

ANALISA LAJU PERTUMBUHAN EMISI CO₂ KOTA PEKANBARU DENGAN MENGGUNAKAN POWERSIM

Sri Fitria Retnowaty, Oktaviana Saputri, Elsie, Wahyu

Program Studi Fisika Fakultas MIPA dan Kesehatan Universitas Muhammadiyah Riau
Program Studi Biologi Fakultas MIPA dan Kesehatan Universitas Muhammadiyah Riau
E-mail: fitriaretnowaty@yahoo.com, elsiesofyan@gmail.com

ABSTRAK

Gas karbon dioksida (CO₂) adalah salah satu gas rumah kaca yang berpotensi menyebabkan pemanasan global. Emisi gas tersebut yang berasal dari sisa pembakaran kegiatan transportasi, permukiman, dan industri saat ini cenderung meningkat. Salah satu cara untuk mengurunginya adalah dengan memanfaatkan tumbuhan untuk menyerapnya. Dalam penelitian ini dilakukan analisa Ruang Terbuka Hijau (RTH) eksisting di Kota Pekanbaru dalam menyerap emisi CO₂. Untuk mengetahui kemampuan RTH dalam menyerap CO₂ direncanakan dua skenario, yakni mengoptimalkan luas pepohonan pada RTH eksisting serta gabungan pengelolaan RTH yang belum dikelola pemerintah dan penambahan RTH baru. Analisis kemampuan penyerapan CO₂ oleh RTH eksisting dilakukan menggunakan simulasi model program Powersim

Kata Kunci: Emisi, karbon, monoksida, model, pemanasan

1. PENDAHULUAN

Udara sebagai komponen lingkungan yang penting dalam kehidupan perlu dipelihara dan ditingkatkan kualitasnya sehingga dapat memberikan daya dukungan bagi mahluk hidup untuk hidup secara optimal. Pencemaran udara dewasa ini semakin menampakkan kondisi yang sangat memprihatinkan.

Udara merupakan media lingkungan yang merupakan kebutuhan dasar manusia perlu mendapatkan perhatian yang serius. Pertumbuhan pembangunan seperti industri dan transportasi, disamping memberikan dampak positif namun disisi lain akan memberikan dampak negatif dimana salah satunya berupa pencemaran udara

Sumber pencemaran udara dapat berasal dari berbagai kegiatan antara lain industri, transportasi, perkantoran, dan perumahan. Berbagai kegiatan tersebut merupakan kontribusi terbesar dari pencemar udara

yang dibuang ke udara bebas. Sumber pencemaran udara juga dapat disebabkan oleh berbagai kegiatan alam, seperti kebakaran hutan, gunung meletus, gas alam beracun, dll. Dampak dari pencemaran udara tersebut adalah menyebabkan penurunan kualitas udara, yang berdampak negatif terhadap kesehatan manusia. Hampir sebagian besar mesin-mesin dan produk kendaraan bermotor yang digunakan dalam sektor transportasi dan industri menggunakan bahan bakar minyak (BBM) sebagai sumber energi. Penggunaan BBM sebagai sumber energi tidak akan terlepas dari senyawa-senyawa seperti CO dan CO₂ sebagai gas buang yang berkontribusi dalam fenomena rumah kaca.

Studi terdahulu menunjukkan bahwa peningkatan konsumsi energi dan emisi CO₂ yang paling signifikan terjadi di perkotaan karena didalamnya terjadi perpindahan populasi yang sangat cepat untuk

mendapatkan kehidupanyang lebih baik dan kemakmuran (Fong, W., *et.al*, 2008)

Pencemaran udara yang ditandai dengan meningkatnya kadar CO₂ di udara akan menjadikan lingkungan kota yang tidak sehat dan dapat menurunkan kesehatan manusia, oleh karenaitu konsentrasi gas CO₂ di udara harus diupayakan tidak terus bertambah naik. Salah satu cara untuk mereduksi CO₂ di daerah perkotaan adalah mengurangi emisi karbon dengan cara membangun Ruang Terbuka Hijau.Saat ini perkembangan pembangunan Kota Pekanbaru sebagai kota pelabuhan di Provinsi Riau berjalan dengan cepat. Cepatnya pembangunan Kota Pekanbaru dapat dibuktikan dengan meningkatnya jumlah penduduk kota, jumlah kendaraandi jalan raya dan jumlah industri. Sebagai contoh, jumlah penduduk Kota Pekanbaru tahun 2003 sebesar 173.188 jiwa, dalam tujuh tahun kemudian, jumlah pendudukmenjadi 254.300 jiwa atau mengalami peningkatan sebesar 46,83%. Berdasarkan hal tersebut maka dilakukan penelitian tentang analisa laju pertumbuhan emisi CO₂ di kota pekanbaru dengan menggunakan powersim.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Pada dasarnya penghitungan emisi menggunakan rumus dasar (KLH, 2009):

$$EGRK = \sum_i A_i \times EF_i$$

Dimana:

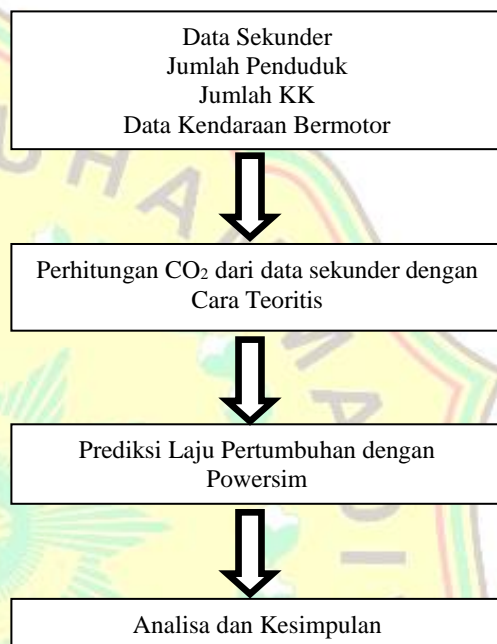
EGRK = Emisi suatu gas rumah kaca (CO₂, CH₄, N₂O)

A_i = Konsumsi bahan jenis i atau jumlah produks i

EF_i = Faktor Emisi dari bahan jenis i atau produksi

Faktor emisi ditentukan berdasarkan penelitian dan sangat spesifik untuk setiap bahan atau produk. Oleh karena

belum ada faktor emisi yang spesifik untuk Indonesia, maka digunakan faktor emisi yang sudah ditentukan CO₂ besi baja oleh IPCC. Rumus yang digunakan untuk menghitung emisi CO₂ dari beberapa sumber emisi dapat dilihat pada tabel 1.



Sumber Emisi	Rumus	Keterangan
Konsumsi Energi	Emisi CO ₂ = C _i x EF _i	C _i = Konsumsi bahan bakar jenis i EF _i = factor emisi CO ₂ bahan bakar jenis i
Industri Semen	Emisi CO ₂ = P _{semen} x F _{Clinker} x EF _{Clinker}	P _{semen} = Jumlah produksi semen F _{Clinker} = fraksi clinker dalam semen EF _{Clinker} = faktor emisi CO ₂ clinker
Industri Kapur	Emisi CO ₂ = P _{kapur} x EF _{kapur}	P _{kapur} = Jumlah produksi kapur (ton) EF _{kapur} = faktor emisi CO ₂ kapur
Industri Amoniak	Emisi CO ₂ = P _{amoniak} x EF _{amoniak}	P _{amoniak} = Jumlah produksi Amoniak (ton) EF _{amoniak} = faktor emisi CO ₂ Amoniak
Industri Metanol	Emisi CO ₂ = P _{metanol} x EF _{metanol}	P _{metanol} = Jumlah produksi metanol EF _{metanol} = faktor emisi CO ₂ Metanol
Industri Besi Baja	Emisi CO ₂ =	P _{Besi Baja} = Jumlah produksi besi baja (ton)

Sumber Emisi	Rumus	Keterangan
	$P_{\text{besi baja}} \times EF_{\text{besi baja}}$	$EF_{\text{Besi Baja}}$ = faktor emisi CO ₂ Besi Baja
Industri Besi	Emisi CO ₂ = $P_{\text{besi}} \times EF_{\text{besi}}$	P_{Besi} = Jumlah produksi besi (ton) EF_{besi} = faktor emisi CO ₂ besi

Emisi Dari Aktivitas Transportasi

Sebelum menghitung prediksi emisi CO₂, sebelumnya perlu diketahui jumlah kendaraan dan jumlah bahan bakar pada tahun yang diinginkan. Dengan diketahuinya jumlah kendaraan dan jumlah bahan bakar pada tahun yang akan datang, maka baru dapat dihitung prediksi emisi CO₂ di Kota Pekanbaru.

Proyeksi jumlah adalah dengan menggunakan metode regresi linier sederhana. Persamaan yang digunakan adalah:

$$\hat{Y} = b_0 + b_1 X \dots\dots\dots(1)$$

Nilai b₁ dan b₀ dihitung dengan menggunakan persamaan 2 dan persamaan 3.

$$b_1 = \frac{\sum X_i Y_i - [(\sum X_i)(\sum Y_i)]/n}{\sum X_i^2 - (\sum X_i)^2/n} = \frac{\sum (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sum (X_i - \bar{X})^2} \dots\dots\dots(2)$$

$$b_0 = \bar{Y} - b_1 \bar{X} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:

X_i = Tahun ke - n

Y_i = Jumlah Kendaraan/Bahan Bakar

n = Banyaknya data

\bar{Y} = Rata-rata jumlah kendaraan/bahan bakar

\bar{X} = Rata-rata jumlah tahun

\hat{Y} = Proyeksi jumlah kendaraan/bahan bakar

X = Tahun yang diinginkan

(Draper and Smith, 1992)

Setelah diketahui proyeksi jumlah kendaraan dan proyeksi jumlah bahan bakar pada tahun yang akan datang maka

selanjutnya dapat

dihitung emisi CO₂.

Faktor Konversi Kendaraan

Jumlah kendaraan yang akan dianalisis adalah total jumlah kendaraan tiap tahunnya kemudian dikonversi ke smp dengan cara mengalikan jumlah kendaraan dengan faktor konversi. Perhitungan dilakukan dengan persamaan 4 berikut:

$$n = m \times FK \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

n = jumlah kendaraan setelah dikonversi (smp)

m = jumlah kendaraan sebelum dikonversi (kendaraan)

FK = Faktor Konversi (smp/kendaraan)

Untuk memudahkan dalam analisis perhitungan dan keseragaman, maka jenis. Kendaraan dikonversikan terhadap kendaraan ringan (*Light Vehicle Unit/LVU*) dan digantikan dengan satuan mobil penumpang (smp) sehingga timbul nilai faktor jenis kendaraan tersebut terhadap smp. Dengan menggunakan ekivalensi, kita dapat menilai setiap jenis kendaraan ke dalam smp. Menurut Indonesia Highway Capacity Manual Part 1 Urban Road No. 09/T/BNKT/1993, pemakaian praktis nilai smp tiap jenis kendaraan digunakan nilai standar seperti pada Tabel 2.

Tabel 1. Konversi Jenis Kendaraan ke Satuan Mobil Penumpang

No.	Jenis Kendaraan	smp
1	Kendaraan Ringan	1
2	Kendaraan Berat	1,2
3	Sepeda Motor	0,25

Faktor Emisi Transportasi

Faktor emisi ditentukan berdasarkan penelitian dan sangat spesifik untuk setiap bahan atau produk. Pada Tabel 3 dan Tabel 4 adalah tabel faktor emisi untuk bahan bakar dan kendaraan berbeda.

Tabel 2. Faktor Emisi CO₂ Berdasarkan Jenis Bahan Bakar

CO ₂ Emission Factor (Kg/TJ)				
Fuel	Default	Lower	Upper	
Gasoline	69300	67500	73000	
Other Kerosene	71900	70800	73600	
Gas/Diesel Oil	74100	72600	74800	
Residual Fuel Oil	77400	75500	78800	
Liquefied Petroleum Gases	63100	61600	65600	
Other Oil	Refinery Gas	57600	48200	69000
	Paraffin Waxes	73300	72200	74400
	White Spirit & SBP	73300	72200	74400
	Other Petroleum Products	73300	72200	74400
Natural Gas	56100	54300	58300	

Sumber: Suhadi dalam Srikandi, 2008

Emisi dari aktifitas Pemukiman

Emisi akibat dari aktifitas

pemukiman disebabkan oleh:

- Penggunaan gas LPG untuk memasak.
- Pembakaran sampah rumah tangga

Jenis dari bahan bakar yang digunakan oleh masyarakat untuk memasak pada umumnya adalah gas LPG, penggunaan minyak tanah sudah jauh berkurang sejak dilakukan konversi minyak tanah ke LPG. Berikut ini adalah tabel faktor emisi dari penggunaan LPG dan sampah rumah tangga.

Tabel 3. Faktor Emisi Bahan Bakar

No.	Produk	Faktor Emisi CO ₂	Satuan
1	Bensin	69.300	
2	Solar	74.100	
3	Minyak Tanah	71.900	
4	Batubara	94.600	
5	LPG	63.100	
6	Briket Batubara	97.500	
7	Arang Kayu	112.000	
8	Kayu Bakar	112.000	

Sumber: Pedoman Inventarisasi Gas Rumah Kaca, IPCC,2006

Tabel 4. Faktor Emisi Sampah

No.	Produk	Faktor Emisi CO ₂ (Kg/Gg)	Faktor Emisi CH ₄ (Kg/Gg)

	sampah)	sampah)
1	Sampah (dibakar)	6500
	Makanan	0,323
	Kertas	0,009
	Plastik	1,595
	Kayu	0,904
	Tekstil	1,595
	Karet	0,239
	Lainnya	0,239
2	Sampah (dikompos)	10

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk menghitung produksi CO₂ kota pekanbaru diperlukan beberapa data pendukung, yaitu data jumlah penduduk dan keluarga di kota Pekanbaru, Jumlah dan Jenis Industri kota Pekanbaru, dan Jumlah serta jenis kendaraan di kota Pekanbaru. Tabel 5 menunjukkan data jumlah penduduk dan keluarga di kota pekanbaru per-tanggal 11 desember 2011.

Dari Tabel 5 terlihat bahwa total jumlah penduduk di kota pekanbaru adalah 898.391 orang dengan total 226.413 kepala keluarga. Jumlah terbanyak berada di kecamatan tampan yaitu sebanyak 42.808 kepala keluarga. Dari jumlah Penduduk dan keluarga dapat diprediksi jumlah penggunaan gas elpigi dan jumlah sampah yang dihasilkan selama setahun dengan asumsi, setiap keluarga menghasilkan rata-rata sampah 3 kg perhari dan menggunakan ga elpigi rata-rata 6 kg sebulan. Hasil perhitungan total penggunaan gas elpigi dan produksi sampah dapat dilihat dari Tabel 6.

Total Jumlah Produksi Co₂ dan Sampah rumah Tangga Sekota Pekanbaru selama Sebulan adalah 21.735.648 kg dan Total Jumlah Produksi CO₂ dan Sampah rumah Tangga Sekota Pekanbaru selama Setahun adalah 21.735.648 kg x 12 bulan = 260.827.776 kg. Selain produksi CO₂ dari rumah tangga perlu juga diketahui produksi

CO₂ dari kendaraan bermotor yang ada di kota pekanbaru. Data dinas perhubungan didapat total jumlah kendaraan bermotor

dengan berbagai jeninya seperti yang terlihat pada Tabel 7.

Tabel 5. Data jumlah keluarga dan penduduk kota Pekanbaru

No.	Kecamatan	Rumah Tangga	Penduduk		Jumlah Penduduk
			Laki-laki	Perempuan	
1	Tampan	42.808	89.344	86.290	175.634
2	Payung Sekaki	25.084	36.546	38.707	75.253
3	Bukit Raya	22.431	48.311	45.731	94.042
4	Marpoyan Damai	32.647	69.399	61.199	130.598
5	Tenayan Raya	27.220	56.559	55.470	112.029
6	Lima Puluh	10.407	20.284	21.339	41.623
7	Sail	5.864	11.276	11.517	22.793
8	Pekanbaru Kota	5.846	14.438	14.454	28.892
9	Sukajadi	15.844	23.490	24.044	47.534
10	Senapelan	8.166	17.694	18.320	36.014
11	Rumbai	15.602	34.782	32.164	66.946
12	Rumbai Pesisir	14.494	34.321	32.712	67.033
Pekanbaru		226.413	456.444	441.947	898.391

Tabel 6. Jumlah Penggunaan Gas Elpigi dan Produksi sampah Rumah tangga Kota Pekanbaru

No.	Kecamatan	Rumah Tangga	Penggunaan	Total	Produksi	Total Produksi
			Gas (kg/bulan)	Penggunaan Gas	Sampah (kg/bulan)	Sampah
1	Tampan	42.808	6	256848	90	3852720
2	Payung Sekaki	25.084	6	150504	90	2257560
3	Bukit Raya	22.431	6	134586	90	2018790
4	Marpoyan Damai	32.647	6	195882	90	2938230
5	Tenayan Raya	27.220	6	163320	90	2449800
6	Lima Puluh	10.407	6	62442	90	936630
7	Sail	5.864	6	35184	90	527760
8	Pekanbaru Kota	5.846	6	35076	90	526140
9	Sukajadi	15.844	6	95064	90	1425960
10	Senapelan	8.166	6	48996	90	734940
11	Rumbai	15.602	6	93612	90	1404180
12	Rumbai Pesisir	14.494	6	86964	90	1304460
Total				1358478		20377170

Tabel 7. Jenis dan Jumlah Kendaraan bermotor kota Pekanbaru Jumlah Kendaraan Bermotor (Umum dan Pribadi)

No	Jenis Kendaraan	Tahun 2009 (Unit)	Tahun 2010 (Unit)	Tahun 2011 (Unit)
1.	Sepeda Motor	619.289	811.415	973.698
2.	Mobil penumpang			
a.	Umum	2.430	2.356	1.572
b.	Pribadi	86.278	98.704	112.920
3.	Mobil barang			
a.	Umum	54.028	52.761	32.304
b.	Pribadi	0	0	0
4.	Bus besar			
a.	Umum	1.822	1.828	928
b.	Bukan umum	0	0	0
5.	Bus sedang			
a.	Umum	3.224	3.299	1.201

No	Jenis Kendaraan	Tahun 2009 (Unit)	Tahun 2010 (Unit)	Tahun 2011 (Unit)
	b. Bukan umum	202	189	176
6.	Bus kecil			
	a. Umum	0	0	0
	B. Bukan umum	0	0	0
7.	Kendaraan roda tiga			
	a. Umum	41	41	21
	b. Bukan umum	0	0	0
	Jumlah	767.314	970.593	1.122.820

Dari Tabel 7. terlihat peningkatan jumlah kendaraan di kota Pekanbaru mencapai angka 30% setiap tahunnya. Kemudian dapat dihitung jumlah emisi yang

dihasilkan dengan memprediksi penggunaan bahan bakar untuk setiap kendaraan perhari dengan memprediksi penggunaan bahan bakar untuk setiap kendaraan perhari.

Tabel 8. Total penggunaan BBM pertahun di kota Pekanbaru

No.	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan	BBM (L/hari)	Total BBM (L/hari)	BBM (L/bulan)	Total BBM (L/bulan)	BBM (L/tahun)	Total BBM (L/tahun)
1.	Sepeda Motor	973,698	1	973698	30	29210940	360	350531280
2.	Mobil penumpang							
	a. Umum	1,572	4	6288	120	188640	1440	2263680
	b. Pribadi	112,920	4	451680	120	13550400	1440	162604800
3.	Mobil barang							
	a. Umum	32,304	2	64608	60	1938240	720	23258880
	b. Pribadi	0		0	0	0	0	0
4.	Bus besar							
	a. Umum	928	10	9280	300	278400	3600	3340800
	b. Bukan umum	0		0	0	0	0	0
5.	Bus sedang							
	a. Umum	1,201	8	9608	240	288240	2880	3458880
	b. Bukan umum	176		0	0	0	0	0
6.	Bus kecil							
	a. Umum	0		0	0	0	0	0
	b. Bukan umum	0		0	0	0	0	0
7.	Kendaraan roda tiga							
	a. Umum	21	4	84	120	2520	1440	30240
	b. Bukan umum	0			0	0	0	0
	Jumlah	1,122,820		1515246	990	45457380		545488560

Tabel 7. menunjukkan hasil perhitungan jumlah penggunaan BBM selama satu tahun dari seluruh kendaraan yang ada di kota Pekanbaru. Pada tabel tersebut dihasilkan total penggunaan BBM pertahun adalah sebesar 877.559.760 liter.

Kemudian dihitung emisi yang dihasilkan dari kendaraan bermotor dengan mengalikannya dengan faktor emisi setiap jenis bahan bakar, Tabel 8. menunjukkan hasil emisi CO₂ dari bahan bakar.

Sehingga didapat total emisi CO₂ yang dihasilkan di kota pekanbaru adalah 1.21228E+12kg, Sedangkan daya serap CO₂ pertahun adalah 6.826.909,82kg. Dari penelitian ini didapat kesimpulan sementara bahwa kemampuan daya serap dari ruang

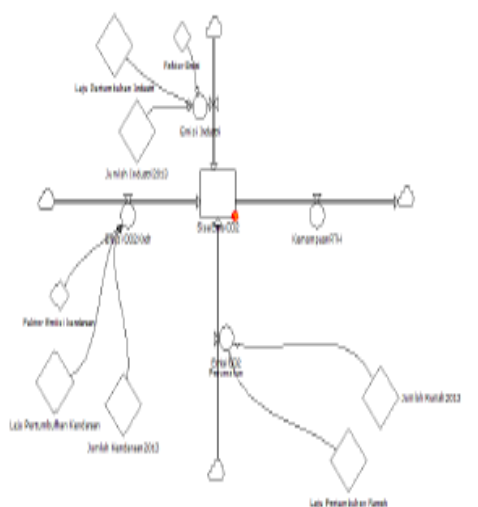
terbuka hijau yang ada di kota pekanbaru masih 20% dari CO₂ yang dihasilkan.

Dari program powersim yang digunakan untuk memprediksi jumlah produksi CO₂ di kota pekanbaru dari tahun ke tahun di dapat peningkatan jumlah.

Tabel 8. Hasil Emisi CO₂ dari kendaraan bermotor

No.	Jenis Kendaraan	Total BBM (L/tahun)	konversi ke kg	Faktor Emisi CO ₂	Total Emisi CO ₂
1.	Sepeda Motor	350531280	255887834	3180	8.13723E+11
2.	Mobil penumpang		0		0
	a. Umum	2263680	1652486	3180	5254906752
	b. Pribadi	162604800	118701504	3180	3.77471E+11
3.	Mobil barang		0		0
	a. Umum	0	0	3172	0
	b. Pribadi	0	0		0
4.	Bus besar		0		0
	a. Umum	3340800	2438784	3180	7755333120
	b. Bukan umum	0	0		0
5.	Bus sedang		0		0
	a. Umum	3458880	2524982	3172	8009244173
	b. Bukan umum	0	0		0
	Bus kecil		0		0
6.	a. Umum	0	0	3172	0
	b. Bukan umum	0	0		0
	Kendaraan roda tiga		0		0
7.	a. Umum	30240	22075	3180	70199136
	b. Bukan umum	0	0		0
	Jumlah	545488560	39820664880		1.21228E+12

Simulasi Powersim



Dari simulasi yang dicobakan seperti pada Gambar 4.3 didapatkan prediksi

pertambahan CO₂ pertahun dengan variabel laju pertumbuhan penduduk, laju pertumbuhan kendaraan, dan industri. Untuk masing-masing variabel dihitung laju pertumbuhan emisi CO₂ yang dihasilkan pertahun kemudian dijumlahkan, sehingga didapat laju penambahan emisi total pertahun. Untuk mengetahui sisa emisi pertumbuhan emisi total pertahun dikurangi dengan kemampuan daya serap RTH. Dari perhitungan menggunakan powersim didapatkan hasil laju pertumbuhan CO₂ kota Pekanbaru adalah 28,35 % pertahun

4. KESIMPULAN

Dari data yang telah didapat dan analisa yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Emisi CO₂ yang dihasilkan oleh pekanbaru dari kegiatan rumahtangga, industri dan transportasi adalah sebesar 1.21228E+12kg, pertahun.
2. Diprediksi dengan menggunakan powersim laju pertumbuhan setiap tahunnya adalah 28,33%.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1993, Penghijauan, Majalah Ilmiah KPPL DKI, Jakarta
- Anonim. 1999. Peraturan Pemerintah No.41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara. Jakarta.
- Arend, B. 1990. Motor Bensin. Jakarta:Erlangga
- Boedisantoso, R. 2010. Optimasi Model Mitigasi Dampak Perubahan Iklim Berdasarkan Kesetimbangan CO₂ di Perkotaan Metropolitan. Surabaya: Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS.
- Dahlan, E. N. 2007. Analisis Kebutuhan Luasan Hutan Kota Sebagai Sink Gas CO₂ Antropogenik Dari Bahan Bakar Minyak dan Gas Di Kota Bogor Dengan Pendekatan Sistem Dinamik. Disertasi. Bogor: Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor
- Draper, N.R., dan Smith, H. 1992. Analisis Regresi Terapan Edisi Kedua. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Fardiaz, S. 1992. Polusi Air dan Udara. Kanisius. Yogyakarta.
- Fong, W.K., Hiroshi M., Yu-Fat L., 2008, Application of System Dynamics Model as Decision Making Tool in Urban Planning Process Towards Stabilizing Carbon Dioxide Emissions From Cities, Building and Environment, Vol.44, pp 1528-1537).
- Indonesian Highway Capacity Manual Part I Urban Road No. 09/T/BNKT/1993, Directorate General of Highways Ministry of Public Works.1993.
- IPCC. 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Chapter 3: Mobile Combustion.