

Pemodelan dispersi udara ambien oleh polutan karbon monoksida sektor transportasi di kota Bandar Lampung

Siti Anugrah Mulya Putri Ofrial*, Ahmad Zakaria, Dwi Herianto, Febriyan Dwi Wisena

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung 35145

*E-mail: siti.ofrial@eng.unila.ac.id

Abstrak

Penelitian ini akan memodelkan kualitas udara yang berada pada Lokasi Stasiun ISPU Kota Bandar Lampung yang padat penduduk. Mengidentifikasi dampak polusi kendaraan terhadap lingkungan, dalam rangka mengurangi kebutuhan bahan bakar kendaraan dan emisi yang dikeluarkan. Pengukuran konsentrasi kadar dari CO dilakukan dengan menggunakan CO meter. Data yang didapatkan nantinya akan dikomparasi dengan data stasiun yang didapatkan dari Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Provinsi Lampung, kemudian dihitung model dispersinya dengan menggunakan Gaussian Model yang akan digambarkan dengan software Octave. Didapat jarak minimum terbesar berdasarkan kendaraan berbahan bakar bensin sebesar 68,65 meter, sehingga menjadi acuan jarak aman pembangunan pemukiman agar kualitas hidup masyarakat dapat berlangsung dengan baik, yaitu kesehatan masyarakat dapat terjaga dan terhindar dari paparan pencemaran udara, khususnya CO.

Kata kunci: Dispersi, Pencemaran udara, CO, Transportasi, Emisi

1. Pendahuluan

Sektor transportasi merupakan penyumbang polusi yang berdampak cukup besar terhadap lingkungan, terutama akibat penggunaan bahan bakar fosil yang menjadi penyebab terjadinya pencemaran udara khususnya di daerah perkotaan. Pencemaran udara akibat gas buang lalu lintas dipengaruhi oleh volume lalu lintas, proporsi kendaraan berat, kecepatan, dan jarak antara sumbu jalan dengan titik yang di tinjau.

Pemerintah telah mengeluarkan aturan mengenai pengurangan emisi GRK (Gas Rumah Kaca) sebagaimana tercantum dalam Peraturan Presiden Nomor 61 tahun 2011 tentang Penyusunan Rencana Aksi Nasional penurunan emisi Gas Rumah Kaca (RAN-GRK). Pemerintah Indonesia berkomitmen menurunkan emisi GRK sebesar 26% dengan usaha sendiri atau 41% dengan bantuan internasional pada 2020. Emisi RAD-GRK Provinsi Lampung berasal dari 3 (tiga) bidang yaitu Berbasis Lahan, Berbasis Energi dan Pengelolaan Limbah, dimana pada tahun 2010 emisi Gas Rumah Kaca (GRK) mencapai sekitar 18 juta ton CO₂-eq, menurut Potret Rencana Aksi Daerah Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (RAD-GRK).

Secara visual pencemaran udara terlihat dari asap kendaraan bermotor. Fokus kepada salah satu emisi yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor yaitu CO. CO adalah salah satu parameter pencemar udara yang

memiliki persentase pencemaran tertinggi yang dihasilkan dari kegiatan transportasi di Provinsi Lampung. Perlu dilakukan penelitian mengenai penyebaran udara ambien, terkait dengan kesehatan masyarakat, jarak aman yang dapat digunakan sebagai referensi pembangunan permukiman masyarakat dengan kualitas udara ambien yang baik.

Penelitian ini berdasarkan besarnya persentase kontribusi CO pada ambien yang dihasilkan dari kegiatan transportasi pada lokasi sekitar Stasiun Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) Kota Bandar Lampung yaitu pada Jalan Pulau Sebesi Sukarame Bandar Lampung. Sukarame adalah kecamatan yang ramai serta padat penduduk, mengidentifikasi perlunya memahami dampak polusi kendaraan terhadap lingkungan, dalam rangka mengurangi kebutuhan bahan bakar kendaraan, dan emisi yang dikeluarkan. Dapat memberikan pertimbangan pengambil kebijakan dan pengguna jalan sehubungan dengan meningkatnya kepemilikan kendaraan dan dampak yang ditimbulkan terkait emisi gas buang kendaraan serta sangat pentingnya penelitian ini dilakukan sebagai masukan dalam upaya pemilihan jarak minimum aman permukiman serta mewujudkan Rencana Aksi Daerah (RAD) Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca polutan CO Provinsi Lampung.

2. Metodologi

2.1. Metode Analisis Data

Untuk melihat hubungan antara jumlah total kendaraan dengan konsentrasi polutan CO. Analisis data yang dilakukan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Analisis Deskriptif

Data jumlah kendaraan, konsentrasi CO di udara ambien, hasil perhitungan beban emisi dimuat dalam bentuk tabel dan grafik, serta ringkasan statistik menggunakan microsoft excel.

2. Analisis Statistik

a. Uji Distribusi Normal Kolmogorov Smirnov

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah data dalam variabel yang dianalisis berdistribusi normal.

b. Uji Korelasi Antar Dua Variabel

c. Uji Regresi Sederhana

d. Menghitung dispersi

Dispersi (penyebaran) ditentukan oleh faktor meteorologi, seperti kecepatan angin, suhu, kelembaban, yang dinyatakan dalam kelas stabilitas atmosfer, kemudian dilakukan persamaan dengan menggunakan *Gaussian Model (line source)*, kemudian di petakan dengan menggunakan *software Octave*.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Data Hasil Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di Simpang Empat Sukarama. Survey dilakukan pada waktu siang hari. Dari penelitian yang telah dilakukan maka didapat hasil survey kendaraan pada jalan di Kota Bandar Lampung, pemilihan Lokasi dikarenakan dekat dengan stasiun Penyerap Pencemaran Udara Provinsi Lampung.

Kemudian data hasil survey tersebut digunakan untuk mencari nilai beban emisi dengan menggabungkan data hasil survey dengan faktor emisi (FE) gas buang kendaraan. Dari faktor emisi tersebut maka dapat dihitung beban emisi dengan menggunakan rumus umum seperti berikut (Kementrian Lingkungan Hidup, 2010)

$$Q_n = Q_0 (1 + i)^n \quad (1)$$

Keterangan:

Q_n = Volume kendaraan n jam (kendaraan/jam)

Q_0 = Volume kendaraan saat ini (kendaraan/jam)

i = Faktor pertumbuhan lalu lintas saat ini (%/jam)

n = Jumlah jam rencana (jam)

Ditinjau dari hasil survey yang telah dilakukan maka perhitungan beban emisi memiliki beberapa hasil seperti pada tabel dibawah ini:

Tabel 1. Perhitungan beban emisi

bahan bakar	Jumlah kend 24 jm (kend /jm)	Faktor emisi (FE) (g/km /kend)	Panjang jalan (Km)	Beban emisi 24 jam (g/jm)
Utara				
Bensin	13.133	40	0,1	52.531
Solar	554	11	0,1	610
Selatan				
Bensin	125.296	40	0,1	501.182
Solar	10.165	11	0,1	11.181
Barat				
Bensin	50.710	40	0,1	202.841
Solar	6.207	11	0,1	6.828
Timur				
Bensin	18.841	40	0,1	75.362
Solar	641	11	0,1	705

3.2. Model Faktor Emisi

Emisi diperkirakan dengan menggunakan persamaan (Mathew, 2012). Melihat kendaraan yang ditinjau maka faktor emisi yang dihitung yaitu faktor emisi dari kendaraan pribadi berbahan bakar bensin dan kendaraan berat berbahan bakar bensin solar. Sehingga didapat: $ER_n = 40 \times 0,63 = 25,2$ untuk kendaraan berbahan bakar bensin sedangkan untuk kendaraan berbahan bakar solar dihitung sebagai berikut, $ER_n = 11 \times 0,7 = 7,7$. Sehingga didapat nilai dari faktor emisi untuk kendaraan berbahan bakar bensin sebesar 25,2 dan untuk kendaraan berbahan bakar solar sebesar 7,7.

3.3. Kualifikasi Elemen Pemodelan

Berdasarkan dari data hasil survey yang telah dilakukan jumlah kendaraan yang menghasilkan CO, maka dihitung sebagai tingkat emisi CO untuk keseluruhan kendaraan. Tingkat emisi CO dihitung per satu kendaraan ditinjau dari volume lalu lintas. Konsentrasi total emisi CO dari kendaraan dinyatakan dalam persamaan (1) yang dikembangkan oleh Tuner (1995) sebagai berikut:

$$C_x = \frac{Q}{\pi \sigma_y \sigma_z U} e^{-1/2 \left(\frac{H}{\sigma_z} \right)^2} e^{-1/2 \left(\frac{y}{\sigma_y} \right)^2} \quad (2)$$

Lalu untuk mencari besar tingkat emisi CO total sebuah kendaraan, maka harus mempertimbangkan kapasitas jalan atau volume lalu lintas maksimum, yang dinyatakan dalam persamaan (2) dan (3)

$$Q = (RC) \cdot q_c \quad (3)$$

$$RC = \left[\frac{(W.L_p)/V_t}{C_m} \right] \quad (4)$$

Keterangan:

Q = Jumlah emisi CO dari laju kendaraan
(Quantity)

RC = Kapasitas jalan (Road Capacity)

q_c = Tingkat emisi rata-rata CO untuk satu kendaraan

W = Lebar jalan berdasarkan tipe jalan (m)

L_p = Panjang jalan yang dilalui kendaraan

C_m = Rata - rata luas penampang satu kendaraan (m²)

V_t = kecepatan rata - rata kendaraan berdasarkan tipe jalan (m/s)

Kemudian nilai yang telah diketahui dimasukkan kedalam persamaan (2) dan (3) tersebut sehingga didapat jumlah emisi CO dari jumlah laju kendaraan dan juga nilai kapasitas jalan, yang dibedakan dari kendaraan berbahan bakar bensin dan kendaraan berbahan bakar solar. Berdasarkan dari data penelitian yang telah dilakukan maka nilai RC dibedakan menjadi kendaraan berbahan bakar bensin dan kendaraan berbahan bakar solar.

Dilihat dari hasil yang telah didapat melalui perhitungan persamaan (3) dan (4) dapat disimpulkan bahwa kendaraan berbahan bakar bensin memiliki jumlah emisi CO lebih besar yaitu 0,0509 ppm sedangkan jumlah emisi CO kendaraan berbahan bakar solar hanya memiliki nilai sebesar 0,0358 ppm.

Jarak komputasi munculnya CO ditunjukkan dengan kendaraan transportasi (Δh), yang kemudian dikembangkan melalui persamaan (5) dan persamaan (6) sebagai berikut (Wayson, 2000)

$$\Delta h = 1,6 \left[\frac{F_o t^2}{U} \right]^{1/3} \quad (5)$$

$$F_o = g v_s r_s^2 \left[1 - \left(\frac{T_a}{T_s} \right) \right] \quad (6)$$

Keterangan;

Δh = Peningkatan jarak (m)

F_o = Buoyancy factor (m⁴/s³)

T = waktu (s)

U = Kecepatan angin horisontal udara ambient (m/s)

g = Konstanta gravitasi = 9,81 m/s²

V_s = Kecepatan gas buang kendaraan (m/s)

r_s = Radius gas buang kendaraan (m)

T_a = Temperatur ambien (°C) dan

T_s = Temperatur gas buang kendaraan (K)

Maka bila nilai yang telah diketahui dimasukkan ke dalam persamaan (6) menjadi:

$$F_o = g v_s r_s^2 \left[1 - \left(\frac{T_a}{T_s} \right) \right]$$

$$F_o = 9.81 \cdot 0,4 \cdot 0,5^2 \left[1 - \left(\frac{27,85}{121,85} \right) \right]$$

$$= 0,7568 \text{ m}^4/\text{s}^3$$

Setelah hasil dari *Buoyancy factor* (F_o) diketahui maka, data tersebut di masukkan ke dalam persamaan (5) untuk mendapatkan jarak komputasi munculnya CO yang ditunjukkan oleh kendaraan transportasi sebagai berikut:

$$\Delta h = 1,6 \left[\frac{F_o t^2}{U} \right]^{1/3}$$

$$\Delta h = 1,6 \left[\frac{0,7568 \cdot 900^2}{14} \right]^{1/3}$$

$$= 56,39 \text{ m}$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan maka dapat dilihat jika jarak komputasi munculnya CO oleh kendaraan sebesar 56,39 m.

3.4. Dispersi Horisontal dan Vertikal (σ_y dan σ_z)

Untuk mengetahui dispersi horisontal dan dispersi vertikal maka dapat ditentukan dengan melihat grafik *Horizontal Dispersion Coefficient*. Sehingga didapat persamaan (6), (7) dan (8) sebagai berikut:

$$\sigma_y (\sigma_z)^3 = \left[\frac{19,3 \cdot Q \cdot \Delta h^2}{U} \right] \quad (7)$$

$$F(D_{\min}) = \sigma_y (\sigma_z)^3 \quad (8)$$

$$F(D_{\min}) = \left[\frac{19,3 \cdot Q \cdot \Delta h^2}{U} \right] \quad (9)$$

Contoh, misal terjadi sesuatu pada kondisi A, grafik (1) digunakan untuk mengembangkan F(D_{min}). Pengembangan persamaan sebagai berikut untuk grafik 1. (Crowl dan Louvar, 2002)

$$\sigma_y = 0,24 D (1 + 0,0001 D)^{-1/2} \quad (10)$$

$$\sigma_z = 0,32 D (1 + 0,0004 D)^{1/2} \quad (11)$$

Nilai - nilai numerik dari 0,0004 D_{min} dan 0,0001 D_{min} yang diberikan pada persamaan (9) dan (10) sangat kecil, mereka dapat dihilangkan dan persamaan:

$$\sigma_y = 0,24 (D_{\min}) \quad (12)$$

$$\sigma_z = 0,32 (D_{\min}) \quad (13)$$

berdasarkan persamaan (8), maka didapat:

$$F(D_{\min}) = 0,32 (D_{\min}) \cdot [0,24 (D_{\min})]^3 \quad (14)$$

$$F(D_{\min}) = 4,42 \times 10^{-3} (D_{\min})^4 \quad (15)$$

$$\left[\frac{19,3 \cdot \Delta h^2 \cdot Q}{U} \right] = 4,42 \times 10^{-3} (D_{\min})^4 \quad (16)$$

$$D_{\min} = 8,13 \cdot \Delta h^{1/2} \left(\frac{Q}{U} \right)^{1/4} \quad (17)$$

Sehingga didapat model umum yang ditulis sebagai berikut:

$$D_{\min} = k \frac{\Delta h^{1/2} \cdot Q^{1/4}}{U^{1/4}} \quad (18)$$

Berdasarkan dari hasil perhitungan yang telah didapat, bisa dilihat bahwa nilai Dmin untuk kendaraan berbahan bakar bensin memiliki nilai lebih besar yaitu 68,65 m, sedangkan untuk kendaraan berbahan bakar solar hanya sebesar 62,86 m. Untuk hasil dari perhitungan konstan kendaraan berbahan bakar bensin dan kendaraan berbahan bakar solar memiliki nilai yang sama yaitu sebesar 8,13.

3.5. Grafik Hasil Data Kadar CO

Dari hasil survei kadar emisi rata-rata CO untuk satu kendaraan dengan mengambil sampel pagi dan siang hari masing-masing selama satu jam maka di dapat data sebagai berikut:

Tabel 2. Survei kadar CO kendaraan

Waktu	Bensin	Solar
11.30 - 11.40	88	89
11.40 - 11.50	64	96
11.50 - 12.00	82	145
12.00 - 12.10	66	152
12.10 - 12.20	91	150
12.20 - 12.30	99	112
12.30 - 12.40	99	156
12.40 - 12.50	87	226
12.50 - 13.00	122	169
13.00 - 13.10	185	284

Berdasarkan data survey kadar CO di atas, maka dihasilkan grafik perbandingan kadar CO antara bensin dan solar yang ditinjau setiap 10 menit selama satu jam.

Gambar 1. Perbandingan kadar CO bensin dan solar

Grafik perbandingan kadar CO antara bensin dan solar menunjukkan bahwa kadar karbonmonoksida pada kendaraan berbahan bakar bensin lebih besar dari solar. Berdasarkan Standar Kesehatan Emisi Gas Buang karbon monoksida yang bersumber dari kendaraan bermotor dan proses industri bernilai 9 ppm, maka untuk rata-rata kadar CO yang hampir mencapai 120 ppm dinilai berbahaya dimana tingkat kualitas udara yang secara umum dapat merugikan kesehatan yang serius pada populasi.

3.6. Dispersi CO dengan Software Octave

Dalam penelitian ini didapatkan koordinat dan luaran CO pada 4 titik di sekitar wilayah stasiun pencemaran udara Provinsi Lampung, dapat dilihat dalam tabel berikut ini:

Tabel 3. Koordinat x,y,z dan luaran CO per titik

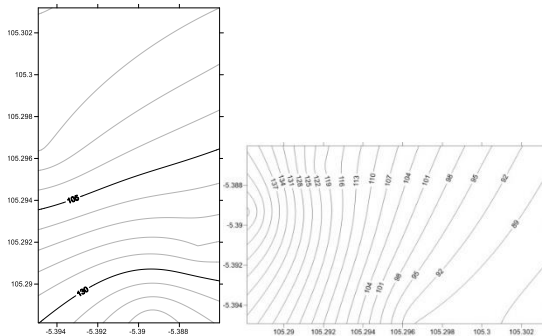
lat	lon	easting(x)	northing(y)	z (ppm)	jarak m	keterangan
-5.3870844	105.2918116	532.329.78	9.404.540.48	120	68.85	titik 1 P. LEGUNDI
-5.3860294	105.3031932	533.590.79	9.404.656.56	90	51.64	titik 2 BPLH KOTA
-5.38934770	105.2881480	531.923.04	9.404.290.28	150	86.06	titik 3 BAYPASS URIP
-5.3949162	105.2965452	532.853.42	9.403.674.84	89	51.06	titik 4 SUKABUMI

Pada masing - masing gambar di atas kemudian di lakukan transfer koordinat dan mengubahnya menjadi Universal Transverse Mercator (UTM). Sistem ini didasarkan pada model yang ellipsoidal bumi. Pemetaan wilayah besar utara - selatan dengan batas jumlah rendah distorsi, dengan menggunakan zona sempit dari 60 bujur sampai 800 km lebarnya dan mengurangi skala faktor sepanjang meridian sentral dengan hanya 0,0004 - 0,9996 (pengurangan 1:2500), jumlah distorsi diselenggarakan di bawah 1 bagian di 1000 dalam setiap zona. Distorsi skala meningkat menjadi 100.010 pada batas luar zona sepanjang khatulistiwa.

13.10 - 13.20	146	259
13.20 - 13.30	93	310

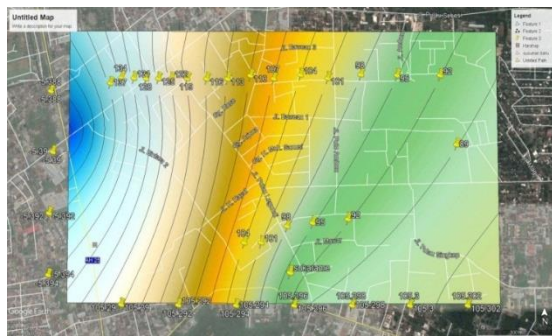
Pada setiap zona faktor skala meridian sentral mengurangi diameter silinder melintang untuk menghasilkan proyeksi garis potong dengan dua garis standar, atau garis-garis skala sebenarnya terletak disekitar 180 km di kedua sisi, dan kira -kira sejajar, pusat meridian (ARCCOs 0,9996 = 1,62° pada khatulistiwa). Faktor skala kurang dari 1 dalam baris-baris dan lebih besar dari 1 luar dari garis-garis, tetapi keseluruhan distorsi skala di dalam

zona seluruh diminimalkan. Berikut adalah hasil octave dapat dilihat dibawah ini



Gambar 2. Hasil Analisis Octave

Kemudian, kontur tersebut di beri pewarnaan dan dilakukan plotting ke dalam peta Google Earth, ini ditujukan agar lebih mudah dalam melihat penyebaran dari masing-masing titik yang telah ditentukan dan dilakukan analisis. Terlihat pada Google Earth dengan penyebaran seperti dibawah ini:



Gambar 3. Konturing pada Peta Google Earth

Dalam pembuatan Plotting menggunakan software tidak memiliki garis kontur dan pewarnaan yang baik, hal ini dikarenakan minimnya data yang didapat.

4. Kesimpulan

Dari hasil analisis telah didapatkan nilai dari faktor emisi untuk kendaraan berbahan bakar bensin sebesar 25,2 g/kg dan untuk kendaraan berbahan bakar solar sebesar 7,7 g/kg. Kemudian didapat jarak minimum terbesar berdasarkan kendaraan berbahan bakar bensin sebesar 62,86 meter, sehingga menjadi acuan jarak aman pembangunan pemukiman agar kualitas hidup masyarakat dapat berlangsung dengan baik, yaitu kesehatan masyarakat dapat terjaga dan terhindar dari paparan pencemaran udara, khususnya CO.

Grafik perbandingan kadar CO antara bensin dan solar menunjukkan bahwa kadar karbon monoksida pada kendaraan berbahan

bakar bensin lebih besar dari solar. Besar kecilnya kadar karbon monoksida (CO) tergantung dari proses pembakaran apakah berlangsung dengan sempurna atau tidak, konsentrasi karbon monoksida terbentuk akibat kekurangan oksigen sehingga proses pembakaran berlangsung tidak sempurna karena banyak atom karbon (C) yang tidak mendapatkan cukup oksigen.

Perlu dilakukan lebih lanjut terkait penelitian ini dengan skala yang lebih besar, semakin banyak data atau semakin rapat data yang didapat maka semakin akurat pemodelan dispersi yang dihasilkan.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terima kasih kepada lembaga penelitian dan pengabdian kepada masyarakat Universitas Lampung, kepada Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Lampung serta semua pihak yang telah banyak memberikan bantuan dalam penyelesaian penelitian ini.

Daftar Pustaka

- De Visscher, A. 2014. *Air Dispersion Modeling Foundations and Applications*. John Wiley & Sons, Inc, New Jersey.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Kementerian Negara Lingkungan Hidup. 1997. *Indeks Standar Pencemar Udara*, No.45, Menteri Negara Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Kementerian Negara Lingkungan Hidup. 2006. *Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama*, No 05, Menteri Negara Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Kementerian Negara Lingkungan Hidup. 2010. *Faktor Emisi Indonesia Berdasarkan Jenis Kendaraan*, No.12, Menteri Negara Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Kementerian Negara Lingkungan Hidup. 2012. *Baku Mutu Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Tipe Baru Kategori L3*, No.10, Menteri Negara Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Kementerian Perhubungan. 2006. *Kategori Indeks Tingkat Pelayanan Jalan*, No. 14, Dinas Perhubungan, Jakarta.

- Kementerian Perhubungan. 2006. *Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas di Jalan*, No.14, Dinas Perhubungan, Jakarta.
- Mathew, Dr. Tom V. 2012. IIT Bombay, India.
- Morlok. 1991. *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*, Erlangga, Jakarta.
- Ofrial. 2016. *Analisis Pengaruh Jumlah Kendaraan Pada Simpang Bersinyal Terhadap Emisi Polutan Karbon Monoksida (CO) Sektor Transportasi (Studi Kasus simpang Jl. Dr. Ir. Soekarno – MERR dan Jl. Semolowaru, Surabaya)*, Surabaya.
- Ofrial. 2019. *Model Matematis Kualitas Udara Ambien di Pelabuhan (Studi Kasus Pelabuhan Bakauheni Provinsi Lampung)*, Lampung.
- Pemerintah Republik Indonesia. 1999. *Pengendalian Pencemaran Udara*, No. 49, Pemerintah Republik Indonesia, Jakarta.
- Pradiphet, Padet. 2009. *Air Pollution Prevention Applications for the Transport Sector by Integrating Urban Area Transport and Vehicle Emission Models with the Case Study of Bangkok, Thailand*, Chulalongkorn University, Thailand.
- Soedomo, 2001, M. *Pencemaran Udara*. Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Tarigan, Abner. 2009. *Estimasi Emisi Kendaraan Bermotor di Beberapa Ruas Jalan Kota Medan*. Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Wardhana, Wisnu Arya, 2004, *Dampak Pencemaran Lingkungan*, Edisi Revisi Andi, Yogyakarta.