

**ANALISIS BEBAN PENCEMAR UDARA SO₂, NO₂ DAN HC
DENGAN PENDEKATAN *LINE SOURCE MODELING*
(STUDI KASUS DI JALAN MAGELANG YOGYAKARTA)**

***ANALYSIS OF AIR POLLUTER SO₂, NO₂, AND HC BY USING
LINE SOURCE MODELING APPROACH (CASE STUDY AT JALAN
MAGELANG YOGYAKARTA)***

Ahmad Zaky Maulana

Peneliti Balitbangda Provinsi Kalimantan Selatan
Jalan D.I. Panjaitan No. 34 Banjarmasin 70114
Pos-el: zaky.olan@yahoo.com

ABSTRACT

This research discuss the issue of air pollution caused by movable emission in Jalan Magelang, Yogyakarta. The objective of this research is to estimate the weight of emission resulted from motor vehicle pollution. To calculate polluter concentration, this research use line source modelling. The result shows that the bigger polluter concentration is NO₂ that reach 211,342 µg/m³ in the daytime. The bigger polluter contributor are pick up/truck type vehicles. The heaviest polluter weight is NO₂ that reach 299 ton/year.

Keyword: Air pollution, Motor vehicle, Line source modeling

ABSTRAK

Tulisan ini membahas tentang pencemaran udara akibat sumber emisi bergerak di jalan Magelang Provinsi D.I. Yogyakarta. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengestimasi beban pencemar yang berasal dari kendaraan bermotor. Metode yang digunakan dalam perhitungan konsentrasi pencemar adalah *line source modelling*. Dari hasil perhitungan menunjukkan konsentrasi pencemar terbesar adalah NO₂ sebesar 211,342 µg/m³ yang terjadi pada siang hari. Jenis kendaraan pikap/truk berkontribusi dalam menghasilkan beban pencemar. Beban pencemar tertinggi yang dihasilkan adalah NO₂ sebesar 299 ton/tahun.

Kata kunci: Pencemaran udara, Kendaraan bermotor, *Line source modeling*

PENDAHULUAN

Tingkat pencemaran udara di Yogyakarta cukup tinggi. Peningkatan jumlah kendaraan bermotor menjadi faktor utama penurunan kualitas udara. Perubahan kualitas udara dapat berupa perubahan sifat-sifat fisis ataupun sifat-sifat kimiawi. Perubahan kimiawi dapat berupa pengurangan ataupun penambahan salah satu komponen kimia yang terkandung dalam udara atau tercampurnya unsur berbahaya ke dalam atmosfer yang dapat

mengakibatkan terjadinya kerusakan lingkungan, gangguan kesehatan manusia secara umum, dan penurunan kualitas lingkungan.

Keputusan Gubernur D.I. Yogyakarta Nomor 153 Tahun 2002 tentang Baku Mutu Udara Ambien di Provinsi D.I. Yogyakarta telah menetapkan standar baku mutu ambien terdiri dari baku mutu udara ambien primer yang dipergunakan untuk melindungi manusia dan baku mutu udara ambien sekunder yang dipergunakan untuk melindungi hewan, tumbuh-tumbuhan,

jarak pandang, dan kenyamanan serta benda cagar budaya. Peraturan yang ada belum mampu mengendalikan jumlah kendaraan dan batasan umur kendaraan yang boleh beroperasi.

Permasalahan lain yang terjadi adalah jumlah penduduk yang masuk ke Yogyakarta lebih besar dibandingkan dengan penduduk yang keluar. Pendidikan merupakan faktor utama orang berdatangan ke Yogyakarta. Hal ini juga memicu pertambahan jumlah kendaraan bermotor yang tentu sangat berpengaruh pada kepadatan lalu lintas. Kondisi seperti ini menyebabkan peningkatan emisi gas buang yang berpengaruh terhadap penambahan gas-gas pencemar penyebab penurunan kualitas udara ambien. Jika keadaan ini terus dibiarkan, tidak menutup kemungkinan bahwa beberapa tahun ke depan akan terjadi degradasi lingkungan akibat penurunan kualitas udara secara drastis.

Berdasarkan fenomena tersebut, penulis merasa perlu melakukan penelitian untuk mengetahui beban pencemar di salah satu titik kepadatan di D.I. Yogyakarta agar hasil penelitian ini dapat menjadi dasar alternatif pemecahan masalah serta dalam pengambilan kebijakan terkait dengan pencemaran udara. Pertanyaan yang akan dijawab dalam tulisan ini adalah berapa konsentrasi pencemar tertinggi yang berasal dari kendaraan bermotor di Jalan Magelang Yogyakarta? Selain itu, jenis kendaraan apa yang memiliki kontribusi dalam menentukan beban pencemar dalam satu tahun?

Penelitian terdahulu berkaitan dengan pencemaran udara pernah dilakukan oleh Gugun Gunawan¹ yang menyebutkan bahwa transportasi di kota-kota besar merupakan sumber pencemaran udara yang terbesar, yakni 70% pencemaran udara di perkotaan disebabkan oleh aktivitas kendaraan bermotor. Penelitian yang sama juga dilakukan oleh Yanismai² yang menggambarkan hubungan pencemaran udara ambien yang langsung diukur dengan kepadatan lalu lintas.

Penelitian lain dilakukan oleh Ambar Yuliasuti.³ Ia lebih menitikberatkan tingkat polusi udara yang disebabkan karena adanya emisi gas buang kendaraan bermotor di pusat aktivitas masyarakat. Penelitian berkaitan dengan *line source modeling* dilakukan oleh Nagendra⁴

yang menjelaskan bahwa model dispersi udara sumber garis (*line source dispersion*) merupakan metode yang sangat penting untuk mengatur dan mengontrol sumber emisi pencemar kendaraan bermotor di daerah perkotaan. Model ini telah banyak dikembangkan untuk menggambarkan pendistribusian waktu dan tempat persebaran emisi pencemar udara melalui jalan raya. Hasil pengukuran yang telah dilakukan menggunakan model *line source* menunjukkan angka yang relatif tinggi.

Penelitian Analisis Beban Pencemar Udara SO₂, NO₂, dan HC dengan Pendekatan *Line Source Modeling* berbeda dengan penelitian-penelitian sebelumnya. Penelitian ini menggunakan pendekatan dispersi udara sumber garis (*line source dispersion*) yang dalam perhitungannya menggunakan koefisien dispersi untuk memasukkan faktor arah vertikal angin dan jumlah kendaraan saat pengambilan sampel. Model dispersi udara sumber garis tidak sepenuhnya digunakan dalam artian tidak menggunakan sistem CALINE dalam perhitungan. Penelitian ini lebih cenderung menggunakan faktor di lapangan.

Tulisan ini bertujuan untuk mengestimasi beban pencemar gas buang kendaraan bermotor dengan melihat konsentrasi pencemar untuk parameter SO₂, NO₂, dan HC. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui jenis kendaraan yang memiliki kontribusi terbesar beban pencemar dalam setahun.

Pencemaran udara pada suatu tempat dapat terjadi karena campuran dua atau lebih bahan pencemar, baik padat, cair maupun gas yang terdispersi ke udara kemudian menyebar ke lingkungan sekitar.⁵

Bahan pencemar yang terutama terdapat di dalam gas buang kendaraan bermotor adalah karbon monoksida (CO), berbagai senyawa hidrokarbon, berbagai oksida nitrogen (NO₂) dan sulfur (SO₂), dan partikulat debu termasuk timbel (Pb). Bahan bakar tertentu seperti hidrokarbon dan timbel organik dilepaskan ke udara karena adanya penguapan sistem bahan bakar. Lalu lintas kendaraan bermotor juga dapat meningkatkan kadar partikulat debu yang berasal dari permukaan jalan, komponen ban, dan rem.⁵

Pola sumber emisi yang berasal dari transportasi di jalan raya sering menggunakan pola

line source (sumber garis). Model ini merupakan model *sampling* untuk mengukur kualitas udara ambien berdasarkan jarak dengan jalan raya dan faktor kecepatan angin yang memengaruhi pencemaran polutan.⁶ Dalam pemodelan ini digunakan metode Gauss yang telah dimodifikasi oleh Turner untuk sumber garis dengan panjang jalan tak terbatas, sedangkan untuk panjang jalan terbatas menggunakan metode Gauss yang telah dimodifikasi oleh Sutton. Data masukan yang diperlukan adalah data-data meteorologi seperti arah dan kecepatan angin serta radiasi matahari.⁷

Finite Length Line Source atau sumber garis pada jalan yang terbatas dinilai jauh lebih baik daripada sumber garis pada jalan yang tak terbatas. Dengan beranggapan adanya angin/badai yang bertiup tegak lurus terhadap jalan, maka dipergunakan koefisien dispersi sebagai titik ukur pengambilan sampel. Koefisien dispersi merupakan garis lengkung Gauss yang dinyatakan berdasarkan faktor kestabilan cuaca dan panjang jarak pemaparan.⁸

Saat ini teknologi yang dapat digunakan untuk mengendalikan emisi sumber bergerak adalah *catalytic converter*. *Catalytic converter* adalah alat yang akan mereaksikan gas-gas buang yang berbahaya melalui reaksi kimia sehingga nantinya gas-gas tersebut akan berubah menjadi gas yang tidak berbahaya bagi lingkungan. Saat ini *catalytic converter* telah digunakan di banyak mesin mobil dan sepeda motor, bahkan beberapa motor bebek yang notabene sepeda motor murah sudah memasang teknologi ini. Sistem kerja teknologi ini adalah reduksi oksidasi, yakni polutan seperti NO₂ dan SO₂ akan direduksi menghasilkan oksigen. Hasil reduksi ini kemudian akan mengoksidasi gas HC untuk menghasilkan karbon dioksida dan air.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada Tahun 2008 di perempatan jalan Magelang dengan *ring road* utara D.I. Yogyakarta. Kriteria penentuan lokasi adalah jalan yang merupakan jalur utama menuju kota Yogyakarta.

Pengambilan data primer dilakukan dengan pengukuran SO₂, NO₂, dan HC. Pengukuran kualitas udara dilakukan dengan menggunakan

peralatan digital (*Monoxor II*, *Dioxor II* dan *AQ 5000*). Waktu pengambilan sampel sebanyak tiga kali, yaitu pagi (pukul 08.00 WIB), siang (pukul 12.00 WIB) dan sore (pukul 18.00 WIB) dengan asumsi sebagai waktu puncak kepadatan lalu lintas.

Analisis data dilakukan sebagai berikut:

- Analisis konsentrasi pencemar akibat kepadatan lalu lintas

Untuk mengukur konsentrasi pencemar akibat kepadatan lalu lintas dipergunakan model Dispersi Udara Sumber Garis. Dengan metode ini, sumber emisi diukur dan didistribusikan dengan mempertimbangkan jarak dari jalan raya dengan sumber emisi. Pada analisis data dengan menggunakan model dispersi udara sumber garis akan menerapkan formula sebagai berikut:

$$C = 2q / (2\pi)^{0,5} \sigma z \mu$$

Keterangan:

C = Konsentrasi pencemar (mg/m³)

q = Emisi rata-rata (g/m-s)

σz = Koefisien dispersi (m)

μ = Kecepatan angin (m/s)

- Estimasi beban pencemar kendaraan bermotor
Untuk mengetahui atau memperkirakan beban pencemar dan dari kendaraan bermotor, digunakan metode pendekatan panjang perjalanan kendaraan bermotor dengan persamaan sebagai berikut:

$$E_i = \sum VKT_j * FE_{i,j} * 10^{-6}$$

Keterangan:

E_i = Beban pencemar untuk polutan i

VKT_j = Total panjang kendaraan bermotor

Kategori j (km kendaraan/tahun)

FE_{i,j} (C) = Besarnya polutan i yang diemisikan untuk setiap (kilometer) perjalanan yang dilakukan kendaraan bermotor

(Nilai C pada pendekatan *line source*)

Panjang jarak pengendara ditentukan berdasarkan hasil wawancara dari pengemudi setiap jenis kendaraan.

- Analisis deskriptif.

Analisis deskriptif dilakukan untuk menginterpretasikan hasil perhitungan *line source modelling*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tingkat polusi udara di ruas jalan perkotaan selama 3 kali pengukuran, yaitu pukul 08.00 WIB, Pukul 12.00 WIB, dan pukul 18.00 WIB menggambarkan kecenderungan secara umum akan naik dimulai dari aktivitas kendaraan sampai dengan menjelang malam sekitar pukul 18.00 WIB dan puncak konsentrasi terjadi pada siang hari pukul 12.00 WIB. Jika melihat hasil pengukuran kualitas udara ambien yang dilakukan di jalan Magelang, terjadi kenaikan gas pencemar pada siang hari sejalan dengan meningkatnya radiasi matahari yang dipancarkan. Hal ini berarti menunjukkan bahwa faktor suhu dan kelembapan sangat memengaruhi tingkat pencemaran.

Suhu udara yang meningkat menyebabkan tekanan di permukaan bumi menjadi rendah. Hal ini membuat udara yang ada di atmosfer bergerak menuju bumi yang memiliki tekanan rendah bersama gas pencemar yang dibawa. Perbedaan tekanan udara dan kestabilan udara pada malam dan siang juga sangat memengaruhi.

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa gas pencemar yang melebihi standar baku mutu adalah gas hidrokarbon yaitu mencapai 713,47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ melebihi standar yang ditentukan sebesar 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Fluktuasi yang sangat drastis yang ditunjukkan oleh hidrokarbon disebabkan hidrokarbon merupakan gas pencemar yang memiliki massa yang ringan terutama metana. Hidrokarbon yang menjadi masalah dalam pencemaran udara adalah hidrokarbon berbentuk gas yang mengandung 1 sampai 4 atom karbon. Faktor kecepatan angin dan kendaraan bermotor akan sangat berpengaruh. Hal ini menyebabkan konsentrasi hidrokarbon bisa saja tidak terdeteksi sama sekali atau dapat terdeteksi sangat besar melebihi standar.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi gas pencemar yang melebihi standar baku mutu udara ambien Yogyakarta berdasarkan SK Gubernur No. 153/2002 adalah gas hidrokarbon yaitu mencapai 713,47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ melebihi standar yang ditentukan sebesar 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ yang terjadi saat pengukuran pada siang hari. Dalam waktu yang sama, hasil pengukuran SO_2 menunjukkan nilai sebesar 58,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ yang berarti masih di bawah standar baku mutu yang ditetapkan, yakni sebesar 900 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Hasil pengukuran

konsentrasi NO_2 sebesar 69,76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ juga berada di bawah standar baku mutu yang ditetapkan sebesar 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Konsentrasi hidrokarbon yang melebihi standar baku mutu terjadi akibat fluktuasi sangat drastis yang ditunjukkan oleh hidrokarbon. Hal ini disebabkan hidrokarbon merupakan gas pencemar yang memiliki massa yang ringan terutama metana. Hidrokarbon yang menjadi masalah dalam pencemaran udara adalah hidrokarbon berbentuk gas yang mengandung 1 sampai 4 atom karbon. Faktor kecepatan angin dan kendaraan bermotor akan sangat berpengaruh. Hal ini menyebabkan konsentrasi hidrokarbon bisa saja tidak terdeteksi sama sekali atau dapat terdeteksi sangat besar melebihi standar.

Line source modeling digunakan untuk memasukkan faktor jumlah kendaraan, emisi, dan koefisien dispersi yang berpengaruh pada kadar pencemar. Hasil perhitungan tentu akan berbeda dengan nilai pengukuran langsung menggunakan alat digital. Perhitungan *line source* menunjukkan bahwa konsentrasi pencemar yang paling besar adalah gas nitrogen dioksida (NO_2) sebesar 211,342 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Pada perhitungan *line source* jumlah konsentrasi pencemar yang dihasilkan tidak melebihi baku mutu yang ditetapkan. Berbeda dengan pengukuran kualitas udara ambien yang lebih banyak dipengaruhi oleh faktor klimatologi, *line source* cenderung dipengaruhi oleh faktor dari transportasi dan yang paling penting adalah pemakaian faktor emisi yang memengaruhi perhitungan emisi rata-rata serta volume lalu lintas yang ada.

Pada lokasi penelitian di jalan Magelang, suatu garis lurus dapat ditarik sebagai daerah yang tercemar dan mengandung SO_2 , NO_2 , dan HC. Hal ini berarti semua daerah dalam jarak 200 m dari titik nol lokasi penelitian dianggap telah tercemar. Namun, model *line source* dapat dibuat suatu tren untuk lebih mengetahui konsentrasi pencemar dalam jarak yang lebih jauh. Hal ini akan berpengaruh pada dispersi vertikal yang digunakan sesuai dengan jarak yang ditetapkan. Untuk memantau lebih jauh jangkauan pencemar dengan asumsi volume lalu lintas yang sama, tren garis lurus dapat diperpanjang menjadi 400 m hingga 1 km.

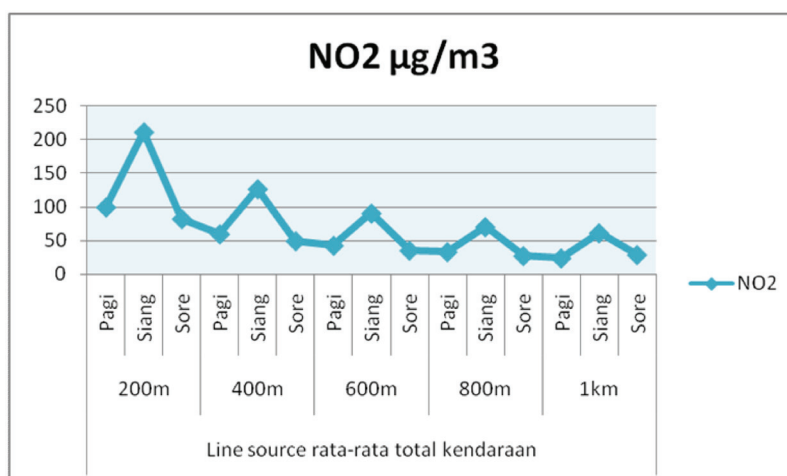
Untuk melihat tren kualitas udara berdasarkan *line source modeling* untuk polutan tertinggi yaitu NO₂ dapat dilihat pada gambar 1.

Dengan mengetahui pemakaian bahan bakar yang digunakan, kita dapat mengetahui bagaimana estimasi beban pencemar yang dihasilkan. Beban pencemar yang paling banyak dihasilkan adalah gas NO₂ oleh truk/pikap. Pada pukul 08.00 WIB beban NO₂ yang dihasilkan sebesar 294 ton/tahun, pada pukul 12.00 WIB beban pencemar NO₂ 299 ton/tahun dan pada pukul 18.00 WIB beban emisi NO₂ yang dihasilkan oleh kendaraan truk/pikap sebesar 142 ton/tahun.

Pemakaian dan jenis bahan bakar serta jarak yang ditempuh tiap jenis kendaraan sangat memengaruhi fluktuasi beban emisi. Massa jenis

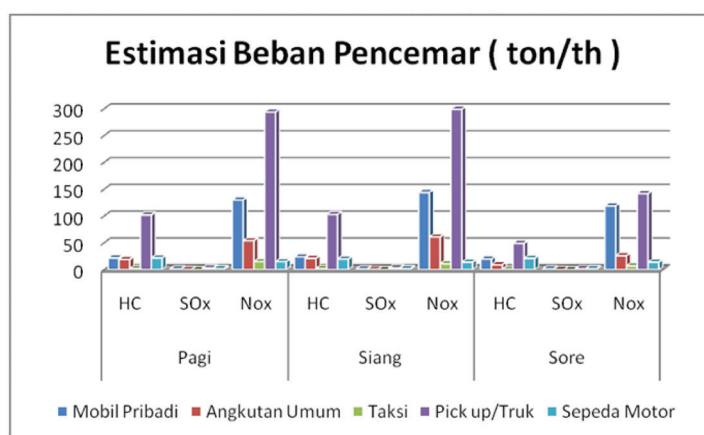
solar yang lebih berat daripada bensin tentu akan memengaruhi pemakaian hasil perhitungan beban emisi. Pada umumnya kendaraan yang memakai bahan bakar solar secara visual dianggap lebih berpotensi mencemari udara.

Menurut penelitian yang dilakukan Sugiyono¹⁰ di Pulau Jawa, VHC (*Volatile Hydro Carbon*) yang dihasilkan oleh sektor transportasi mempunyai jumlah yang cukup besar, yaitu 50% dari total emisi pada tahun 1996 dan naik menjadi 71% pada 2021. Pada saat ini emisi NO₂ dan VHC dari sektor transportasi mempunyai andil yang besar bagi pencemaran udara dan ditambah dengan emisi SPM (*Suspended Particulate Matter*) untuk jangka panjang. Sugiyono menyebutkan beberapa wilayah di Jawa akan mengalami pencemaran lingkungan untuk jangka panjang jika tidak ada



Sumber: Data Primer, 2008

Gambar 1. Tren *Line Source* untuk NO₂



Sumber: Data Primer, 2008

Gambar 2. Estimasi Beban Pencemar

tindakan pencegahan. Dampak polutan, seperti SO₂, NO₂, CO, HC, dan partikel lainnya (Pb/timah hitam) pada kesehatan manusia dan ekosistem dapat bermacam-macam.

KESIMPULAN

- Konsentrasi polutan terbesar adalah NO₂ yang terjadi pada pukul 12.00 WIB yaitu sebesar 211,34 μg/m³. Konsentrasi polutan yang dihitung merupakan polutan yang terdispersi sepanjang jalan. Kadar yang dihasilkan masih di bawah baku mutu udara ambien. Dalam perhitungan *line source*, jumlah kendaraan dan emisi merupakan faktor utama dalam menghasilkan konsentrasi gas pencemar.
- Estimasi beban pencemar yang paling banyak dihasilkan adalah gas NO₂ oleh kendaraan truk/pikap. Pada pagi hari pukul 08.00 WIB beban NO₂ yang dihasilkan sebesar 294 ton/tahun, pada siang hari pukul 12.00 WIB beban pencemar NO₂ 299 ton/tahun, dan pada sore hari pukul 18.00 WIB beban emisi NO₂ yang dihasilkan oleh kendaraan sebesar 142 ton/tahun.

SARAN

- Perlu sosialisasi kepada masyarakat tentang pentingnya ruang terbuka hijau, terutama di badan jalan jalur transportasi utama.
- Sosialisasi kepada masyarakat Yogyakarta tentang teknologi *catalytic converter* dalam menurunkan emisi gas buang.
- Pemerintah dan masyarakat secara bersama-sama membuat dan melestarikan taman hutan kota.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang sudah membantu, khususnya kepada pembimbing Bpk. Prof. Dr. Erman Aminullah yang telah memberikan pengarahan dalam penulisan karya tulis ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- ¹ Gunawan, Gugun. 1997. *Analisis Kerugian Akibat Polusi Udara di Jalan Perkotaan*. Laporan Penelitian. Puslitbang Jalan. Bandung
- ² Yanismai. 2003. *Hubungan antara Kepadatan Lalu Lintas dengan Kualitas Udara di Kota Padang*. Laporan Penelitian. Padang: UNP
- ³ Yuliastuti, Ambar. 2008. *Estimasi Sebaran Keruangan Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor di Kota Semarang*. Laporan Penelitian. Semarang: UNDIP
- ⁴ Nagendra, S.M.S. 2002. *Line source emission modelling- review*. *Atmospheric Environment* 36 (13), 2083-2098
- ⁵ Wardhana, Wisnu. 2001. *Dampak Pencemaran Lingkungan Edisi Revisi*, Penerbit Andi. Yogyakarta
- ⁶ Jungers, Briyan D. et al. 2006. *A Survey of Air Quality Dispersion Models for Project-Level Conformity Analysis*, Dept. of Civil and Env. Engineering University of California
- ⁷ Tjahyarini, Tjandra. 1992. *Studi Pemodelan Penyebaran Pencemaran Udara dari Kendaraan Bermotor Menggunakan Teori Gauss*. Bandung: Departemen Meteorologi dan Geofisika ITB
- ⁸ Cooper, C.D. et al. 1986. *Air Pollution Control: a design approach*. Boston: PWS Engineering.
- ⁹ <http://geowana.wordpress.com/2007/10/16/catalytic-converter/>
- ¹⁰ Sugiyono, Agus. 1998. *Strategi Penggunaan Energi di Sektor Transportasi*. Laporan Penelitian. Bandung: BPPT

LAMPIRAN

Perhitungan *Line source*

Perhitungan NO_2

Tabel 1.3. Perhitungan emisi rata-rata kendaraan siang (12.00)

Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan/ Jam	Jumlah Kendaraan	Faktor Emisi	Q = Emisi Rata-rata
roda 2	11.384	3,162222222	0,20	0,00063
roda 4	3.937	1,093611111	6,38	0,006977
Bus	634	0,176111111	7,98	0,001405
truk	1.782	0,495	7,98	0,003950

Tabel 1.4. Perhitungan konsentrasi pencemar NO_x siang (12.00)

Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan	2q	$2\pi^{0,5}$	μ	σz	C mg/m^3
roda 2	11.384	0,00126	2,505992817	1,36	9	0,041237387
roda 4	3.937	0,01395	2,505992817	1,36	9	0,454938141
bus	634	0,00281	2,505992817	1,36	9	0,091634371
truk	1.782	0,00790	2,505992817	1,36	9	0,257559069
					c rerata	0,211342242

Perhitungan SO_2

Tabel 1.9. Perhitungan emisi rata-rata kendaraan siang (12.00)

Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan/Jam	Jumlah Kendaraan	Faktor Emisi	Q = Emisi Rata-rata
roda 2	11.384	3,162222222	0,020	0,000063
roda 4	3.937	1,093611111	0,06	0,000068
bus	634	0,176111111	0,087	0,000015
truk	1.782	0,495	0,087	0,000043

Tabel 1.10. Perhitungan konsentrasi pencemar SO_x siang (12.00)

Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan	2q	$2\pi^{0,5}$	μ	σz	c (mg/m^3)
roda 2	11.384	0,000126	2,505992817	1,36	9	0,004123739
roda 4	3.937	0,000136	2,505992817	1,36	9	0,004421029
Bus	634	0,000031	2,505992817	1,36	9	0,000999021
Truk	1.782	0,000086	2,505992817	1,36	9	0,002807975
					c rerata	0,003087941

Perhitungan HC

Tabel 1.15. Perhitungan emisi rata-rata kendaraan siang (12.00)

Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan/ Jam	Jumlah Kendaraan	Faktor Emisi	Q = Emisi Rata-rata
roda 2	11.384	3,162222222	0,30	0,0009
roda 4	3.937	1,093611111	1,07	0,0012
Bus	634	0,176111111	2,76	0,0005
truk	1.782	0,495	2,76	0,0014

Tabel 1.16. Perhitungan konsentrasi pencemar HC siang (12.00)

Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan	2q	2π ^{0,5}	μ	σz	c(mg/m ³)
roda 2	11.384	0,001897	2,505992817	1,36	9	0,0619
roda 4	3.937	0,002336	2,505992817	1,36	9	0,0762
bus	634	0,000972	2,505992817	1,36	9	0,0317
truk	1.782	0,002732	2,505992817	1,36	9	0,0891
c rerata						0,0647

Tabel 1.17. line source 200 meter

Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan	Bahan Bakar	Faktor Emisi (G/Km)			Kecepatan Angin (M/S)	Dispersi Vertikal (M)	Konsentrasi Pencemar μg/M ³		
			Sox	Nox	HC			Sox	Nox	HC
Pagi										
roda 2	12.164	Bensin	0,020	0,20	0,30	2,72	9	2,2031	22,0314	33,0471
roda 4	3.621	Bensin	0,06	6,38	1,07	2,72	9	2,0331	209,2115	35,0216
bus	560	Solar	0,087	7,98	2,76	2,72	9	0,4412	40,4694	13,9969
truk	1.754	Solar	0,087	7,98	2,76	2,72	9	1,3819	126,7561	43,8404
Siang							Rerata	1,5148	99,6171	31,4765
roda 2	11.384	Bensin	0,020	0,20	0,30	1,36	9	4,1237	41,2374	61,8561
roda 4	3.937	Bensin	0,06	6,38	1,07	1,36	9	4,4210	454,9381	76,1558
bus	634	Solar	0,087	7,98	2,76	1,36	9	0,9990	91,6344	31,6931
truk	1.782	Solar	0,087	7,98	2,76	1,36	9	2,8080	257,5591	89,0806
Sore							Rerata	3,0879	211,3422	64,6964
roda 2	11.732	Bensin	0,020	0,20	0,30	2,37	9	2,4387	24,3870	36,5805
roda 4	3.203	Bensin	0,06	6,38	1,07	2,37	9	2,0640	212,3902	35,5537
bus	268	Solar	0,087	7,98	2,76	2,37	9	0,2423	22,2277	7,6878
truk	847	Solar	0,087	7,98	2,76	2,37	9	0,7659	70,2495	24,2968
Rerata								1,3777	82,3136	26,0297

LAMPIRAN 2

Analisa Beban Pencemar Kendaraan Bermotor

Tabel 2.1. Data konsumsi bahan bakar masyarakat untuk berbagai aktivitas

Jenis Kendaraan	Asal Perjalanan	Panjang Perjalanan (Km/hari)	Konsumsi Bahan Bakar (L)
Mobil Pribadi	Godean	20 km	2 liter
Angkutan Umum	Tempel	40 km	5 liter
Taksi	Tugu	35 km	4 liter
Pikap/Truk	Muntilan	70 km	9 liter
Sepeda Motor	Jalan Magelang	20 km	1 liter

Rumus yang digunakan :

$$E_i = \sum_{j=i}^n \text{VKT}_j * \text{FE}_{i,j} * 10^{-6}$$

Keterangan:

E_i = Beban pencemar untuk polutan i (ton/tahun)

VKT_j = Total panjang kendaraan bermotor kategori j (km kendaraan/tahun)

$\text{FE}_{i,1}$ = Besarnya polutan i yang diemisikan dari setiap (liter) penggunaan bahan bakar tipe 1 (g/liter bahan bakar) dengan melihat tabel 4,17

Kendaraan bermotor

1 tahun = (365 hari – 65 hari libur)

= 300 hari

Panjang perjalanan per hari = 20 km

Untuk estimasi beban emisi NOx

$\text{FE}_{i,1} = 12164 \times 20 \times 300 \text{ h/th} \times 0,2 \times 1/1000,000$

= 14,9 ton/tahun

Untuk estimasi beban emisi SOx

$\text{FE}_{i,1} = 12164 \times 20 \times 300 \text{ h/th} \times 0,026 \times 1/1000,000$

= 1,9 ton/tahun

Untuk estimasi beban emisi HC

$\text{FE}_{i,1} = 12164 \times 20 \times 300 \text{ h/th} \times 0,3 \times 1/1000,000$

= 22 ton/tahun

Tabel 2.2. Estimasi beban pencemar pagi (08.00-09.00)

Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan	VKT (km/hari)	Faktor Emisi (gm/km)				Total Emisi (tons/tahun)			
			HC	SOx	NOx	CO2	HC	SOx	NOx	CO2
Mobil pribadi	3402	20	1,068	0,062	6,380		22	1,27	130	-
Angkutan Umum	560	40	2,76	0,087	7,980		19	0,58	54	-
Taksi	219	35	1,070	0,062	6,380		2	0,14	15	-
Truk/Pikap	1.754	70	2,76	0,087	7,980		102	3,20	294	-
Sepeda motor	12.164	20	0,300	0,026	0,200		22	1,90	15	-
						Total	167	7	507	-

Tabel 2.3. Estimasi beban pencemar siang (13.00-14.00)

Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan	VKT (km/hari)	Faktor Emisi (gm/km)				Total Emisi (tons/tahun)			
			HC	SOx	NOx	CO2	HC	SOx	NOx	CO2
Mobil pribadi	3767	20	1,068	0,062	6,380		24	1,40	144	-
Angkutan Umum	634	40	2,76	0,087	7,980		21	0,66	61	-
Taksi	170	35	1,070	0,062	6,380		2	0,11	11	-
Truk/Pikap	1,782	70	2,76	0,087	7,980		103	3,26	299	-
Sepeda motor	11,384	20	0,300	0,026	0,200		20	1,78	14	-
						Total	170	7	529	-

Tabel 2.4 Estimasi beban pencemar sore (17.00-18.00)

Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan	VKT (km/hari)	Faktor Emisi (gm/km)				Total Emisi (tons/tahun)			
			HC	SOx	NOx	CO2	HC	SOx	NOx	CO2
Mobil pribadi	3098	20	1,068	0,062	6,380		20	1,15	119	-
Angkutan Umum	268	40	2,76	0,087	7,980		9	0,28	26	-
Taksi	105	35	1,070	0,062	6,380		1	0,07	7	-
Truk/Pikap	847	70	2,76	0,087	7,980		49	1,55	142	-
Sepeda motor	11,732	20	0,300	0,026	0,200		21	1,83	14	-
						Total	100	5	307	-