

## PENGARUH BAHAN BAKAR PADA AKTIVITAS TRANSPORTASI TERHADAP PENCEMARAN UDARA

### *THE EFFECT OF FUEL ON TRANSPORTATION ACTIVITIES TO AIR POLLUTION*

**Yusmiati Kusuma**

(Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bandung)

#### ABSTRAK

Tumbuhnya pusat-pusat kegiatan baru menyebabkan tingginya bangkitan/tarikan perjalanan. Semakin tinggi mobilitas masyarakat dalam menggunakan kendaraan bermotor, semakin tinggi pula intensitas kebisingan, getaran, dan polusi udara yang dihasilkan gas buang kendaraan bermotor. Polusi udara ini dapat membahayakan kesehatan, lingkungan sehingga menimbulkan pemanasan global. Kemacetan lalu lintas menyebabkan buruknya kinerja yang berdampak negatif pada produktivitas ekonomi, kualitas lingkungan, dan keselamatan. Konsumsi bahan bakar yang lebih tinggi meningkatkan biaya pelayanan dan barang sehingga polusi udara meningkat dan kondisi keamanan memburuk. Untuk itu, dibutuhkan penguatan regulasi dan sosialisasi kepada masyarakat dalam memilih moda dan bahan bakar untuk transportasi.

**Kata Kunci:** dampak transportasi, polusi udara.

#### ABSTRACT

*The growth of central business district has contributed to high traction drive. The higher the mobility of people using motorcycles and vehicles, the higher the intensity of noise, vibration, and air pollution produced. Air pollution, beside causing global warming, can be harmful to the health and environment. Traffic congestion causes negative impact on economic productivity, environmental quality and safety because of higher fuel consumption, high cost of services and goods, and off course air pollution. As the effect, it requires the strengthening of regulation and socialization to the community in selecting modes and fuel for transportation.*

**Keywords:** impact of transportation, air pollution.

#### PENDAHULUAN

Pencemaran udara merupakan masalah yang dihadapi kota-kota besar di dunia. Tingginya pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor di kota-kota besar di Indonesia tiap tahunnya mencapai angka 8.24 % dari total kendaraan yang ada.

Tahun 2008 kendaraan di Indonesia mencapai 65.273.451 unit kemudian pada 2009 meningkat menjadi 70.714.569 unit (BPS, 2009). Hal ini berdampak pada meningkatnya gas-gas hasil pembakaran bahan bakar kendaraan yang juga ikut mencemarkan udara. Kontribusi

pencemaran udara yang berasal dari sektor transportasi mencapai 60%. Tingginya angka ini menimbulkan masalah dalam pemeliharaan kualitas udara. Kendaraan bertanggung jawab 25% dari emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), serta 90% dari karbon oksida (CO) dan 50% dari oksida nitrogen (NO<sub>x</sub>) yang dihasilkan emisi di seluruh dunia.

### **STUDI PUSTAKA**

Pencemaran udara adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam udara dan atau berubahnya tatanan (komposisi) udara oleh kegiatan manusia atau oleh proses alam sehingga kualitas udara menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya.

Sektor transportasi yang berhubungan dengan kemacetan menimbulkan gas emisi di udara. Gas emisi yang ditimbulkan akibat dari aktivitas transportasi adalah

1. karbon dioksida (CO<sub>2</sub>)  
Gas yang dihasilkan dari pembakaran sempurna bahan bakar kendaraan bermotor dan pabrik serta gas hasil kebakaran hutan.
2. Kkarbon monoksida (CO)  
Gas yang tidak berwarna, tidak berbau, dan bersifat racun. Dihasilkan dari pembakaran tidak sempurna bahan bakar fosil, misalnya gas buangan kendaraan bermotor.
3. nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>)  
Gas yang paling beracun. Dihasilkan dari pembakaran batu bara di pabrik, pembangkit energi listrik, dan knalpot kendaraan bermotor.
4. PM (Material Partikulat)  
Polutan udara yang paling jelas terlihat dan paling berbahaya. macamnya adalah

- a. aerosol: partikel yang terhambur dan melayang di udara
- b. *fog* 'kabut': aerosol yang berupa butiran-butiran air dan berada di udara
- c. *smoke* 'asap': aerosol berupa campuran antara butir padat dan cair dan melayang berhamburan di udara
- d. *dust* 'debu': aerosol berupa butiran padat dan melayang-layang di udara

### **5. Pb (Timbal)**

Logam berat yang digunakan manusia untuk meningkatkan pembakaran pada kendaraan bermotor. Hasil pembakaran tersebut menghasilkan timbal oksida yang berbentuk debu atau partikulat yang dapat terhirup oleh manusia.

Gas emisi yang ditimbulkan dari kendaraan bermotor menyumbang hampir 100% timbal, 13-44% *suspended particulate matter* (SPM), 71-89% hidrokarbon, 34-73% NO<sub>x</sub>, dan hampir seluruh karbon monoksida (CO) ke udara Jakarta. Di tempat-tempat padat di Jakarta, konsentrasi timbal bisa mencapai 100 kali dari ambang batas.

Jumlah emisi yang dihasilkan dari sektor transportasi dipengaruhi oleh 1. kecepatan kendaraan.

Arus lalu lintas kendaraan bermotor yang berkecepatan rata-rata rendah akan menyebabkan peningkatan konsentrasi terutama partikel karbon dioksida (CO) dan Hidrokarbon (HC). Zat ini lebih berbahaya karena mengganggu kesehatan daripada kendaraan yang berkecepatan tinggi. Kendaraan ini juga akan memproduksi lebih banyak emisi gas buang yang mengandung Nitrogen Oksid (NO<sub>x</sub>). Pemberian penghambat laju kendaraan di permukiman atau gang-gang, yang sering diistilahkan dengan "polisi

tidur<sup>10)</sup>, justru merupakan sumber polusi.

## 2. Usia kendaraan yang lama

Mesin kurang berfungsi/sempurna akibat pemeliharaan dan suku cadang kendaraan yang terbatas/ tidak diproduksi lagi. Karena itu, pembatasan usia kendaraan, terutama bagi angkutan umum, perlu dipertimbangkan sebagai salah satu solusi. Semakin tua kendaraan, terutama yang kurang terawat, semakin besar potensi untuk memberi kontribusi polutan udara.

## 3. Kondisi lalu lintas

Volume lalu lintas yang cenderung tinggi memberikan andil terbesar bagi pencemaran udara. Selain itu, potensi terbesar polusi oleh kendaraan bermotor adalah kemacetan lalu lintas. Karena itu, pengaturan lalu lintas, rambu-rambu, dan tindakan tegas terhadap pelanggaran berkendara dapat membantu mengatasi kemacetan lalu lintas sehingga mengurangi polusi udara.

## 4. Geometri jalan

Jalan tanjakan mengakibatkan penggunaan bahan bakar kendaraan bertambah yang berakibat pada bertambahnya polusi udara akibat emisi buang kendaraan tersebut.

## 5. Tipe kendaraan serta tipe bahan bakar yang digunakan dari setiap kendaraan.

Tabel 1 memperlihatkan baku mutu kendaraan bermotor di wilayah DKI Jakarta yang menunjukkan kadar polutan yang ditimbulkan. Berdasarkan sifat kimia dan perilakunya di lingkungan, dampak bahan pencemar yang terkandung di dalam gas buang kendaraan bermotor digolongkan sebagai berikut:

1. Bahan-Bahan Pencemar yang terutama mengganggu saluran pernafasan organ pernafasan merupakan bagian yang diperkirakan paling banyak mendapatkan pengaruh karena yang pertama berhubungan dengan bahan pencemar udara.

Tabel 1. Baku Mutu Kendaraan Bermotor di Wilayah DKI Jakarta

No.	Jenis Kendaraan Bermotor	Jenis Bahan Bakar	Mutu Udara Emisi			
			CO % vol	NoPpm	HCppm	Asap % vol
1	Mobil penumpang	- bensin/premium	4,50	1.200	1.200	-
		- solar	-	1.200	1.200	50
		- BBM 2 tak	4,50	1.200	1.200	50
		- Gas	-3	-	-	-
2	Mobil Barang	- bensin/premium	4,50	1.200	1.200	-
		- solar	-	1.200	1.200	50
		- gas	-3	-	-	-
3	Mobil Bis	- bensin/premium	4,50	1.200	1.200	-
		- solar	-	1.200	1.200	50
		- gas	-3	-	-	-
4	Sepeda Motor	- bensin/premium	4,50	2.800	2.400	-
		- BBM 2 tak	4,50	3.600	3.000	-

Sumber: Ditlantas Polda Metro Jaya 1998

### ***Oksida sulfur dan partikulat***

Sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>) merupakan gas buang yang larut dalam air yang langsung dapat terabsorpsi di dalam hidung dan sebagian besar disalurkan ke paru-paru. Karena partikulat di dalam gas buang kendaraan bermotor berukuran kecil, partikulat tersebut dapat masuk sampai ke dalam alveoli paru-paru dan bagian lain yang sempit. Sifat iritasi terhadap saluran pernafasan menyebabkan SO<sub>2</sub> dan partikulat dapat membengkakkan membran mukosa dan pembentukan mukosa dapat meningkatkan hambatan aliran udara pada saluran pernafasan.

### ***Oksida Nitrogen***

Di antara berbagai jenis oksida nitrogen yang ada di udara, nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>) merupakan gas yang paling beracun. Bagian dari saluran yang pertama kali dipengaruhi adalah membran mukosa dan jaringan paru. Organ lain yang dapat dicapai oleh NO<sub>2</sub> dari paru-paru adalah melalui aliran darah. Percobaan pada manusia menyatakan bahwa kadar NO<sub>2</sub> sebesar 250 µg/m<sup>3</sup> dan 500 µg/m<sup>3</sup> dapat mengganggu fungsi saluran pernafasan pada penderita asma dan orang sehat.

### ***Ozon dan oksida lainnya***

Karena ozon mempunyai kadar dalam air yang lebih rendah lagi larutannya dibandingkan SO<sub>2</sub> maupun NO<sub>2</sub>, hampir semua ozon dapat menembus sampai alveoli.

Ozon merupakan senyawa oksidan yang paling kuat dibandingkan NO<sub>2</sub> dan bereaksi kuat dengan jaringan tubuh. Evaluasi tentang dampak ozon dan oksidan lainnya terhadap kesehatan yang dilakukan oleh WHO (*World Health Organization*) task group menyatakan pemajanan oksidan fotokimia pada kadar 200-500 µg/m<sup>3</sup> dalam waktu singkat dapat merusak fungsi paru-paru anak, meningkat frekuensi serangan asma dan iritasi mata, serta menurunkan kinerja para olahragawan.

2. Bahan-bahan pencemar yang menimbulkan pengaruh racun sistemik.

Senyawa-senyawa yang masuk ke dalam hidung dan ada dalam mukosa bronkial juga dapat terbawa oleh darah atau tertelan masuk tenggorokan dan diabsorpsi masuk ke saluran pencernaan. Selain itu, ada pula pemajanan yang tidak langsung, misalnya melalui makanan, seperti timah hitam. Di antara senyawa-senyawa yang terkandung di dalam gas kendaraan bermotor yang dapat menimbulkan pengaruh sistemik, yang paling penting adalah karbon monoksida dan timbel.

### ***Karbon Monoksida***

Karbon monoksida dapat terikat lebih kuat dengan haemoglobin darah dibandingkan oksigen dalam membentuk karboksihaemoglobin (COHb), sehingga menyebabkan pasokan oksigen ke jaringan tubuh

terhambat. Paparan CO diketahui dapat memengaruhi kerja jantung (sistem kardiovaskuler), sistem syaraf pusat, juga janin, dan semua organ tubuh yang peka terhadap kekurangan oksigen. Pengaruh CO terhadap sistem kardiovaskuler cukup nyata teramati walaupun dalam kadar rendah. Pengaruh terhadap janin pada prinsipnya adalah karena paparan CO pada kadar tinggi dapat menyebabkan kurangnya pasokan oksigen pada ibu hamil yang konsekuensinya akan menurunkan tekanan oksigen di dalam plasenta dan juga pada janin dan darah. Hal ini dapat menyebabkan kelahiran prematur atau bayi lahir dengan berat badan rendah dibandingkan normal.

Menurut evaluasi WHO, kelompok penduduk yang peka (penderita penyakit jantung atau paru-paru) tidak boleh terpapar oleh CO dengan kadar yang dapat membentuk COHb di atas 2,5%. Kondisi ini ekuivalen dengan paparan oleh CO dengan kadar sebesar 35 mg/m<sup>3</sup> selama 1 jam, dan 20 mg/mg selama 8 jam. Oleh karena itu, untuk menghindari tercapainya kadar COHb 2,5-3,0 %, WHO menyarankan paparan CO tidak boleh melampaui 25 ppm (29 mg/m<sup>3</sup>) untuk waktu 1 jam dan 10 ppm (11,5 mg/mg<sup>3</sup>) untuk waktu 8 jam.

### **Timbel**

Timbel ditambahkan sebagai bahan aditif pada bensin dalam bentuk timbel organik (tetraetil-Pb

atau tetrametil-Pb). Timbel yang dikeluarkan sebagai gas buang kendaraan bermotor merupakan partikel-partikel yang berukuran sekitar 0,01µm. Pengaruh Pb pada kesehatan yang terutama adalah pada sintesis haemoglobin dan sistem pada syaraf pusat maupun syaraf tepi. Pengaruh pada sistem pembentukan Hb darah, yang dapat menyebabkan anemia, ditemukan pada kadar Pb-darah kelompok dewasa 60-80µg/100 ml dan kelompok anak > 40 µg/100 ml. Pada kadar Pb-darah kelompok dewasa sekitar 40 µg/100 ml, diamati telah ada gangguan terhadap sintesis Hb, seperti meningkatnya ekskresi asam aminolevulinat (ALA). Pengaruh pada enzim  $\delta$ -ALAD dapat diamati pada kadar Pb-darah sekitar 10µg/100 ml. Akumulasi protoporfirin dalam eritrosit (FEP), yang merupakan akibat dari terhambatnya aktivitas enzim *ferrochelatase*, dapat terlihat pada wanita dengan kadar Pb-darah 20-30 µg/100 ml, pada pria dengan kadar 25-35 µg/100 ml, dan pada anak-anak dengan kadar > 15 µg/100 ml. Pengaruh pada syaraf otak anak diamati pada kadar 60µg/100 ml yang dapat menyebabkan gangguan pada perkembangan mental anak. Timbel dapat menembus plasenta. Karena perkembangan otak yang khususnya peka terhadap logam ini, janinlah yang terutama mendapat risiko.

3. bahan-bahan pencemar yang dicurigai menimbulkan kanker Pembakaran di dalam mesin menghasilkan berbagai bahan pencemar dalam bentuk gas dan partikulat yang umumnya berukuran lebih kecil dari 2 $\mu$ m. Beberapa dari bahan pencemar ini merupakan senyawa-senyawa yang bersifat karsinogenik dan mutagenik, seperti etilen, formaldehid, benzena, metil nitrit, dan hidrokarbon poliaromatik (PAH). Emisi kendaraan bermotor yang mengandung senyawa karsinogenik diperkirakan dapat menimbulkan tumor pada organ lain selain paru-paru. Pada studi yang melibatkan populasi kecil (misalnya 1000 orang), terasa wajar apabila hasil studi tentang sejenis tumor yang hanya terjadi pada beberapa kasus per 100.000 orang, menjadi negatif. Di dalam studi eksperimental, adanya hubungan antara dosis dan respons untuk dosis rendah sangat sulit untuk dibuktikan karena kecilnya jumlah orang yang dapat diteliti.

4. Dampak terhadap lingkungan Senyawa CO<sub>2</sub> sebenarnya merupakan komponen yang secara alamiah banyak terdapat di udara. Oleh karena itu, CO<sub>2</sub> dahulunya tidak menempati urutan pencemaran udara yang menjadi perhatian lebih dari normalnya akibat penggunaan bahan bakar yang berlebihan setiap tahunnya. Pengaruh CO<sub>2</sub> disebut efek rumah

kaca. CO<sub>2</sub> diatmosfer dapat menyerap energi/panas dan menghalangi jalanya energi panas tersebut dari atmosfer ke permukaan yang lebih tinggi. Keadaan ini menyebabkan meningkatnya suhu rata-rata di permukaan bumi sehingga dapat mengakibatkan meningginya permukaan air laut akibat melelehnya gunung-gunung es, yang pada akhirnya akan mengubah berbagai sirkus alamiah.

**ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

Pencemaran udara dinyatakan dengan ppm (*part per million*). Contoh: 350 ppm karbon dioksida berarti dari sejuta molekul yang berbeda-beda di atmosfer, 350 molekul di antaranya adalah molekul karbon dioksida. Atau dengan kata lain, dalam satu juta molekul, 350 molekul merupakan karbon dioksida dan 999.650 molekul lain. Satuan yang dipakai untuk nilai ambang batas adalah bagian dalam sejuta yang disingkat dengan ppm (*part per million*). Satuan mg/m<sup>3</sup> biasanya dikonversikan kepada satuan mg/liter melalui

$$ppm = \frac{mg / liter}{M} \times 22,400 \times \frac{273 + t^{\circ}C}{273} \times \frac{760}{P}$$

(1)

dengan

ppm = *part per million* (bagian dalam sejuta)

M = berat molekul

P = tekanan dalam mm. Hg.

t = suhu dalam derajat Celcius

mg/l = satuan untuk ppm

Satuan pengukuran Partikulat *fallout* (jatuhan) dinyatakan dalam mg/cm<sup>2</sup> per waktu (mg/cm<sup>2</sup>, bulan atau mg/cm<sup>2</sup>,

tahun). Pengukuran partikulat tersuspensi dan kontaminan gas diberikan dalam masa per satuan volume seperti mikrogram per meter kubik ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) yang sebelumnya dalam ppm. Perubahan ppm menjadi  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dapat dilakukan sebagai berikut.

$$\mu\text{g}/\text{m}^3 = \frac{\text{ppm} \times \text{berat molekul} \times 10^5}{\text{L/mol}} \quad (2)$$

Liter per mol, yang dipengaruhi oleh suhu dan tekanan gas, menurut hukum Avogadro adalah satu mol dari gas menempati volume yang sama dengan satu mol gas lainnya pada tekanan dan temperatur yang sama. Pada  $273^\circ \text{K}$  atau  $0^\circ \text{C}$  dan tekanan 1 atm (760 mmHg) dalam kondisi standar untuk kebanyakan reaksi kimia, volume ini adalah 22,4 liter/mol.

Berikut merupakan contoh perhitungan konsentrasi polutan

A. Menggunakan Persamaan Matematis Teknik analisis data untuk menentukan konsentrasi polutan akibat emisi kendaraan bermotor, yaitu sebagai berikut:

1. Menganalisis komposisi lalu lintas yaitu data-data pada ruas jalan dan menghitung jumlah kendaraan berdasarkan jenisnya dan jenis bahan bakarnya.
2. Menormalisasi volume kendaraan ke satuan mobil penumpang (smp) yaitu menentukan nilai faktor pengali dan jenis kota lokasi penelitian serta jenis kendaraan. Setelah itu, dihitung volume kendaraan dalam smp/detik dengan mengalikan faktor pengali emisi CO dan NOx dengan jumlah

kendaraan. Faktor pengali untuk jenis emisi CO dan NOx dapat dilihat pada Tabel 2 dan 3.

3. Menghitung kekuatan emisi yaitu dengan mengetahui nilai faktor emisi kendaraan bermotor dengan menggunakan nilai faktor emisi (Tabel 3) dengan tipe kendaraan dan jenis bahan bakar. Setelah itu, diketahui konsumsi bahan bakar (Tabel 4) kemudian dihitung kekuatan emisi dengan menggunakan persamaan (3) sebagai berikut :

$$Q = n \times (\text{FE} \times K) \quad (3)$$

dengan

Q = Kekuatan emisi (gram/detik)

n = Jumlah kendaraan (smp/detik)

FE = Faktor emisi (gram/liter) (lihat Tabel 4)

K = Konsumsi bahan bakar (liter)

4. Menghitung Dispersi yaitu menentukan nilai  $\sigma_z$  dan  $\sigma_y$  menggunakan tabel nilai stabilitas atmosfer dengan mempertimbangkan jarak jalan ke reseptor dan data-data meteorologi meliputi kecepatan angin, jumlah awan, dan intensitas matahari.

Cara lain yang lebih mudah dilakukan dengan mengestimasi jarak berdasarkan kelas stabilitas atmosfer. Cara ini sedikit lebih kasar, tetapi sangat membantu.

Tabel 2. Faktor Pengali untuk Emisi CO

Jenis Kendaraan	Faktor Pengali Emisi CO			
	Metropolitan	Kota Besar	Kota Sedang	Lain-lain
Sepeda Motor	0,6	0,6	0,6	0,6
Kend. Penumpang	1	0,76	0,8	0,76
Kendaraan Berat	1,97	1,93	1,95	1,93

Sumber : Puslitbang Jalan PU dalam Dept. PU, 1999

Tabel 3. Faktor pengali untuk emisi NOx

Jenis Kendaraan	Faktor Pengali Emisi NOx			
	Metropolitan	Kota Besar	Kota Sedang	Lain-lain
Sepeda Motor	0,6	0,6	0,6	0,6
Kend. Penumpang	1	0,81	0,84	0,81
Kendaraan Berat	1,45	1,46	1,45	1,45

Sumber : Puslitbang Jalan PU dalam Dept. PU, 1999

Tabel 4. Faktor Emisi dari Sejumlah Tipe Bahan Bakar

Tipe kendaraan/ bahan bakar	Faktor emisi (gram/liter)						Catatan (km/l)
	NOx	CH <sub>4</sub>	NMV OC	CO	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	
Bensin:							
Kend. penumpang	21.35	0.71	53.38	462.63	0.04	2597.86	Ass 8.9
Kend. niaga kecil	24.91	0.71	49.82	295.37	0.04	2597.86	Ass 7.4
Kend. niaga besar	32.03	0.71	28.47	281.14	0.04	2597.86	Ass 4.4
Sepeda motor	7.12	3.56	85.41	427.05	0.04	2597.86	Ass 19.6
Diesel:							
Kend. penumpang	11.86	0.08	2.77	11.86	0.16	2924.90	Ass 13.7
Kend. niaga kecil	15.81	0.04	3.95	15.81	0.16	2924.90	Ass. 9.2
Kend. niaga besar	39.53	0.24	7.91	35.57	0.12	2924.90	Ass. 3.3
Lokomotif	71.15	0.24	5.14	24.11	0.08	2964.43	

Catatan: \*) liter ekuivalen terhadap bensin, Sumber: Dikompilasi dari IPCC (1996)

Tabel 5. Nilai Konstanta Penentu Standar Deviasi

Stabilitas	xr < 1 km				xr > 1 km		
	A	C	D	F	C	d	f
A	213	440,8	1,941	9,27	459,7	2,094	-9,6
B	156	106,6	1,149	3,3	108,2	1,098	2,0
C	104	61,0	0,911	0	61,0	0,911	0
D	68	33,2	0,725	-1,7	44,5	0,516	-13,0
E	50,5	22,8	0,678	-1,3	55,4	0,305	-34,0
F	34	14,35	0,740	-0,35	62,6	0,180	-48,0

Sumber : D.O. Martin dalam Dept. PU, 1999

Tabel 6. Perkiraan Nilai  $\sigma_z$  sebagai Fungsi dari Jarak pada Arah Angin dan Kelas Stabilitas Atmosfer

Jarak (x) Km	Kelas stabilitas dan nilai $\sigma_z$					
	A	B	C	D	E	F
0,1	27	19	13	8	6	4
0,2	50	36	23	15	11	8
0,4	94	67	44	29	21	14
0,7	155	112	74	48	36	24
1,0	215	155	105	68	51	34
2,0	390	295	200	130	96	64
4,0	550	370	245	180	180	120
7,0	880	610	400	300	300	200
10,0	1190	840	550	420	420	275
20,0	2150	1540	1000	760	760	500

Sumber: D.B. Turner dalam Dept. PU, 1999



Penjelasan Tabel 6

A = Sangat tidak stabil;

B = tidak stabil ringan;

C = Netral;

D = agak stabil;

E = stabil;

F = sangat stabil.

(Soemarno, 1999).

5. Menghitung konsentrasi polutan dengan menggunakan ketentuan model sumber emisi berdasarkan Keputusan Direktorat Jenderal Bina Marga No. 60/KPTS/Db/1999 tentang Pedoman Teknik Direktorat Jenderal Bina Marga No. 17/T/BM/1999 perihal tata cara prediksi polusi udara skala mikro akibat lalu lintas yaitu menghitung konsentrasi emisi CO

di udara dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$C(x,y,z) = \frac{Q}{\pi \cdot u \cdot \sigma_y \cdot \sigma_z} \exp \frac{-H^2}{2(\sigma_y)^2} \exp \frac{-y^2}{2(\sigma_y)^2} \quad (4)$$

dengan

C = Konsentrasi polutan (gr/m<sup>3</sup>)

Q = Kekuatan emisi (gr/detik)

H = Ketinggian sumber emisi (m)

(x,y,z) = Koordinat reseptor (m)

σ = Standar deviasi

u = Kecepatan angin rata-rata (m/detik) , z = 1,5 meter; y = 0

B. Menggunakan Alat Ukur

Tabel 7 menunjukkan jenis metode pengukuran untuk mengukur jenis polutan tertentu. Tabel 8 menunjukkan kadar polutan yang diizinkan WHO.

Tabel 7. Metode Pengukuran Polutan

NO	POLUTAN	METODE
1	SO <sub>2</sub>	Ultraviolet Fluorescence
2	NOX	Chemiluminescent
3	O <sub>3</sub>	Ultraviolet absorption
4	Dust < 10 μm	β-absorption
5	CO	Non-dispersive infrared
6	HC	Gas chromatography
7	Partikulat	HVS

Tabel 8. Panduan Kesehatan Berdasarkan WHO 2002a

Parameter	Baku mutu yang diperkenankan
CO	10 ppm/8 jam 30 ppm/24 jam
SO <sub>2</sub>	125 μg/m <sup>3</sup> /24 jam 500 μg/m <sup>3</sup> /10 menit
Pb	0,5 μg/m <sup>3</sup> /1 tahun
NO, NO <sub>2</sub>	200 μg/m <sup>3</sup> /1 hari
O <sub>3</sub>	120 μg/8 jam

Sumber: WHO, 2002

Dari hasil evaluasi tingkat pencemaran udara dari kota-kota besar, selain bahan bakar dan jenis kendaraan dan volume kendaraan yang memengaruhi tingkat pencemaran udara, faktor lain adalah keadaan topografi daerah, faktor meteorologi dan reaktivitas kimia setiap parameter. Dalam melakukan pengelolaan dan pengendalian pencemaran udara, faktor tersebut harus dipertimbangkan.

### 1. Penerapan Kebijakan

Dalam melakukan pengendalian pencemaran udara di kota-kota besar, pemerintah melakukan pengelolaan terhadap dua sumber yaitu sumber tidak bergerak (industri dan rumah tangga) dan sumber bergerak (kendaraan bermotor). Salah satu strategi yang diterapkan untuk pengendalian pencemaran udara dari sumber bergerak adalah penetapan kebijakan dan aturan serta program pengendalian lingkungan yang meliputi

- standar emisi kendaraan serta persyaratan pemeriksaan dan pemeliharaan kendaraan;
- penghentian pemakaian atau *retrofitting* kendaraan yang boros bahan bakar sehingga menimbulkan pencemaran tinggi;
- teknologi dan kualitas bahan bakar;
- manajemen efisiensi lalu lintas;
- investasi transportasi massal yang lebih baik, seperti bus dan kereta api;
- program penghijauan dengan memanfaatkan lahan sekitar lingkungan jalan dan sekitar lingkungan rumah;
- program pemeriksaan dan perawatan kendaraan bermotor dengan melibatkan peran serta masyarakat.

### 2. Pengendalian Lingkungan pada Siklus Proyek Jalan (Biaya Lingkungan)

Selain penerapan kebijakan, kegiatan pengendalian kualitas udara masih mengalami beberapa kendala di antaranya pada pendanaan proyek. Untuk itu, perlu dipertimbangkan adanya strategi manajemen kualitas udara (biaya lingkungan) pada proyek pembangunan/peningkatan jalan, yaitu dengan mengintegrasikan kegiatan pengendalian kualitas udara ini ke dalam siklus proyek jalan pada tahapan-tahapan sebagai berikut: prastudi kelayakan, studi kelayakan, perencanaan teknis, pra-konstruksi, konstruksi, dan pasca-konstruksi yang dalam pelaksanaannya dapat melibatkan peran masyarakat.

### 3. Penyertaan Masyarakat

Dalam kondisi negara yang masih berkembang, strategi penyertaan masyarakat dalam melakukan pengelolaan dan pengendalian kualitas udara merupakan alternatif yang sangat penting. Bagian yang sangat kritis dalam pengembangan konsep kota berkelanjutan dan pengelolaan lingkungan adalah mengubah atau memengaruhi kebiasaan pola konsumsi atau pola pikir masyarakat. Untuk itu, perlu dikembangkan program atau strategi penyuluhan dan pendidikan yang melibatkan peran serta masyarakat, melakukan kampanye melalui media massa mengenai keuntungan-keuntungan dalam penerapan program pengelolaan lingkungan berkelanjutan pada masa yang akan datang.

Beberapa kegiatan yang dapat melibatkan peran serta masyarakat dalam pengelolaan dan pengendalian kualitas udara di antaranya adalah

- penghijauan sekitar lingkungan tempat tinggal dan jalan;

- pemeliharaan dan pengujian emisi kendaraan secara teratur;
- penggunaan dan cara mengendarai kendaraan yang efektif dan efisien;
- pemeliharaan lingkungan sekitar jalan dengan menjaga kebersihan;
- kesadaran masyarakat pengguna jalan untuk menjaga kelancaran lalu lintas dan kebersihan lingkungan.

#### 4. Aplikasi Teknologi Pereduksi Pencemaran Udara

Dampak-dampak pencemaran udara kendaraan bermotor dapat dicegah dengan cara pemilihan rute lalu lintas yang cukup jauh dari areal berpenduduk dan mengurangi kemacetan lalu lintas, misalnya pembuatan jalan lingkar tidak memasuki areal permukiman, mempertahankan integritas komersial dan sosial jalan, tapi masih membolehkan akses ke jalan raya. Selain itu, dapat dilakukan mitigasi perbaikan desain untuk meminimalkan pencemaran udara akibat kendaraan bermotor meliputi

- pemilihan alinyemen jalan tidak melalui daerah dekat permukiman, sekolah, dan perkantoran;
- menyediakan kapasitas jalan yang memadai untuk menghindari kemacetan lalu lintas dengan proyeksi peningkatan arus lalu lintas pada masa yang akan datang;
- penghindaran penempatan perpotongan jalan yang sibuk;
- perhitungan pengaruh arah angin dalam penentuan lokasi jalan dan bangunan pelengkap, seperti pompa bensin di dekat permukiman;
- penghindaran lereng curam dan belokan tajam yang akan mendorong penurunan atau peningkatan kecepatan serta *shifting*;

- pelaburan jalan-jalan yang berdebu, terutama di daerah-daerah padat penduduk;
- penanaman pohon yang tinggi, berdaun lebat dan rapat di antara jalan dan pemukiman untuk menyaring pencemaran. Hasil studi dari Puslitbang Jalan dan Jembatan (Nanny K, dkk, 1998), pengendalian polusi udara untuk polutan NO<sub>x</sub> dan SO<sub>2</sub> dengan pemanfaatan tanaman jenis pohon dapat mereduksi 16,70 – 67,39%, jenis perdu 6,56 – 80,0%, dan jenis semak 18,13 – 67,33%. Besarnya reduksi tersebut, antara lain bergantung atas macam tanaman, kerapatan daun, konsentrasi polutan eksisting pada lokasi yang bersangkutan.

#### 5. Mewujudkan *Green Transportation*

Upaya mewujudkan transportasi yang ramah lingkungan pada dasarnya dapat dilakukan dengan mencegah terjadinya perjalanan yang tidak perlu (*unnecessary mobility*) atau dengan penggunaan teknologi angkutan yang dapat mengurangi dampak lingkungan akibat kendaraan bermotor. Bentuk-bentuk yang terkait dengan upaya ini dapat berupa pengembangan kawasan terpadu yang masuk katagori *compact city* seperti kawasan *super-block*, kawasan *mix-used zone*, maupun *transit-oriented development*. Selain itu, pengurangan jumlah perjalanan dapat dilakukan dengan melakukan manajemen kebutuhan transport *Transit Oriented Development* (TOD). TOD adalah upaya revitalisasi kawasan lama atau kawasan terpadu baru yang berlokasi di jalur-jalur transportasi utama seperti jalur KA dan *busway* dengan mengembangkan kawasan berfungsi campuran (*mixed-use*) antara fungsi hunian, komersial, dan

perkantoran. Dengan akses yang mudah terhadap aktivitas hunian, komersial, dan perkantoran serta jaringan transportasi umum yang terpadu dengan fasilitas pedestrian dan jalur sepeda, konsep kawasan TOD diharapkan dapat mengurangi kebutuhan pergerakan transportasi antarkawasan dan mengurangi penggunaan kendaraan bermotor pribadi. Kawasan TOD umumnya memiliki radius 400 - 800m dari pusat terminal, yaitu dalam jarak yang masih dapat ditempuh dengan berjalan kaki.

Beberapa bentuk manajemen kebutuhan transportasi yang mungkin dilakukan adalah

- menyediakan sarana angkutan umum yang cepat, murah, dan nyaman yang dapat menjangkau seluruh bagian kota;
- mendorong peningkatan okupansi kendaraan melalui kebijakan *ride-sharing*, *three-in-one*, *car-pooling*, dan lain-lain;
- menyediakan fasilitas untuk mendorong penggunaan sarana angkutan tak bermotor seperti jalur sepeda dan jalur pejalan kaki yang dapat mengurangi ketergantungan kepada kendaraan bermotor;
- menerapkan jam kerja yang lebih fleksibel atau penggeseran waktu kerja (*staggering work hours*) dan pemisahan waktu kerja dan sekolah untuk mengurangi beban lalu lintas pada jam puncak;
- membatasi penggunaan kendaraan pribadi melalui penerapan pembatasan plat nomor kendaraan yang dapat dioperasikan pada kawasan atau waktu tertentu;
- menerapkan *congestion pricing*, penenaan tarif parkir yang tinggi di kawasan-kawasan CBD (*Central*

*Business District*) untuk memberikan disinsentif bagi pengguna kendaraan pribadi.

#### 6. Sarana Transportasi Ramah Lingkungan.

Sarana transportasi yang dikembangkan untuk mengurangi dampak lingkungan akibat transportasi, seperti kebisingan dan polusi udara, umumnya mengarah ke penggunaan kendaraan tidak bermotor maupun penggunaan bahan bakar terbarukan seperti sinar matahari dan listrik. Bentuk-bentuk moda angkutan yang ramah lingkungan, antara lain

- pedestrian.  
Penyediaan sarana dan jalur pejalan kaki yang aman dan nyaman dapat mengurangi ketergantungan masyarakat terhadap penggunaan kendaraan pribadi. Jarak optimum yang dapat dijangkau dengan berjalan kaki umumnya adalah sekitar 400-500 meter.
- Sepeda.  
Sekarang dikembangkan kelompok-kelompok masyarakat yang mengusung ide penggunaan sepeda sebagai alternatif alat transportasi yang ramah lingkungan seperti gerakan *Bike-to-Work* (B2W). Sepeda dapat digunakan dengan kecepatan rata-rata 20 km/jam dan daya jelajah sekitar 1-5 kilometer.
- Sepeda Listrik.  
Alternatif lain dari sepeda manual adalah sepeda yang digerakkan dengan tenaga listrik baterai yang dapat diisi ulang. Kecepatan berkendara maksimum jenis sepeda ini adalah sekitar 40-60 km/jam dengan daya jelajah hingga 60 km.
- Kendaraan *Hybrid*.

Kendaraan yang dikembangkan dari bahan yang ultraringan, tapi sangat kuat seperti komposit. Sumber tenaga kendaraan jenis ini umumnya merupakan campuran antara bahan bakar minyak dan listrik yang dibangkitkan dari putaran mesin kendaraan melalui teknologi *rechargeable energy storage system* (RESS). Kendaraan jenis ini diklaim sebagai memiliki tingkat polusi dan penggunaan bahan bakar yang rendah.

- Kendaraan berbahan bakar alternatif.

Beberapa teknologi bahan bakar alternatif seperti biodiesel, etanol, hidrogen, atau kendaraan dengan teknologi yang dapat menggunakan dua jenis bahan bakar secara bergantian (*flexible fuel vehicle*).

- Kendaraan *hypercar*.

Kendaraan jenis ini memiliki fitur konstruksi sangat ringan, desain aerodinamis, penggerak berbahan bakar *hybrid*, dan beban aksesoris minimal.

## SIMPULAN

Dalam rangka pengurangan dampak akibat kegiatan transportasi, sangat dibutuhkan peran serta masyarakat sebagai pengguna dan pemerintah sebagai regulator dan pengambil kebijakan. Sosialisasi dan kegiatan-kegiatan non-teknis perlu dilakukan seperti kampanye *car free day*, *bike to work*, dan kecintaan untuk menggunakan angkutan umum massal. Rendahnya pengetahuan dan kepedulian masyarakat pengguna transportasi membuatnya mengabaikan dampak yang timbul akibat kegiatan transportasi. Tindakan pencegahan sangat penting dilakukan, misalnya memulai

untuk menggunakan energi alternatif seperti BBG, biodiesel, dan tenaga surya.

## DAFTAR PUSTAKA

Badan Pusat Statistik. 2009. *Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor dan Dampaknya terhadap Kesehatan*, A. Tri Tugaswati.

\_\_\_\_\_. 2009. "Dampak Kemacetan pada Lalu Lintas dan Kualitas Lingkungan di Kota Besar pada Negara Berkembang", *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol.7.

Kusminingrum, Nanny & G. Gunawan. TT. "Polusi Udara Akibat Aktivitas Kendaraan Bermotor di Jalan Perkotaan Pulau Jawa dan Bali". Bandung: Pusat Litbang Jalan dan Jembatan

Keputusan Direktorat Jenderal Bina Marga No. 60/KPTS/Db/1999 tentang Pedoman Teknik Direktorat Jenderal Bina Marga No. 17/T/BM/1999 perihal tata cara prediksi polusi udara skala mikro akibat lalu lintas.

Keputusan Menteri Perhubungan No.63 tahun 1993 tentang Persyaratan Ambang Batas Laik Jalan kendaraan Bermotor.

\_\_\_\_\_. TT. "Pengaruh Bahan Bakar Transportasi terhadap Pencemaran Udara dan Solusinya" (Makalah Kebijakan Energi). Yogyakarta: Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.

Peraturan Daerah Provinsi Daerah Khusus Ibu Kota Jakarta No.2 Tahun 2005 tentang Pengendalian Pencemaran Udara.

Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 04 tahun 2009 tentang ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor tipe baru

Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara

Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 05 Tahun 2006 tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama

Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 45 Tahun 1997 tentang Indeks Standar Pencemaran Udara

Susantono, Bambang, Danang Parikesit, Heru Sutomo Muhammad, Nanang Sigit W., Prasetya. TT. "Referensi Ringkas bagi Proses Advokasi Penyelenggaraan Transportasi", Masyarakat Transportasi Indonesia.

<http://buletinlitbang.dephan.go.id/index.asp>

[http://bulletin.penataanruang.net/view\\_printart.asp?idart=130](http://bulletin.penataanruang.net/view_printart.asp?idart=130)

<http://geo.ugm.ac.id>

<http://library.usu.ac.id>

<http://putraprabu.wordpress.com/2008/12/12/pencemaran-udara/>

[www.rudycr.com/PPS702-ipb/09145/farida.pdf](http://www.rudycr.com/PPS702-ipb/09145/farida.pdf)