

---

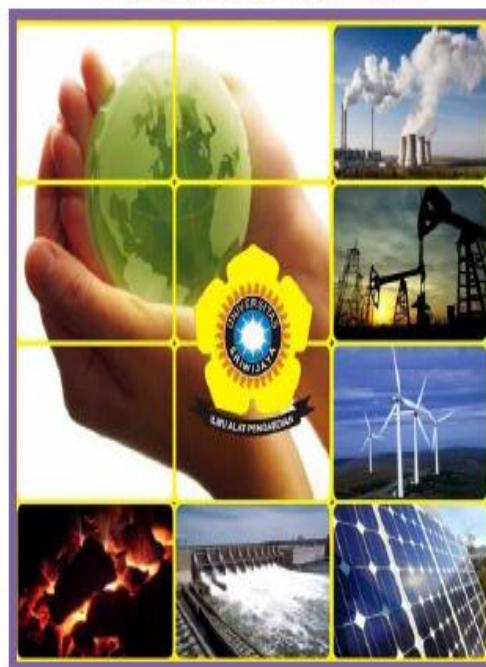
# PROSIDING



SEMINAR NASIONAL  
AVoER IV Tahun 2012



Universitas Sriwijaya  
Fakultas Teknik



Gedung Serba Guna Program PascaSarjana  
Jl. Sriwijaya Negara Kampus UNSRI Bukit Pesar Palembang  
Rabu-Kamis/28 - 29 November 2012

---

## Abstrak

Jumlah penduduk yang tinggi dapat mengakibatkan masalah lingkungan di perkotaan khususnya pada kualitas udara. Kualitas udara ini dipengaruhi oleh adanya industri, transportasi, maupun oleh rumah tangga dan perkantoran. Kota Jakarta sebagai obyek studi dipilih karena sebagai Ibu kota Negara memiliki beragam fungsi dan kegiatan. Jumlah penduduk berdasarkan hasil sensus tahun 2010, penduduk Jakarta telah mencapai 9.588.198 jiwa, pada siang hari jumlah penduduk dapat bertambah sekitar 2,5 juta jiwa yang merupakan warga *commuter*. Pada tahun 2010 jumlah kendaraan di jakarta mencapai 11.362.396 unit kendaraan. Terdiri dari 8.244.346 unit kendaraan roda dua dan 3.118.050 unit kendaraan roda empat. Jumlah kendaraan pada pagi dan siang hari akan bertambah besar jumlahnya mengingat banyak warga sekitar kota Jakarta (Bogor, Tanggerang, bekasi ) bekerja di Jakarta, indikasi ini terlihat dengan mengularnya kendaraan yang masuk Jakarta melalui jalan Tol, menurut Polda Metro Jaya jumlahnya mencapai 70 ribu kendaraan. Kendaraan yang berlalu lalang di jalan-jalan Jakarta sebanyak 98 % adalah kendaraan pribadi, Menurut Ernawi (2011), pada tahun 2005, sektor transportasi bertanggungjawab atas 20.7% dari keseluruhan emisi CO2 Indonesia ke atmosfir. Dalam kelompok sektor energi, transportasi menduduki urutan ketiga dengan kontribusi sebesar 23% dari emisi total, dibawah sektor industri (37%) dan sektor pembangkit listrik (27%), namun berada diatas sektor permukiman (9%) dan lain-lain (4%). Apabila dilihat lebih jauh, 90.7% emisi karbon dilepaskan dari sektor transportasi jalan, jauh berada diatas emisi transportasi lainnya : transportasi air (6.9%), transportasi udara (2.4%) dan kereta api (0.1%). Fakta ini menunjukkan adanya ketergantungan yang sangat besar dalam pilihan moda transportasi masyarakat pada kendaraan bermotor pribadi untuk menunjang kegiatan sosial-ekonomi, khususnya di kota-kota metropolitan, seperti Jakarta, Surabaya, Bandung dan Semarang. Penggunaan bahan bakar konvensional (fosil) sangat berpengaruh terhadap rendahnya kualitas udara diperkotaan hal ini disebabkan dengan gas buangan yang dihasilkan oleh Industri, Transportasi, Perkantoran, dan Rumah Tangga. Buruknya kualitas udara akan berpengaruh kepada kesehatan masyarakat atau warga kota untuk mengurangi dampak buruk tersebut perlu dilakukan pengendalian pencemaran akibat emisi dengan berbagai alternatif. Dalam kajian ini penulis akan membatasi pada Transportasi darat/jalan raya dan Rumah Tangga. Tujuan Penelitian adalah untuk mengkaji alternatif pengendalian Pencemaran Udara di Perkotaan. Metode Penelitian Deskriptif Analisis dengan menggunakan data sekunder, dan studi literatur dan dilengkapi dengan observasi lapangan. Hasil Penelitian, Pengendalian pencemaran dapat dilakukan dengan Pendekatan Ekosistem, Bahan Bakar Alternatif, Pengelolaan Sampah Terpadu, Kualitas Mesin kendaraan, dan Angkutan Umum Perkotaan.

**Kata Kunci :**Bahan Bakar Alternatif, Ruang Terbuka Hijau, Sumber Pencemar Udara

# **PENGENDALIAN PENCEMARAN UDARA DI PERKOTAAN**

## **Di Kota Jakarta Dengan Pendekatan Ekosistem**

### **I. Pendahuluan**

#### **1.1 Latar Belakang**

Wilayah administrasi Provinsi DKI Jakarta terbagi menjadi 5 wilayah Kota Administrasi dan satu Kabupaten Administratif, yaitu: Kota Administrasi Jakarta Selatan (141,27 km<sup>2</sup>), Kota Administrasi Jakarta Timur (188,03 km<sup>2</sup>), Kota Administrasi Jakarta Pusat (48,13 km<sup>2</sup>), Kota Administrasi Jakarta Barat (129,54 km<sup>2</sup>) dan Kota Administrasi Jakarta Utara (146,66 km<sup>2</sup>) serta Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu (8,70 km<sup>2</sup>). Berdasarkan Sensus Penduduk (SP) tahun 2010, jumlah penduduk DKI Jakarta mencapai 9.588.198 orang, rata-rata tingkat kepadatan penduduk DKI Jakarta adalah sebanyak 14.476 orang/km<sup>2</sup> dengan laju pertumbuhan penduduk DKI Jakarta per tahun selama sepuluh tahun terakhir yaitu dari tahun 2000-2010 sebesar 1,40 persen.

Pada tahun 2010 jumlah kendaraan di jakarta mencapai 11.362.396 unit kendaraan. Terdiri dari 8.244.346 unit kendaraan roda dua dan 3.118.050 unit kendaraan roda empat. (Sumber:<http://spektrumdunia.blogspot.com>). Jumlah kendaraan ini pada pagi dan siang hari akan bertambah besar jumlahnya mengingat banyak warga sekitar kota Jakarta (Bogor, Tanggerang, bekasi ) bekerja di Jakarta, indikasi ini terlihat dengan mengularnya kendaraan yang masuk Jakarta melalui jalan Tol, menurut Polda Metro Jaya jumlahnya mencapai 70 ribu kendaraan. Kendaraan yang berlalu lalang di jalan-jalan Jakarta sebanyak 98 % adalah kendaraan pribadi, hal ini dengan mudah kita lihat di kemacetan lalu lintas.

Jumlah penduduk yang tinggi dapat mengakibatkan masalah lingkungan di pekotaan yang cukup tinggi, khususnya pada kualitas udara. Kualitas udara ini dipengaruhi oleh adanya industri, transportasi, maupun oleh rumah tangga dan perkantoran. Buruknya kualitas udara akan berpengaruh kepada kesehatan masyarakat atau warga kota tersebut.

Menurut Ernawi (2011), pada tahun 2005, sektor transportasi bertanggungjawab atas 20.7% dari keseluruhan emisi CO<sub>2</sub> Indonesia ke atmosfir. Dalam kelompok sektor energi, transportasi menduduki urutan ketiga dengan kontribusi sebesar 23% dari emisi total, dibawah sektor industri (37%) dan sektor pembangkit listrik (27%), namun berada diatas sektor permukiman

(9%) dan lain-lain (4%). Angka ini menunjukkan posisi penting sektor transportasi relatif terhadap sektor lainnya dalam konteks mitigasi perubahan iklim. Apabila dilihat lebih jauh, 90.7% emisi karbon dilepaskan dari sektor transportasi jalan, jauh berada diatas emisi transportasi lainnya : transportasi air (6.9%), transportasi udara (2.4%) dan kereta api (0.1%). Fakta ini menunjukkan adanya ketergantungan yang sangat besar dalam pilihan moda transportasi masyarakat pada kendaraan bermotor pribadi untuk menunjang kegiatan sosial-ekonominya, khususnya di kota-kota metropolitan, seperti Jakarta, Surabaya, Bandung dan Semarang. Menurut estimasi Kantor Kementerian Lingkungan Hidup, pertumbuhan emisi gas-gas rumah kaca yang bersumber dari transportasi jalan mencapai 8 hingga 10% (lihat ICCSR, 2010).

Penggunaan bahan bakar konvensional (fosil) sangat berpengaruh terhadap rendahnya kualitas udara diperkotaan hal ini disebabkan dengan gas buangan yang dihasilkan oleh Industri, Transportasi, Perkantoran, dan Rumah Tangga, untuk mengurangi dampak buruk tersebut perlu dilakukan pengendalian pencemaran akibat emisi dengan berbagai alternatif, antara lain, menggunakan bahan bakar alternative yang dapat diperbarui, penanaman pohon, dan pengembangan ruang terbuka hijau, gaya hidup (*life style*), dan melakukan pemeliharaan (*maintenance*) sumber panghasil gas buangan seperti mesin

Dalam kajian ini penulis akan membatasi pada Transportasi darat/jalan raya dan Rumah Tangga dengan menggunakan data sekunder, dengan referensi dari jurnal, dan literatur.

## 2. Kondisi Kualitas Udara di Jakarta

### 2.1 Sumber Pencemar

Peningkatan jumlah kendaraan bermotor beroda empat maupun dua semakin hari tampak semakin meningkat hal ini dimungkinkan karena kemampuan daya beli masyarakat yang semakin meningkat, kondisi ini tentunya menggembirakan karena dapat mengindikasikan semakin makmurnya tingkat kehidupan masyarakat Jakarta, tetapi disampingkan menggembirakan kondisi ini juga memprihatinkan karena semakin tingginya tingkat polusi udara akibat emisi kendaraan bermotor. Tingginya tingkat polusi akan semakin memperburuk kesehatan warga masyarakat kota Jakarta, hal ini perlu penanganan yang terpadu dari pemerintah maupun warga kota Jakarta sebagai upaya untuk mengurangi polusi udara.

Sumber pencemaran udara dapat berasal dari berbagai kegiatan antara lain industri, transportasi, perkantoran, perumahan, dan sampah. Berbagai kegiatan tersebut merupakan kontributor terbesar dari pencemar udara yang dibuang ke udara bebas dan transportasi merupakan penyumbang terbesar terhadap pencemaran udara di kota-kota besar. Standar Euro 2 yang menerapkan bahan bakar bebas Timbal untuk bensin dan kandungan sulfur untuk bahan bakar solar dibawah 500 ppm.

. Emisi kendaraan bermotor berupa senyawa kimia yang berbahaya bagi atmosfir berasal dari proses pembakaran adalah karbon dioksida, karbon monoksida, nitrogen oksida, sulfur dioksida, dan beberapa partikel mikro seperti timbal sebagai campuran bahan bakar. Dari tahun ke tahun terjadi peningkatan penggunaan kendaraan bermotor baik untuk kegiatan pribadi maupun sebagai angkutan umum sangat pesat. Adapun kandungan emisi gas buang yang sangat mencemari udara adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Jenis Pencemar

Karbon monoksida	(CO)
Nitrogen Dioksida	(NO)
Sulfur Oksida	(SO)
Hidrokarbon	(HC)
Debu ataupun Partikel Emisi	partikel-partikel halus Gas Buang lainnya
Timbal (Pb).	

(sumber: <http://hendrisgombong.blogspot.com>)

Tingkat pencemaran udara di kota Jakarta sudah pada level pencemaran berat bila dibanding dengan beberapa kota di Asia seperti Tokyo, Beijing, Seoul, Taipei, Bangkok, Kuala Lumpur dan Manila. Salah satu sumber menyebutkan, berdasarkan data yang ada, total estimasi pollutant CO yang diestimasikan dari seluruh aktivitas di Jakarta sekitar 686,864 ton/tahun atau 48,6 persen dari jumlah emisi lima pollutant. Sebagian besar sumber pencemaran udara di Jakarta (sekitar 80%) berasal dari sektor transportasi, dan 20 persen industri serta limbah domestik. Sedangkan emisi karbon akibat deforestasi dan degradasi hutan sebesar 20 persen

Tahun 2005 tingkat konsentrasi PM10 sebesar 68,5 U/mg sedangkan tahun 2010 sebesar 48,8 U/mg, tingkat konsentrasi NO2 sebesar 36 U/mg di tahun 2005, dan di tahun 2010 turun menjadi 20,22U/mg, dan konsentrasi CO2 tahun 2005 1,67 u/mg mengalami

penurunan tahun 2010 menjadi 0,7 U/mg. Pencemaran udara terbesar disumbang oleh kendaraan bermotor sekitar 70 persen. Tingkat baku mutu berdasarkan Keputusan Gubernur No.551/2001, menetapkan untuk PM10 sebesar 150 u/mg, CO sebesar 60 u/mg dan NO<sub>2</sub> sebesar 60 u/mg. ( Sumber : <http://www.today.co.id>). Transportasi sebagai penyumbang emisi terbesar terjadi juga di Amerika seperti terlihat dalam tabel 1

Tabel 2. Emisi Pencemar Udara di Amerika Serikat Tahun 1968 (juta ton).

Sumber	CO	Partikulat	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	HK
Transportasi	63.8	-	8.1	0.8	16.6
Pembangkit listrik	1.9	8.9	10.0	24.4	0.7
Industri lain	9.7	7.5	0.2	7.3	4.6
Rumah tangga	7.8	1.1	0.6	0.1	1.6
Kehutanan & pertanian	16.9	9.6	1.7	0.6	8.5
Jumlah	100.1	28.3	20.6	33.2	32.0

**Sumber :** Ehrlich *et al.*, 1973.(Dalam, ENDES N. DAHLAN 1989).

## 2.2 Parameter Pencemar Udara

Sumber CO buatan antara lain kendaraan bermotor, terutama yang menggunakan bahan bakar bensin. Berdasarkan estimasi, Jumlah CO dari sumber buatan diperkirakan mendekati 60 juta Ton per tahun. Separuh dari jumlah ini berasal dari kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar bensin. Didalam laporan WHO (1992, dalam depkes.go.id) dinyatakan paling tidak 90% dari CO diudara perkotaan berasal dari emisi kendaraan bermotor. Kadar CO diperkotaan cukup bervariasi tergantung dari kepadatan kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar bensin dan umumnya ditemukan kadar maksimum CO yang bersamaan dengan jam-jam sibuk pada pagi dan malam hari. Pengaruh CO kadar tinggi terhadap sistem syaraf pusat dan sistem kardiovaskular telah banyak diketahui

Oksida Nitrogen (NO<sub>x</sub>) adalah kelompok gas nitrogen yang terdapat di atmosfer yang terdiri dari nitrogen monoksida (NO) dan nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>). Nitrogen monoksida merupakan gas yang tidak berwarna dan tidak berbau sebaliknya nitrogen dioksida berwarna coklat kemerahan dan berbau tajam.

Kadar NOx di udara perkotaan biasanya 10–100 kali lebih tinggi dari pada di udara pedesaan. Kadar NOx di udara daerah perkotaan dapat mencapai 0,5 ppm (500 ppb), berasal dari kendaraan bermotor,

Oksida Nitrogen seperti NO dan NO<sub>2</sub> berbahaya bagi manusia. Penelitian menunjukkan bahwa NO<sub>2</sub> empat kali lebih beracun daripada NO. Selama ini belum pernah dilaporkan terjadinya keracunan NO yang mengakibatkan kematian NO<sub>2</sub> bersifat racun terutama terhadap paru. Kadar NO<sub>2</sub> yang lebih tinggi dari 100 ppm dapat mematikan sebagian besar binatang percobaan dan 90% dari kematian tersebut disebabkan oleh gejala pembengkakan paru (edema pulmonari). Kadar NO<sub>2</sub> sebesar 800 ppm akan mengakibatkan 100% kematian pada binatang-binatang yang diuji dalam waktu 29 menit atau kurang. Pemajaman NO<sub>2</sub> dengan kadar 5 ppm selama 10 menit terhadap manusia mengakibatkan kesulitan dalam bernafas.(depkes.go.id).

Hidrokarbon merupakan komponen yang berperan dalam produksi oksidan fotokimia. Reaksi ini juga melibatkan siklus fotolitik NO<sub>2</sub>. Polutan sekunder yang dihasilkan dari reaksi hidrokarbon dalam siklus ini adalah ozon dan peroaksiasetilnitrat.

Struktur Hidrokarban (HC) terdiri dari elemen hidrogen dan korbon dan sifat fisik HC dipengaruhi oleh jumlah atom karbon yang menyusun molekul HC. HC adalah bahan pencemar udara yang dapat berbentuk gas, cairan maupun padatan. Semakin tinggi jumlah atom karbon, unsur ini akan cenderung berbentuk padatan. HC yang berupa gas akan tercampur dengan gas-gas hasil buangan lainnya. Sedangkan bila berupa cair maka HC akan membentuk semacam kabut minyak, bila berbentuk padatan akan membentuk asap yang pekat dan akhirnya menggumpal menjadi debu.

Sumber HC dapat pula berasal dari sarana transportasi. Kondisi mesin yang kurang baik akan menghasilkan HC. Pada umumnya pada pagi hari kadar HC di udara tinggi, namun pada siang hari menurun. Sore hari kadar HC akan meningkat dan kemudian menurun lagi pada malam hari. Pengaruh hidrokarbon aromatic pada kesehatan manusia dapat terlihat pada tabel 3, dibawah ini.

Tabel 3. Pengaruh Hidrokarbon Terhadap Kesehatan

Jenis Hidrokarbon	Konsentrasi ( ppm )	Dampak Kesehatan
Benzene ( C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	100	Iritasi membran mukosa
	3.000	Lemas setelah 1/2 - 1 Jam
	7.500	Pengaruh sangat berbahaya setelah pemaparan 1 jam
	20.000	Kematian setelah pemaparan 5 –10 menit
Toluena ( C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> )	200	Pusing lemah dan berkunang-kunang setelah pemaparan 8 jam
	600	Kehilangan koordinasi bola mata terbalik setelah pemaparan 8 jam

Sumber :depkes.go.id, 2010.

Partikulat debu melayang (*Suspended Particulate Matter/SPM*) merupakan campuran yang sangat rumit dari berbagai senyawa organik dan anorganik yang terbesar di udara dengan diameter yang sangat kecil, mulai dari < 1 mikron sampai dengan maksimal 500 mikron. Partikulat debu tersebut akan berada di udara dalam waktu yang relatif lama dan dapat masuk kedalam tubuh manusia melalui saluran pernafasan. Selain dapat berpengaruh negatif terhadap kesehatan, partikel debu juga dapat mengganggu daya tembus pandang mata (Visibility) dan menyebabkan iritasi pada mata. Adanya ceciran logam beracun yang terdapat dalam partikulat debu di udara merupakan bahaya yang terbesar bagi kesehatan. Kepadatan kendaraan bermotor dapat menambah asap hitam pada total emisi partikulat debu. Timah hitam ( Pb ) merupakan logam lunak yang berwarna kebiru-biruan atau abu-abu keperakan dengan titik leleh pada 327,5°C dan titik didih 1.740°C pada tekanan atmosfer. Senyawa Pb-organik seperti Pb-tetraetil dan Pb-tetrametil merupakan senyawa yang penting karena banyak digunakan sebagai zat aditif pada bahan bakar bensin dalam upaya meningkatkan angka oktan secara ekonomi. keracunan Pb ada juga hubungannya dengan keterbelakangan mental tetapi belum ada bukti yang jelas. Senyawa Pb organik bersifat neurotoksik dan tidak menyebabkan anemia.

Pemerintah Indonesia melalui kementerian Lingkungan Hidup melakukan penilaian terhadap kualitas Lingkungan Hidup pada provinsi yang ada di Indonesia (Rahardjo, 2012). Posisi Jakarta Berdasarkan pengukuran Kualitas Lingkungan Hidup tersebut secara nasional DKI Jakarta pada tahun 2009 menempati rangking 28, dan pada tahun 2010 menempati rangking 29. Sedangkan berdasarkan provinsi di Pulau Jawa menempati rangking ke 6,

seperti terlihat dalam Tabel 4. Perhitungan kualitas lingkungan tersebut menggunakan indeks, yang disebut *Indeks Kualitas Lingkungan Hidup* ( IKLH) dengan menggunakan formula sebagai berikut, yang meliputi variable, antara lain:

Tabel; 4. Indeks Kualitas Lingkungan Hidup di Imdonesia

Menurut Provinsi di Pulau Jawa

Provinsi	IKLH 2010	IKLH 2009	Rank 2010	Rank 2009
DI. Yogyakarta	71,91	53,52	1	3
Jawa Barat	53,44	49,69	2	5
Jawa Tengah	50,48	55,40	3	2
Jawa Timur	49,49	59,01	4	1
Banten	48,98	50,86	5	4
DKI Jakarta	41,81	41,73	6	6
<b>Jawa</b>	<b>59,82</b>	<b>54,41</b>	<b>6</b>	<b>6</b>

Sumber : Kementerian Lingkungan Hidup, Juni 2011

Dalam laporan kualitas udara yang disampaikan BPLHD DKI Jakarta (2002) ada beberapa permukiman dan kawasan industry yang kadar Debu/TSP (*Total Suspended Partikulat*) berada diatas baku mutu yang ditetapkan oleh Pemda DKI. Daerah Tersebut antara lain, Kalideres Jakarta Barat, Lubang Buaya Jakarta Timur, Celincing Jakarta Utara, dan kawasan Industry JEIP Jakarta Timur. Tingginya tingkat TSP sangat berbahaya bagi kesehatan manusia seperti laporan hasil penelitian yang dilakukan di 11 kota Kanada pada tahun 2011-2012 menyimpulkan ditemukan adanya hubungan kematian kardiovaskular dan paparan jangka panjang yang kuat dengan penyakit jantung iskemik dengan PM<sub>25</sub> ( Crouse, dkk.2012. Dalam Rahardjo 2012). Penelitian di Soul Korea Selatan juga menyimpulkan adanya hubungan yang signifikan antara Polusi udara dengan kematian akibat penyakit jantung (Ho Kim, 2003. Dalam Rahardjo 2012).

### 2.3 Bahan bakar alternatif untuk transportasi dan rumah tangga

Biogas sebagai bahan bakar alternatif merupakan bahan bakar yang murah dibandingkan dengan bahan bakar fosil yang semakin langka. Kesimpulan penelitian yang dilakukan oleh Kapdi, Vijay. Rajesh dan Prasad (2006), biogas merupakan sumber energi potensial terbarukan untuk pedesaan India. Generasi

biogas dan pembotolan berikutnya akan memenuhi kebutuhan bahan bakar dalam transportasi pedesaan, membuat desa bebas polusi dan memasok pupuk diperkaya. Sistem pembotolan akan bekerja sebagai desentralisasi sumber bahan bakar dengan pasokan tak terputus menggunakan sumber daya lokal, menghasilkan banyak kesempatan untuk lapangan kerja di daerah pedesaan dan meningkatkan pendapatan masyarakat. Pabrik pembotolan model akan memberikan penghematan sebesar 15768 liter bensin senilai biaya sekitar 0.660.000 Rs. per tahun. Ini harus ditiru di skala massal untuk mengurangi impor produk minyak bumi, menyelamatkan lingkungan dan menciptakan lapangan kerja di desa. Semangat di balik konsep keseluruhan adalah untuk mengembangkan usaha mandiri pedesaan berkelanjutan dan stasiun bahan bakar desentralisasi berdasarkan biogas kompresi ditingkatkan untuk membuat daerah pedesaan ekonomi maju dan kompetitif dalam segala hal. Dukungan keuangan awal yang diperlukan untuk biogas-cum-pembotolan tanaman dapat dibuat tersedia melalui bank atau badan pemerintah atas dasar pinjaman lunak.

Berdasarkan pengamatan penulis ada beberapa desa di Indonesia telah memanfaatkan biogas yang berasal dari kotoran sapi yang dikonversi menjadi bahan bakar yang di gunakan untuk kebutuhan rumah tangga. Teknologi ini sangat sederhana, sebenarnya hanya bukan kotoran sapi saja yang dapat digunakan tapi juga kotoran manusia, oleh karena itu perlu dirancang sebuah pengolahan limbah komunal perumahan di perkotaan seperti di wilayah Jabodetabek.

Dalam hal penggunaan biogas untuk rumah tangga hasil penelitian yang dilakukan di Thailand oleh Touch, Keo, Warinthorn, Songkasir, Stefan, Commins, Khouangvichit, dan Green (2009), menyimpulkan penggunaan limbah pertanian untuk produksi biogas untuk konsumsi energi di daerah penelitian tampaknya menjadi alternatif yang tepat, tidak hanya karena ramah lingkungan kondisi, tetapi juga karena faktor ekonomi. Teknologi dapat diperkenalkan lebih luas ke masyarakat. Studi ini menunjukkan ukuran optimum digester dikombinasikan dengan optimal jumlah hewan ternak sebagai penghasil bahan baku gas.

Dalam tabel pada paparan berikut menunjukkan emisi dihitung dari gas buang dari 16 kota-bus kota di Växjö Swedia. Perbandingan tersebut menunjukkan situasi saat ini dan situasi masa depan jika bus bisa menggunakan

biogas untuk bahan bakar bukan solar. Ini akan mengurangi dampak lingkungan dalam beberapa parameter, tetapi terutama emisi karbon dioksida. Biogas juga dapat digunakan pada mobil bensin. Mobil bensin memiliki keuntungan bahwa mereka biasanya memiliki sistem dual-bahan bakar, dengan satu tangki untuk biogas dan satu tangki untuk bensin.

Transportasi Kota Jakarta dengan moda *Bus Way* seluruh armada yang beroperasi sudah menggunakan Bahan Bakar Gas. Berbeda dengan di kota Vaxjo Swedia yang dilaporkan dalam penelitian diatas bus yang digunakan di Kota Jakarta hanya menggunakan tangki penampungan BBG satu (tunggal).

Tabel 5. Perbandingan Emisi dari Buangan Gas Antara Minyak Diesel dengan Biogas pada bus di Vaxjo city

S. No.	Emissions Kg / Per annum	Fuel used for driven buses	
		Diesel / RMIE	Biogas
1	NO <sub>x</sub>	16200	800
2	SO <sub>x</sub>	380	30
3	CO	430	930
4	CO <sub>2</sub>	840000	23000
5	N <sub>2</sub> O	700	0
6	CH <sub>4</sub>	400	16500
7	Particles	250	50

Sumber: Karlsson, S (2000). Biogas for the Future – OPTI-gas. Proceedings of ALTENER 2000 conference , Toulouse, France , October 23-25 ( dalam Kapdi, dkk 2006).

Penelitian bahan bakar alternatif yang terkait dengan pengendalian emisi dengan meneliti tumbuhan sebagai bahan bakar nabati dilakukan oleh Nakpong dan oothikanokkhan (2009) berhasil mengungkapkan bahwa biodiesel bisa berhasil diproduksi dari campuran minyak nabati (jarak pagar atau rosela atau minyak kelapa) dan digunakan minyak goreng sebagai alkali-katalis transesterifikasi. Menggunakan konten minyak dalam bahan baku minyak memiliki efek negatif pada pembentukan metil ester. Produk biodiesel memiliki metil ester konten lebih tinggi dari batas minimum untuk Thailand biodiesel (B100) spesifikasi diproduksi menggunakan minyak / sayuran rasio minyak goreng dari 0,03 v / v optimal untuk tiga jenis bahan baku minyak. Oleh karena itu, campuran minyak sayur dan minyak goreng bekas dapat direkomendasikan sebagai bahan baku minyak campuran untuk produksi biodiesel, mesin tes memberikan hasil kinerja yang memuaskan. Hal ini mengakibatkan pengurangan pada biaya produksi biodiesel, serta menghasilkan dampak lingkungan yang negatif.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Wijaksana\* and Kusuma (2007) yang membandingkan penggunaan minyak diesel dengan biodiesel yang berasal dari minyak kelapa sawit hasilnya dapat dilihat dalam tabel 4. Dalam tabel ini terlihat bahwa biodiesel lebih efisien dibandingkan dengan minyak solar/disel, tetapi dari tenaga yang dihasilkan terlihat penggunaan minyak solar (minyak disel) lebih besar. Penjelasan hasil penelitian Wijaksana dan Kusuma dapat dilihat sebagai berikut :

Table 6. Data Hasil Analysis Perbandingan antara Bahan Bakar Minyak Solar dengan Biodisel

ENGINE REVOLUTION (RPM)	FUEL							
	DIESEL OIL				BIODIESEL			
	Torque (kg.m)	Effective Power (HP)	Fuel Consumption (kg/hr)	Thermal Efficiency (%)	Torque (kg.m)	Effective Power (HP)	Fuel Consumption (kg/hr)	Thermal Efficiency (%)
650	0.193	0.175	0.710	1.48	0.186	0.169	0.508	2.12
1000	4.511	6.295	2.322	16.31	1.518	2.118	1.472	8.35
1350	4.654	8.769	1.862	28.34	2.427	4.573	1.808	16.2
1700	5.155	12.231	2.348	31.34	2.506	5.946	5.618	6.78
2050	8.764	25.074	8.640	17.47	3.157	9.034	7.191	8.05

Sumber : Wijaksana\* and Kusuma (2007)

Berdasarkan hasil pengujian, dapat ketahui bahwa penggunaan minyak sawit mentah biodiesel pada mesin diesel telah memberikan torsi lebih rendah dari minyak solar, ini disebabkan oleh nilai panas yang lebih rendah dari biodiesel dibandingkan solar, yang telah menghasilkan kinerja yang lebih rendah untuk mencapai torsi tinggi pada poros silinder dan engkol. Semakin tinggi putaran mesin, torsi yang lebih tinggi dapat dihasilkan oleh minyak diesel dan bio-diesel, ketika perubahan yang cepat/revolusi terus meningkat, torsi yang dihasilkan cenderung menurun, dengan mesin diesel memiliki torsi maksimum dapat menghasilkan 3200 rpm. Pada mesin revolusi terendah yaitu 650 rpm, bio-diesel telah memberikan torsi dekat dengan mesin diesel, pada saat itu di revolusi tertinggi yaitu mesin rpm 2050, torsi yang dihasilkan untuk bio-diesel telah menurun tajam dibandingkan dengan minyak diesel dapat akan menghasilkan, di mana biodiesel hanya mencapai 3,157 kg.m sedangkan minyak diesel bisa mencapai 8,764 kg.m. Hal ini disebabkan kepadatan dari biodiesel lebih tinggi dari minyak diesel, sehingga bio-diesel itu lebih cepat disuntikkan ke ruang bakar dari minyak diesel, akibatnya akan ada pembakaran tidak sempurna, dan ruang bakar bio-diesel di mesin diesel, hal ini akan menurunkan torsi yang dapat diproduksi. Pada putaran mesin tertinggi 2050 rpm, daya efektif dapat dihasilkan oleh biodiesel hanya 9,034 HP rata-rata dibandingkan dengan 25,074 HP untuk minyak diesel Penurunan ini

diperkirakan karena biodiesel dibakar tidak sempurna karena memiliki injeksi cepat ke ruang pembakaran.

Di sisi lain, secara umum, dari putaran mesin terendah ke mesin revolusi tertinggi 2050 rpm, biodiesel memiliki konsumsi bahan bakar lebih rendah dari minyak diesel. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan bio-diesel di mesin diesel akan memberikan bahan bakar lebih hemat daripada minyak diesel. Konsumsi bahan bakar yang lebih rendah dari biodiesel disebabkan oleh titik yang lebih tinggi cepat/flash dan viskositas dari minyak diesel. Semakin tinggi titik nyala bio-diesel, proses atomisasi yang lebih baik akan dilakukan pada biodiesel dan ini akan meminimalkan ukuran tetesan bio-diesel dan mengurangi waktu pra-pembakaran, sehingga bio-diesel akan terbakar di waktu lulus silinder Pusat Top Mati. Dengan kata lain, proses esterifikasi pada minyak mentah kelapa biodiesel telah meningkatkan reaksi antara biodiesel dan oksigen, sehingga proses pembakaran di bio-diesel akan lebih sulit, akibatnya konsumsi bahan bakar tingkat bio-diesel akan menurunkan. Untuk efisiensi termal efektif dari bio-diesel, yang lebih rendah dari minyak solar, ini disebabkan oleh nilai panas yang lebih rendah dari biodiesel yaitu 867,464 BTU / lb dibandingkan 1033,25 BTU / lb untuk minyak diesel.

Dalam hal penelitian penggunaan sel surya sebagai pembangkit listrik yang dilakukan di Thailand memberikan hasil bahwa penggunaan sel surya lebih sedikit menghasilkan emisi walau dalam proses transportasi dalam pengadaan sel surya, atau dalam proses produksi juga menghasilkan emisi, tetapi secara keseluruhan lebih kecil dibandingkan dengan penggunaan bahan bakar fosil sebagai pembangkit listrik. Hal dapat dilihat dari hasil penelitian Chamsilpa, Vorayos and Kiatsiriroat (2010), sebagi berikut.

Studi ini berusaha untuk mengevaluasi hasil numerik pada aspek lingkungan dari pembangkit listrik sel surya yang terletak di Thailand. Pertimbangan siklus hidup meliputi tahapan pembuatan modul surya, transportasi dari produsen ke pembangkit listrik dan operasi untuk pembangkit listrik di pembangkit listrik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dampak lingkungan utama adalah pada tahap manufaktur dan masalah yang paling signifikan adalah penipisan sumber daya alam untuk bahan komponen modul. Untuk mendapatkan yang lebih baik dampak lingkungan, beberapa bahan seperti aluminium harus diganti atau tidak digunakan sejak konsumsi memberikan dampak lingkungan yang tinggi. Ketika membandingkan hasil daya sel tanaman surya untuk hasil tanaman bahan bakar tenaga fosil, emisi CO<sub>2</sub> dari pembangkit listrik sel surya jauh lebih rendah dibandingkan dengan

pembangkit listrik bahan bakar fosil. Hasil ini menunjukkan bahwa ada potensi tinggi untuk strategi pengurangan CO<sub>2</sub> dengan menggunakan energi terbarukan untuk pembangkit listrik. Akhirnya, dampak lingkungan total yang dihitung dari LCA-NETS menunjukkan metode yang bahwa pembangkit sel tenaga surya yang lebih ramah lingkungan daripada pembangkit listrik berbahan bakar fosil. Meskipun pembuatan modul sel surya memiliki beberapa dampak lingkungan, lebih mudah untuk mengontrol atau mengelola masalah ini.

### 3. Diskusi

Dalam pengendalian pencemaran udara dalam kaitan pengurangan emisi pada bahasan diatas telah digambarkan bagaimana upaya pemerintah Indonesia dalam upaya mengurangi konsumsi minyak tanah dengan menggantikannya dengan gas LPG, yang dampaknya dapat mengurangi emisi dan lebih efisien dalam penggunaannya.

Hasil penelitian Slamet S (2011) mengenai pengaruh kebijakan konversi energy yang mengubah penggunaan minyak tanah menjadi gas, menunjukkan adanya pengaruh perubahan penggunaan bahan bakar terhadap pengurangan emisi seperti yang digambarkan sebagai berikut:

Minyak tanah memiliki potensi emisi karbon 19,6 mg karbon (C) untuk setiap kg minyak tanah yang dibakar atau sekitar 15,68 mg C untuk setiap liter minyak tanah yang digunakan. Potensi emisi karbon dari elpiji hanya 17,2 mg C untuk setiap kg elpiji yang terbakar. Dari sisi efisiensi energi, elpiji jauh lebih efisien daripada minyak tanah. Elpiji memiliki efisiensi energi sebesar 47,3 GJ/ton, sedangkan minyak tanah hanya 44,75 GJ/ton. Dengan pemakaian elpiji terdapat penghematan energi sebesar 2,55 GJ/ton dan mengurangi emisi karbon sebesar 2,4 mg C setiap membakar jumlah bahan bakar (elpiji dan minyak tanah) yang sama. Jika dikonversi dalam emisi CO<sub>2</sub>, maka pemakaian elpiji akan mengurangi emisi CO<sub>2</sub> sebesar 8,8 mg CO<sub>2</sub>.

Kota Jakarta melakukan beberapa kebijakan dalam upaya mengurangi emisi, antara lain : mewajibkan uji emisi untuk setiap kendaraan pribadi maupun umum. Penggunaan bahan bakar gas (BBG) untuk transportasi umum, dan , memberlakukan hari bebas kendaraan.pada jalan protokol. Kebijakan ini secara signifikan berhasil mengurangi kadar emisi di udara Kota Jakarta seperti yang telah digambarkan pada awal bahasan makalah ini. Upaya Pemda DKI mewajibkan kendaraan melakukan Uji Emisi, diperkuat oleh penelitian yang

dilakukan oleh Nugroho, Fujiwara, Zhang (2011) yang melaporkan hasil penelitiannya sebagai berikut :

karakteristik beban kendaraan, emisi dan tindakan perawatan secara signifikan terkait dengan uji emisi Karbon Monoksida dan Hidrokarbon. Beberapa upaya dapat meningkatkan kemungkinan untuk lulus uji emisi CO tetapi sekaligus mengurangi kemungkinan untuk lulus hasil uji emisi HC. Upaya untuk meningkatkan konsentrasi CO dipengaruhi oleh tingkat dasar polutan tersebut. Peningkatan emisi CO juga dipengaruhi oleh tingkat pemeliharaan kendaraan sebelumnya. Pada dasarnya, memperbaiki atau mengganti platina akan meningkatkan probabilitas untuk lulus CO dan HC uji emisi.

Penelitian ini juga menegaskan pengaruh faktor karakteristik kendaraan dan tindakan yang dilakukan selama proses pemeliharaan pada biaya perbaikan yang dikeluarkan. Ditemukan bahwa ukuran mesin positif berpengaruh pada biaya pemeliharaan dan perbaikan, semakin besar kapasitas mesin mobil secara otomatis akan meningkatkan biaya pemeliharaan dan perbaikan.

Dalam upaya pengendalian pencemaran udara Pemerintah DKI Jakarta telah melakukan upaya, memproses pengelolaan sampah antara lain pemrosesan dilakukan secara sektoral tersebar di beberapa wilayah DKI (Rahardjo. 2012), antara lain:

dengan sistem Tempat Pengelolaan Sampah Terpadu (TPST). Pola pengelolaan sektoral (desentralisasi) memberikan dampak positif, karena berpotensi mengurangi jumlah emisi yang di keluarkan oleh truk pengangkut sampah. Semula sampah dari seluruh wilayah Jakarta dikirim menuju Bantar Gebang sebagai Tempat Pembuangan Akhir (TPSA). Jumlah Truk sampah yang beroperasi melayani persampahan ini tiap hari diperkirakan sebesar 1100 truk ([WWW.Jakarta.Go.id](http://WWW.Jakarta.Go.id)). Pola Pengelolaan TPST ini akan mengurangi penumpukan sampah, sehingga akan mengurangi gas Metana akibat pembusukan dari sampah menumpuk yang pada akhirnya akan dapat mengurangi efek Gas Rumah Kaca (GRK). Tempat Pembuangan Akhir sampah DKI Jakarta di Pulo Gebang Bekasi proses pengelolaannya sudah berubah yang semula *open dumping*, diubah dengan menerapkan pola pengolahan sampah secara terpadu (TPST) dengan menggunakan teknologi tinggi pertama di Indonesia. Di TPST ini, pengelola membangun industri pengelolaan sampah menjadi energi listrik (*Power plant*), fasilitas pengomposan serta gasification. TPST Bantar Gebang direncanakan

akan menghasilkan energi listrik sebesar 26 Megawatt per hari yang sedianya akan disalurkan untuk Gardu Induk (GI) Jawa Bali, tetapi saat ini baru dapat menghasilkan 4 MW.

Pengalihan bahan bakar fosil dengan gas yang dilakukan oleh pemerintah DKI Jakarta, merupakan langkah yang baik dalam upaya pengurangan emisi, tindakan pemerintah DKI Jakarta dalam upaya pengendalian emisi perlu dilanjutkan dengan mengoptimalkan penggunaan angkutan umum masal sebagai tulang punggung moda transportasi kota. Dengan kemampuan angkut penumpang dalam jumlah besar satu kali jalan berarti akan dapat mengurangi jumlah emisi karena pengguna kendaraan pribadi akan beralih menggunakan angkutan masal ini. Hal ini sudah lama dilakukan dibanyak Negara dunia bahkan di beberapa Negara tetangga seperti Singapore dan Thailand. Dengan transportasi umum yang nyaman dan aman niscaya orang akan menggunakannya.

Pembuatan jalur sepeda, dan sarana parkir yang memadai akan mendorong warga kota Jakarta mau menggunakannya pada jarak pendek (3-10 KM). Hari bebas kendaraan pada saat libur, berdasarkan laporan BPLHD Jakarta dapat mengurangi emisi, idealnya larangan ini dapat di perluas pada seluruh jalan-jalan utama di daerah Jakarta.

Penetapan Ruang Terbuka Hijau (RTH) perkotaan sebesar 30% yang seperti yang diamanahkan oleh UU RI no 26 tahun 2007 setidaknya dapat mengurangi kadar emisi. RTH dapat berupa Taman Kota, Taman Lingkungan Perumahan, Jalur Hijau disepanjang jalan (pedestrian), Jalur hijau di sepanjang bantaran sungai, dan Hutan Kota. Penanaman pohon pada RTH seperti yang telah disebutkan diatas disarankan di tanam dengan kerapatan yang tinggi.

Peran pohon di perkotaan berdasarkan penelitian Hirokawa, (2011) menunjukkan manajemen pohon perkotaan produktifitas kanopi penutup berhasil dalam perbaikan kualitas udara dan dapat membantu pemerintah federal daerah dalam memenuhi standar udara bersih.<sup>23</sup> kualitas udara tersebut terjadi untuk semua pemerintah daerah tetapi merupakan tantangan khusus perkotaan di daerah di mana kota dan daerah berjuang untuk memenuhi standar kualitas udara. Pohon mampu menyisihkan berbagai polutan dari udara, termasuk (tapi tidak terbatas pada) nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>), sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>), ozon (O<sub>3</sub>), karbon monoksida (CO), dan materi partikulat (PM10).<sup>24</sup> Selain menghilangkan polutan, pohon juga melepaskan oksigen dan mengurangi atmosfer karbon oleh absorption.<sup>25</sup> Meskipun

beberapa dari penghapusan ini berfungsi sementara (kadang-kadang mengakibatkan ulang pencairan atmosfer partikel) dan dibatasi oleh potensi setiap pohon menangkap polutan volume dalam perkotaan khususnya, dampak kualitas udara perkotaan pohon tetap signifikan dan dapat ditingkatkan dengan perhatian produktifitas untuk cover kanopi pohon perkotaan.

Pohon juga menyediakan jasa dalam bentuk konservasi energi dan control/pengendalian iklim. Sebagai manfaat langsung, pohon menahan sinar matahari sebelum mencapai bangunan dan permukaan yang memancarkan panas, seperti aspal dan bata. Pohon memberikan keteduhan dan pendinginan untuk kedua luar dan dalam bangunan mereka menutupi, sehingga mengurangi energi yang dibutuhkan untuk pengkondisian udara (AC) dan teknologi pengendali iklim buatan lainnya. Selain itu, pohon menyediakan uap air mendinginkan pulau panas di Perkotaan (*Urban heat island*) melalui evapotranspirasi dan lainnya secara kumulatif manfaat tidak langsung iklim, seperti effect mitigasi dan membantu melindungi dan memelihara infrastruktur elements abu-abu.

Memperbaiki kualitas lingkungan di Kota Jakarta yang paling ampuh dan berkelanjutan adalah dengan memperbaiki ekosistem. Untuk mengendalikan pencemaran udara akibat polusi yang disebabkan oleh transportasi, industri dan pemanasan bangunan, antara lain, dengan menggunakan vegetasi yang dapat menyaring debu/*partikulat* dari udara. Kemampuan penyaringan menggunakan pohon lebih tinggi hasilnya dibandingkan semak-semak atau padang rumput (Givoni, 1991, dalam Bound, 1990).

Dengan demikian penanaman pohon direkomendasikan dibandingkan penanaman jenis semak atau perdu terutama pada lokasi yang memiliki tingkat polusi udara yang tinggi demikian juga dengan Pilihan pohon konifera berdaun jarum dan pohon yang memiliki daun yang tidak gugur (*Ever green*) seperti mahoni, dan trembesi.

“Semua ekosistem alam di daerah perkotaan berupa danau, atau vegetasi memiliki kemampuan mengurangi temperatur udara dan mengurangi efek pulau panas (*heat island*) perkotaan. Secara *substansial* vegetasi dapat juga mengurangi penggunaan energi untuk pemanas dan pengkondisian pendingin udara di daerah perkotaan dengan meneduhkan rumah di musim panas dan mengurangi kecepatan angin dimusim dingin. Di Chicago telah menunjukkan bahwa peningkatan tutupan hutan sebesar 10%, atau sekitar tiga penanaman pohon per lot bangunan, dapat mengurangi energi total untuk pemanasan dan pendinginan sebesar US \$ 50-90 per tinggal unit per tahun. (Bound, 1999)”.

Kebisingan dari lalu lintas dapat menimbulkan masalah kesehatan bagi masyarakat di daerah perkotaan. Perluasan Ruang Terbuka dengan permukaan lunak (bukan aspal atau beton) dan vegetasi dengan Pohon *Evergreen* seperti Mahoni lebih disarankan karena sangat efektif menurunkan tingkat kebisingan.

### 3. Kesimpulan

Berdasarkan bahasan diatas dapat di ambil kesimpulan, bahwa pengendalian pencemaran di Jakarta dapat dilakukan dengan beberapa upaya sebagai berikut :

Penggunaan bahan bakar alternatif yang dapat diperbaharui (*renewable*) sebagai pengganti bahan bakar fosil dapat mengurangi kadar emisi. Bahan bakar alternatif yang dapat diperbaharui dapat menggunakan bahan baku nabati (tumbuhan) antara lain, Jarak Pagar, Kelapa/minyak goreng), dapat dicampurkan pada minyak diesel, di Indonesia saat ini minyak diesel dikenal dengan BioDiesel yang merupakan hasil campuran antara minyak diesel dengan minyak kelapa sawit. Bahan bakar yang berasal gas Biogas bisa dikembangkan dari kotoran ternak, dan memungkinkan kotoran manusia untuk digunakan di daerah perkotaan sebagai bahan bakar untuk kebutuhan Rumah Tangga. Sebagai pembangkit listrik pengunaan sel surya dapat dilakukan. Transportasi umum berbahan bakar gas sebagai tulang punggung transportasi di Kota Jakarta penggunaannya dapat diperluas dengan mengharuskan seluruh angkutan umum menggunakan bahan bakar gas, disamping itu peremajaan angkutan umum di Jakarta sudah menjadi keharusan. Kewajiban seluruh Kendaraan yang berlalu lalang di jalan-jalan Jakarta untuk uji emisi perlu dilaksanakan

Pembuatan jalur sepeda dapat di perluas sehingga masyarakat dapat memiliki alternative sebagai alat transportasinya Ruang Terbuka Hijau dengan luas 30 % seperti yang diamanahkan UURI no 26 tahun 2007 perlu di penuhi demikian juga Intensitas penanaman pohon dengan kerapatan yang tinggi dan pohon dengan dedaunan yang memiliki kerapatan disarankan.

Pengelolaan sampah secara terpadu yang tersebar di beberapa wilayah dan mengonversi sampah menjadi tenaga listrik, akan berdampak positif terhadap pengendalian emisi yang berujung mengurangi efek Gas Rumah Kaca (GRK).

