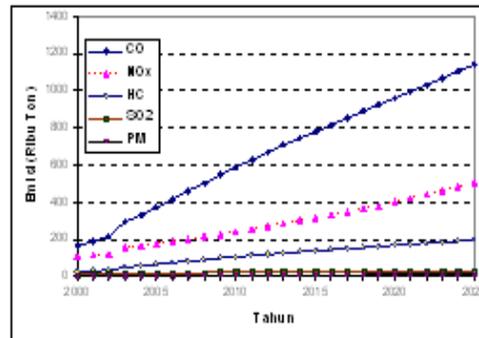
### 3.4 Proyeksi Emisi Skenario B10, B20, B30 dan B50

Penggunaan biodiesel merupakan upaya untuk mengurangi emisi yang ditimbulkan. Pada kajian ini ditentukan skenario B10 sesuai dengan peraturan (SK Ditjen Migas No. 3675K/24/DJM/2006). Penggunaan B10 di kota Jakarta dilakukan secara bertahap, dengan asumsi bahwa seluruh kendaraan berbahan bakar solar sudah menggunakan B10 pada tahun 2010. Sebagai pembandingan dibuat beberapa skenario lain yaitu penggunaan B20 pada tahun 2015, B30 pada tahun 2020 dan B50 pada tahun 2025. Gambar 6 menunjukkan proyeksi emisi kendaraan dengan skenario biodiesel.

Hasil perhitungan emisi secara total menunjukkan perbedaan antara Skenario B10, B20, B30 dan B50 dengan Skenario BAU, terutama pengurangan yang cukup

signifikan terlihat untuk emisi SO<sub>2</sub> dan PM untuk tahun 2010 dan 2025, seperti ditunjukkan dalam Tabel 3.

Gambar 5. Proyeksi Emisi Skenario BAU



Gambar 6. Proyeksi Emisi Kendaraan Skenario Biodiesel

Tabel 3. Perbandingan Besaran Emisi Skenario BAU dengan biodiesel

Emisi (ribu ton/th)	BAU	B10 (2010)		B50 (2025)		
		B10	Pengurangan (%)	BAU	B50	Pengurangan (%)
CO	591,64	590,71	0,16	1152,50	1145,06	0,65
NOx	243,80	241,80	0,82	517,05	509,48	1,47
HC	108,87	108,11	0,70	202,47	196,59	2,91
SO2	26,09	24,01	7,95	46,68	30,01	35,69
PM	10,73	9,05	15,62	18,79	14,43	23,21

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

##### 4.1 Kesimpulan

Secara umum penggunaan biodiesel akan menurunkan kadar emisi gas buang. Emisi gas buang menurun secara konsisten dengan kadar campuran biodiesel yang semakin besar, namun demikian karakteristiknya bervariasi tergantung dari jenis emisinya. Penurunan kadar emisi paling signifikan dengan digunakannya biodiesel terjadi pada emisi SO<sub>2</sub> dan PM. Untuk Skenario penggunaan B10 pada tahun 2010 pada total penggunaan minyak solar untuk transportasi di DKI Jakarta, akan dapat mengurangi emisi SO<sub>2</sub> sekitar 7,9% (2.070 ton) dan partikel sekitar 15,62% (1.680 ton). Sedangkan dengan skenario penggunaan B50 di tahun 2025 akan diperoleh pengurangan emisi SO<sub>2</sub> sekitar 35,69% (16.660 ton) dan partikel sekitar 23,21% (4.360 ton). Perkiraan besaran pengurangan emisi tersebut dapat dikatakan cukup signifikan apabila dibandingkan dengan data beban emisi di DKI Jakarta pada tahun 1998 yang menunjukkan angka 5.774 ton untuk emisi SO<sub>2</sub> dan 6.156 ton untuk PM<sup>9</sup>).

##### 4.2 Saran

Data penurunan emisi pada studi ini didasarkan pada data koefisien emisi yang disetarakan pada hasil pengukuran koefisien emisi pada mobil penumpang. Perhitungan lebih presisi masih perlu dilakukan dengan mengukur, menghitung atau dengan asumsi

yang lebih rinci untuk sumber emisi dari berbagai jenis kendaraan bermotor, baik yang menggunakan bahan bakar bensin, minyak solar maupun biodiesel. Jumlah dan variasi teknologi kendaraan bermotor yang diukur emisinya juga bisa diperbanyak agar diperoleh angka yang secara statistik dapat lebih dipertanggungjawabkan.

##### DAFTAR PUSTAKA

1. Katalog BPS:1403.31. 2007. Jakarta dalam Angka. Badan Pusat Statistik Provinsi DKI Jakarta.
2. BPPT-KFA. 1988. *Energy Strategies, Energy R&D Strategies and Technology Assessment: Energy Demand*, Final Report on Methodology and Data. September 1988.
3. RPC. 2006. Survei Pemakaian Bahan Bakar Kendaraan Bermotor di Jakarta dan Surabaya. Laporan *Resource Productivity Center* untuk Pusat Data dan Informasi. Departemen Energi dan Sumberdaya Mineral. Jakarta.
4. BPPT-KFA. 1992. *Environmental Impact of Energy Strategies for Indonesia: Air Quality Model for the Traffic Sector, Data, Modeling and Result*. March 1992.
5. ITB. 2001. *Study on the Assessment of Fuel Consumption in Indonesia on 2002*. Final Report. Institut Teknologi Bandung.

6. BPPT-KFA. 1992a. *Environmental Impact of Energy Strategies for Indonesia: Assessment of the Emission Coefficient of the Traffic Sector in Jawa*, Data Report. January 1992.
7. Wirawan, S.S. Nuramin, M. dan Shalikhah, M.D. 2005. Laporan Road Test 20.000 km dengan Menggunakan Bahan Bakar B30, BPPT. Jakarta.
8. Wirawan, S.S. Tambunan, A.H. Djamin, M. and Nabetani, H. 2008. *The Effect of Palm Biodiesel Fuel on the Performance and Emission of the Automotive Diesel Engine*. Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Manuscript EE 07 005. Vol. X. April. 2008.
9. Syahril, S. Resosudarmo, B.P. and Tomo, H.S. 2002. *Study on Air Quality: Future Trends, Health Impacts, Economic Value and Policy Options*. Asian Development Bank.