

ISSN : 1412 - 9612

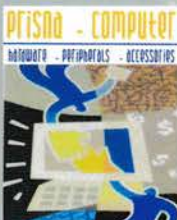
SIMPOSIUM NASIONAL

RAPI VI 2007

prosiding

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
Ruang Seminar Pasca Sarjana UMS, 13 Desember 2007

**PENGEMBANGAN TEKNOLOGI
MENUJU KEMANDIRIAN BANGSA**



UNIT
LAYANAN INDUSTRI
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Laboratorium Teknik Mesin - FT UMS



Agus Dwi Anggono, Masyrukan M170–M175

RAPI M-025

BOUNDARY ELEMENT METHOD FOR SHEAR DEFORMABLE PLATE
WITH MATERIAL NONLINEARITY

Supriyono M176–M183

RAPI M-026

REKAYASA PENINGKATAN KEKUATAN BENDING
DAN IMPAK KOMPOSIT SERAT KENAF
DAN SERAT GELAS HIBRID SANDWICH
DENGAN CORE KAYU SENGON LAUT

Agus Hariyanto M184–M191

RAPI M-027

COMPARISON RESULT OF FLEXURAL OF BEAM
WITH LABORATORY EXPERIMENTAL, FINITE ELEMENT ANALYSIS
AND THEORETICAL ANALYSIS

Wijianto M192–M200

RAPI M-028

EFEKTIFITAS PELEKATAN PIPA KAPILER PADA *LINE-SUCTION*

UNTUK MENINGKATKAN UNJUK KERJA FREEZER

Marwan Effendy, Sarjito M201–M209

JURUSAN TEKNIK SIPIL

RAPI S-001

ANALISIS DAMPAK LINGKUNGAN
PADA RENCANA PEMBANGUNAN JALAN TOL CISUMDAWU TAHAP 1

Yosafat Aji Pranata, Maksun Tanubrata S 1 – S 8

RAPI S-002

ANALISIS BANJIR JAKARTA
BERDASARKAN CITRA SATELIT
STUDI KASUS : KALI CIPINANG

M. Natsir, Tuti Gantini S 9 – S 14

RAPI S-003

PENGARUH OPTIMASI STRUKTUR FLATE-PLATE BETON BERTULANG
DENGAN ALGORITMA GENETIKA

UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS LINGKUNGAN

Olga Pattipawaej , Randi Primawan Nababan S15 – S22

RAPI S-004

PARAMETER NON-LINIER HIPERBOLIK PADA TANAH

Didiek Djarwadi S23 – S31

RAPI S-005

HUBUNGAN ANTARA KOEFISIEN PERMEABILITAS DAN KUAT TEKAN
PADA BETON YANG DIBUAT DENGAN MENGGUNAKAN SEMEN PORTLAND
TIPE I MAUPUN SEMEN PORTLAND-POZZOLAN

I Made Alit Karyawan Salain S32 – S37

RAPI S-006

PAYMENT for ENVIRONMENTAL SERVICES (PES)
TO SUPPORT RIVER BASIN CONSERVATION
IN AMPEL SUB-DISTRICT, BOYOLALI

Purwanti Sri Pudyastuti S38 – S45

RAPI S-007

ANALISIS LALULINTAS, PARKIR DAN KEBISINGAN
DI SOLO *GRAND MALL* SURAKARTA

Suwardi S46 – S53

RAPI S-008

INOVASI PENANGANAN JALAN BERMASALAH
DENGAN MEMAHAMI PERILAKU PERKERASAN
DAN MEKANISME KERUSAKANNYA

Arif Widiyanto S54 – S61

RAPI S-009

PERCEPATAN DAN PENAMBAHAN STABILITAS
CAMPURAN ASPAL DINGIN DENGAN FILLER SEMEN

Sri Widodo S62 – S69

RAPI S-010

KONSTRUKSI PENAMPUNG AIR UNTUK RUMAH TANGGA (PAURUT)
DENGAN SARINGAN PASIR CEPAT (SPC)

Ali Asroni, Yunalia Muntafi S70– S76

RAPI S-011

EMISI GAS BUANG OUTPUT LALU LINTAS KENDARAAN
(Studi Kasus Kawasan Pendidikan di Jl Slamet Riyadi Kleco, Surakarta)

Nurul Hidayati, Ika Setiyaningsih , Rosma D. Puspita S77– S87



Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Memberikan penghargaan kepada :

Ika Setyaningsih, ST, MT

sebagai

Pemakalah

dalam

SIMPOSIUM NASIONAL RAPI VI 2007
PENGEMBANGAN TEKNOLOGI
MENUJU KEMANDIRIAN BANGSA

ISSN : 1412 - 9612

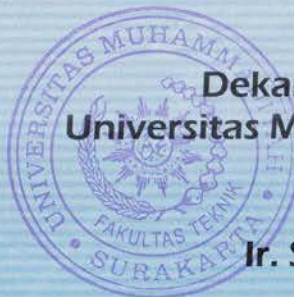


SIMPOSIUM NASIONAL
RAPI VI 2007

SERTIFIKAT
REKAYASA APLIKASI PERANCANGAN DAN INDUSTRI VI

Surakarta, 13 Desember 2007

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta



Sri Widodo
Ir. Sri Widodo, MT

Ketua Panitia
RAPI VI 2007

Agung Setyo Darmawan
Ir. Agung Setyo Darmawan, MT

EMISI GAS BUANG OUTPUT LALU LINTAS KENDARAAN (Studi Kasus Kawasan Pendidikan di Jl Slamet Riyadi Kleco, Surakarta)

Nurul Hidayati¹, Ika Setiyaningsih², Rosma D. Puspita³

^{1,2} Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil FT UMS

nh_hisyam@yahoo.com

Alumni Teknik Sipil FT UMS

Abstraksi

Perkembangan teknologi mengakibatkan beberapa dampak diantaranya adalah polusi. Penyumbang polusi udara terbesar di daerah perkotaan, khususnya daerah pemukiman, perkantoran maupun kawasan pendidikan adalah sektor transportasi. Daerah pendidikan di Surakarta banyak yang berada di jalur utama, diantaranya berada di sekitar Jl. Slamet Riyadi Kleco, Surakarta. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui emisi gas buang yang dihasilkan oleh lalu lintas kendaraan di daerah tersebut serta pengaruhnya terhadap kesehatan. Penelitian ini dilakukan di ruas Jl. Slamet Riyadi di sekitar SDN Kleco II dan SMP Muh 5 Surakarta. Data yang dicari adalah volume lalu lintas, waktu tempuh kendaraan, dan emisi gas buang. Data yang didapat kemudian dianalisis dengan menggunakan metode empirik dan metode pengukuran alat yang kemudian dibandingkan dengan baku mutu yang diijinkan. Hasil analisis menunjukkan kadar tiap polutan yang ditinjau di SDN Kleco II yang diperoleh dari persamaan adalah: nilai CO terbesar 1,007 ppm; HC 0,256 ppm; NO_x 18,596 ppm dan PM 16,802 µg/m³. Semua nilai CO dan PM adalah termasuk aman jika dibandingkan dengan Standar Kualitas Udara, sedangkan untuk nilai HC dan NO_x adalah tidak aman jika dibandingkan dengan Standar Kualitas Udara. Sedangkan di SMP Muh 5 nilai CO terbesar 0,864 ppm; HC 0,158 ppm; NO_x 9,411 ppm dan PM 7,756 µg/m³. Semua nilai CO, HC, NO_x dan PM adalah termasuk aman jika dibandingkan dengan Standar Kualitas Udara. Emisi yang dihasilkan dari hasil pengukuran di SDN Kleco II dengan jarak 30 m dari tepi jalan diperoleh nilai CO terbesar 2276,8 µg/m³; NO₂ 28,13 µg/m³; PM 84,5 µg/m³; Ox 69,3 µg/m³; SO₂ 36,28 µg/m³ dan Pb 0,2 µg/m³ masih termasuk aman jika dibandingkan dengan Baku Mutu Udara Ambien Nasional. Sedangkan di SMP Muh 5 diperoleh nilai CO sebesar 2513 µg/m³; NO₂ 16,55 µg/m³; PM 76 µg/m³; Ox 31,2 µg/m³; SO₂ 29,93 µg/m³ dan Pb 0,1 µg/m³, semuanya masih termasuk aman jika dibandingkan dengan Baku Mutu Udara Ambien Nasional. Berdasarkan rumus empirik maupun pengukuran dengan alat daerah ini nilainya masih di bawah batas ambang sehingga aman terhadap kesehatan.

Kata kunci : emisi gas buang; kendaraan; lalu lintas

PENDAHULUAN

Keberadaan transportasi selain memberikan dampak positif bagi masyarakat juga memberikan dampak negatif diantaranya kemacetan lalu lintas pada jam-jam sibuk yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan sekitarnya. Pencemaran yang berupa polusi suara (kebisingan) dan polusi udara (emisi gas buang kendaraan) terjadi juga di sekitar kawasan pendidikan yang letaknya di sekitar jalan-jalan utama. Daerah pendidikan di Surakarta banyak yang berada di jalur utama, diantaranya berada di sekitar Jl. Slamet Riyadi Kleco, Surakarta, yaitu SMP Muh 5 Surakarta dan SDN Kleco II Surakarta. Jalur ini dilewati oleh berbagai jenis kendaraan, baik yang bermotor maupun tak bermotor, termasuk bis besar bis Antar Kota Antar Propinsi, maupun truk besar angkutan barang.

Di satu sisi sekolah-sekolah tersebut mempunyai kelebihan yaitu lokasinya dekat dengan fasilitas penunjang (akses keluar masuk) bagi para pelajar, terutama yang menggunakan angkutan umum. Akan tetapi, karena lokasinya dekat dengan jalan raya (jalur utama) maka dampak negatif berupa polusi, khususnya polusi udara juga terjadi di kawasan pendidikan tersebut. Beberapa gas buang dari kendaraan berpotensi menjadi polutan yang berbahaya bagi kesehatan manusia dan makhluk hidup lainnya jika kadarnya melebihi batas yang diijinkan, diantaranya: Karbon Monoksida (CO), Nitrogen Oksida (NO_x), Sulfur Oksida (SO_x), Hidro Karbon (HC) dan lain-lain.

Melihat kondisi di atas, penelitian tentang emisi gas buang yang merupakan output (produk) lalu lintas kendaraan bermotor ini dirasa perlu dilaksanakan. Penelitian ini mempunyai tujuan: mengetahui apa saja gas-gas yang dihasilkan kendaraan dan berapa kadar masing-masing di tiap lokasi, serta bagaimana pengaruhnya terhadap kesehatan.

1. Transportasi

Transportasi yang mempunyai arti secara umum adalah pergerakan dari satu tempat ke tempat lain, di dalamnya mencakup pergerakan orang/barang yang tidak menggunakan kendaraan. Penekanan transportasi adalah pada proses pergerakan atau perpindahannya saja. Berdasarkan arti secara umum tersebut, dapat diketahui ada dua unsur pokok yang menyebabkan proses perpindahan, yaitu siapa yang berpindah dan/atau apa yang berpindah serta bagaimana cara perpindahannya.

Dua unsur pokok dalam transportasi tersebut kemudian lebih dikenal sebagai unsur *transport demand* dan *transport supply*. (Hidayati, 2006)

- Transport demand* berkaitan dengan permintaan transportasi akan ada, jika ada manusia/orang yang akan melakukan proses transportasi.
- Transport supply* berkaitan dengan penawaran akan prasarana dan sarana agar perpindahan dari manusia atau barang tersebut dapat berlangsung.

2. Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melewati suatu potongan jalan selama periode tertentu dalam kendaraan per satuan waktu.

Volume lalu lintas dalam kendaraan per jam dapat dihitung dengan rumus:

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{LV}} + Q_{\text{HV}} + Q_{\text{MC}} \quad (1)$$

dengan:

Q_{total} : volume total lalu lintas

Q_{LV} : volume kendaraan ringan

Q_{HV} : volume kendaraan berat

Q_{MC} : volume kendaraan bermotor

3. Kecepatan

Menurut Hobbs (1995), kecepatan dinyatakan sebagai laju perjalanan dalam jarak per satuan waktu. Satuan yang biasa digunakan adalah km/jam, mil/jam, m/dtk dan lain-lain.

Kecepatan bergerak (*running speed*) yang tinggi dengan kecepatan perjalanan (*travel speed*) yang rendah umumnya adalah tidak diinginkan. Hal ini menunjukkan selama perjalanan banyak berhenti, dengan penambahan percepatan dan perlambatan yang dipaksakan. Kecepatan perjalanan yang tinggi pada perjalanan jarak jauh, berarti banyak terjadi penghematan waktu, tetapi pada perjalanan jarak pendek khususnya di perkotaan, kecepatan perjalanan yang tinggi kurang penting bila ditinjau dari penghematan waktu.

Kecepatan kendaraan dihitung dengan menggunakan rumus:

$$V = \frac{S}{t} \quad (2)$$

dengan:

V : kecepatan kendaraan (km/jam)

s : jarak yang ditempuh (km)

t : waktu yang diperlukan (jam)

4. Polusi Akibat Emisi Gas Buang

Beberapa istilah terkait dengan emisi gas buang yang terdapat dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara Bab I Pasal 1 yaitu:

- Pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya.
- Udara ambien adalah udara bebas di permukaan bumi pada lapisan troposfir yang berada di dalam wilayah yurisdiksi Republik Indonesia yang dibutuhkan dan mempengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup dan unsur lingkungan hidup lainnya.
- Mutu udara ambien adalah kadar zat, energi atau komponen lain yang ada di udara bebas. Status mutu udara ambien adalah keadaan mutu udara di suatu tempat pada saat dilakukan inventarisasi.
- Baku mutu udara ambien adalah ukuran batas (kadar) zat, energi dan/atau komponen yang ada atau yang seharusnya ada atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam udara ambien. Perlindungan mutu udara ambien adalah upaya yang dilakukan agar udara ambien dapat memenuhi fungsi sebagaimana mestinya.

- e. Emisi adalah zat, energi atau komponen lain yang dihasilkan dari suatu kegiatan yang masuk atau dimasukkannya ke dalam udara ambien yang mempunyai atau tidak mempunyai potensi sebagai unsur pencemar.
- f. Sumber emisi adalah setiap usaha atau kegiatan yang mengeluarkan emisi dari sumber bergerak, sumber bergerak spesifik, sumber tidak bergerak maupun sumber tidak bergerak spesifik. Sumber bergerak adalah sumber emisi yang bergerak atau tidak tetap pada suatu tempat yang berasal yang berasal dari kendaraan bermotor.
- g. Ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor adalah batas maksimum zat atau bahan pencemar yang boleh dikeluarkan langsung dari pipa gas buang kendaraan bermotor.
- h. Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) adalah angka yang tidak mempunyai satuan yang menggambarkan kondisi mutu udara ambien di lokasi tertentu, yang didasarkan pada dampak terhadap kesehatan manusia, nilai estetika dan mahluk hidup lainnya.

Ketika menghirup udara dalam-dalam, sekitar 99% dari udara yang dihisap ialah gas Nitrogen dan Oksigen meskipun ada gas lain yang dihisap namun dalam jumlah yang sangat sedikit. Beberapa hasil penelitian menyatakan bahwa di antara gas yang sangat sedikit tersebut diidentifikasi sebagai gas pencemar. Di perkotaan, gas pencemar dapat berasal dari gas buang kendaraan, pabrik, asap rokok, dan sebagainya, yang berhubungan erat dengan aktifitas manusia sehari-hari.

Gas pencemar tersebut dalam keadaan tertentu dapat menyebabkan kerusakan pada jaringan paru manusia, hewan, tanaman, dan bangunan. Perubahan keadaan bahan kimia dalam atmosfer bumi karena polusi udara akan dapat juga mengubah iklim lokal, regional dan global, sehingga menaikkan jumlah radiasi sinar ultraviolet dari matahari ke permukaan bumi.

Tabel 1. Dampak polutan kendaraan bermotor pada kesehatan

Jenis polutan	Dampak pada kesehatan
Karbon Monoksida (CO)	Mengganggu proses pengabsorbsian oksigen oleh sel darah merah. Akibatnya kemampuan berpikir menurun, memperlambat refleks, radang tenggorokan dan rasa mengantuk. CO juga mempengaruhi pertumbuhan janin dan pembentukan jaringan pada bayi dan anak. Bersama polutan lain, CO bisa menyebabkan kematian pada orang-orang yang mempunyai problem dengan sistem pernapasannya. Tidak hanya itu saja CO juga bertanggung jawab terhadap turunnya produktivitas pekerja dan berbagai
Nitrogen Oksida (NO)	Melemahkan sistem pertahanan tubuh, sehingga virus lebih mudah menyerang, menyebabkan paru teriritasi sehingga muncul <i>bronchitis</i> dan <i>pneumonia</i> . Pada pengidap asma juga menjadi lebih sensitif terhadap debu dan serbuk tanaman. Makin besar dampaknya bila bersama-sama polutan lain.
Hidro Karbon (HC)	Mengiritasi mata, menyebabkan batuk dan rasa ngantuk serta menimbulkan bercak-bercak pada kulit. HC juga diduga karsinogenetik yaitu penyebab kanker serta bertanggungjawab pada perubahan kode genetik.
Ozon	Mengiritasi membran mukosa pada sistem pernapasan, menyebabkan batuk bersin dan kadang tersentak serta merusak fungsi pernapasan. HC dan NOx juga mengiritasi mata, jadi penyebab sakit kepala dan segala ketidaknyamanan lainnya, menurunkan kekebalan tubuh terhadap <i>flu</i> dan <i>pneumonia</i> . Bisa menyebabkan serangan jantung kronis, asma <i>bronchitis</i> dan <i>empisema</i> .
Timah Hitam (Pb)	Mempengaruhi fungsi reproduksi, peredaran darah, jaringan syaraf dan fungsi ginjal. Timah hitam juga diduga dapat menyebabkan sifat hiper-aktif dan menurunkan kemampuan belajar pada anak-anak. Bisa masuk melalui saluran pernapasan dan
Partikel (TSP)	Mengiritasi membran mukosa dan bisa menyebabkan penyakit saluran pernapasan. Partikel yang lebih halus bisa menyebabkan kanker paru. Ada korelasi yang kuat antara kadar TSP dengan angka kematian bayi di kawasan perkotaan.
Bahan beracun lainnya	Dicurigai menyebabkan kanker, gangguan pada fungsi reproduksi dan diketahui karsinogenik menyebabkan leukemia dan kanker paru. Aldehid dan Keton mengiritasi mata, membuat napastersengal-sengal dan bila terkena kulit bisa menyebabkan kanker kulit.

(Sumber: Anonim, 1997)

Secara fundamental polusi udara berbeda dari polusi suara (kebisingan), dalam arti bahwa sekali ia diemisikan ke atmosfer, maka polutan tersebut akan tetap berada di sana untuk beberapa waktu lamanya dan dapat dihantarkan oleh arus ke berbagai lokasi. Defusi polutan udara ke atmosfer dapat menyebarkan polusi yang mungkin akan mengurangi konsentrasinya, yang berarti pula mengurangi bahaya, tetapi mungkin pula akan menambah konsentrasi akibat bercampurnya dengan polutan lain dan ini akan tambah berbahaya. Berbeda dengan polusi udara, kebisingan hanya muncul sekejap dan tidak dapat berakumulasi dengan bertambahnya waktu.

Umumnya di perkotaan yang mempunyai banyak kegiatan industri dan teknologi serta lalu lintas yang padat, udaranya relatif sudah tidak bersih lagi karena sudah tercemar. Beberapa macam komponen pencemar udara yang paling banyak berpengaruh dalam pencemaran udara adalah: Karbon Monoksida (CO), Nitrogen Oksida (NOx), Sulfur Oksida (SOx), Hidro Karbon (HC), Partikel (*Particulate*) dan lain-lain

Polusi akibat emisi gas buang dari berbagai jenis kendaraan sangat berbahaya bagi kesehatan, baik secara langsung ataupun tidak langsung. Beberapa dampak jenis polutan kendaraan bermotor pada kesehatan dapat dilihat pada Tabel 1.

Polusi yang diakibatkan lalu lintas di jalan raya dipengaruhi oleh besarnya emisi gas buang kendaraan. Faktor-faktor yang mempengaruhi besaran emisi gas buang tersebut adalah: 1) jenis kendaraan, 2) jenis bahan bakar yang digunakan, 3) usia dan kualitas perawatan kendaraan, 4) kecepatan kendaraan dan fluktuasinya, 5) geometri jalan, dan temperatur mesin.

METODE PENELITIAN

1. Lokasi

Lokasi penelitian di Jl. Slamet Riyadi, Surakarta sekitar SDN Kleco II dan SMP Muh 5 Surakarta.

2. Alat Penelitian

Alat yang digunakan adalah: pengukur emisi, *stopwatch*, meteran, dan alat-alat tulis.

3. Tahapan Penelitian

Beberapa tahapan yang ada dalam penelitian ini, yaitu:

- a. Persiapan, terdiri dari: pengecekan alat-alat survai yang dipergunakan dan *surveyor* yang melaksanakan.
- b. Pengumpulan data primer (dilaksanakan pada tanggal 7, 10, 12 Juni 2004), terdiri:
 - Volume lalu lintas, diperoleh dengan cara pencacahan tiap jenis kendaraan, dengan interval 15 menit-an, selama periode survai.
 - Waktu tempuh, diperoleh dengan cara mengukur besarnya waktu yang diperlukan tiap jenis kendaraan untuk melewati suatu potongan jalan sepanjang 50 m.
 - Emisi gas buang, diperoleh dengan pengukuran menggunakan alat pengukur emisi. Gas buang yang diukur langsung adalah CO, SO₂, NO₂, Ox, TSP, Pb, sedangkan gas buang yang diperoleh dengan perhitungan adalah CO, HC, NOx, dan PM.
- c. Data sekunder, berupa data geometrik jalan dan peta lokasi.
- d. Analisa dan pembahasan

Besarnya emisi gas buang akibat lalu lintas kendaraan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

- Besaran emisi kendaraan
 - 1) Emisi kendaraan ringan

$$E_{kr} = (V_r \times FP_{kr} / 1000) \times FKK_{kr} \quad (3)$$

- 2) Emisi kendaraan berat

$$E_{kb} = (V_b \times FP_{kb} / 1000) \times FKK_{kb} \quad (4)$$

- Besaran emisi total tiap polutan

$$E_{total} = E_{kr} + E_{kb} \quad (5)$$

dengan:

V_r : volume kendaraan ringan (kend/jam)

V_b : volume kendaraan berat (kend/jam)

FP_{kr} : faktor polutan kendaraan ringan

FP_{kb} : faktor polutan kendaraan berat

FKK_{kr} : faktor konversi kecepatan kendaraan ringan tiap polutan

FKK_{kb} : faktor konversi kecepatan kendaraan berat tiap polutan

- Perkiraan besaran gas buang berdasarkan variabel jumlah kendaraan

- 1) Konsentrasi Karbon Monoksida rata-rata C (ppm) periode 3 jam

$$C = 2,96 + 0,00032V + 0,0000005V^2 \quad (6)$$

- dengan V : jumlah kendaraan yang lewat selama 3 jam
- 2) Konsentrasi Nitrit Oksida N ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
 $N=46,9-0,036+0,00004T^2$ (7)

dengan:

T : arus lalu lintas perjam

- 3) Tingkat asap ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
 $S=0,49+0,022V$ (8)

dengan V : jumlah kendaraan yang lewat selama 3 jam

Ada beberapa persamaan rumus yang menggunakan variabel V atau T untuk menyatakan volume lalu lintas (kend/jam), agar variabel yang dipakai sama dengan variabel pada rumus sebelumnya, maka selanjutnya dalam analisis untuk menyatakan volume lalu lintas variabel yang digunakan adalah Q.

Prakiraan besaran emisi gas buang menurut standar kualitas udara dapat dilihat pada Tabel 2, baku mutu udara ambien nasional yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3, faktor pengali prakiraan besaran emisi gas buang lalu lintas pada jalan raya dapat dilihat pada Lampiran 1. yang berdasarkan faktor konversi seperti pada Lampiran 2.

Tabel 2. Standar kualitas udara

Polutan	Batasan	Lembaga
<i>Suspended matter</i>	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (annual mean)	WHO
<i>Total suspended particulates</i>	90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (annual mean) 0,26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24 hour max)	AHRMC Indonesia
<i>Particulate matter < 10 μm</i>	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (annual mean) 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24 hour max)	US EPA
<i>Lead</i>	$\mu\text{m}/\text{m}^3$ (90 day average)	AHRMC
<i>Carbon monoxide</i>	87 ppm (15 minutes max) 25 ppm (1 hour max) 9 ppm (8 hour max) 8 ppm (8 hour)	WHO WHO AHRMC Indonesia
<i>Nitrogen dioxide</i>	16 pphm (1 hour max) 5 pphm (annual mean) 92,5 $\mu\text{m}/\text{m}^3$ (3 hr)	AHRMC US EPA Indonesia
<i>Non methane</i>	160 $\mu\text{m}/\text{m}^3$ (3 hr max/year)	US EPA
<i>Hydro carbons</i>	0,25 ppm (3 hr)	Indonesia
<i>Ozone</i>	12 pphm (1 hour max)	AHRMC

(Sumber: Murwono, 1999)

Tabel 3. Baku mutu udara ambien nasional

Parameter	Waktu ukur	Baku mutu
SO ₂ (Sulfur Dioksida)	1 Jam	900 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$
	24Jam	365 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$
	1 Thn	60 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$
CO (Karbon Monoksida)	1 Jam	30.000 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$
	24 Jam	10.000 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$
NO ₂ (Nitrogen Dioksida)	1 Jam	400 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$
	24 Jam	150 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$
	1 Thn	100 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$
O ₃ (Oksidan)	1 Jam	235 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$
	1 Thn	50 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$
HC (Hidro Karbon)	3 Jam	160 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$
PM ₁₀ (Partikel < 10 μm)	24 Jam	150 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$
PM _{2,5} (Partikel < 2,5 μm)	24 Jam	65 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$
	1 Thn	15 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$
TSP (Debu)	24 Jam	230 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$
	1 Thn	90 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$
Pb (Timah Hitam)	24 Jam	2 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$
	1 Thn	1 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$
Dustfall (Debu Jatuh)	30 Hari	10 Ton/Km ² /Bln (Pemukiman)
		20 Ton/ m ² /Bln (Industri)

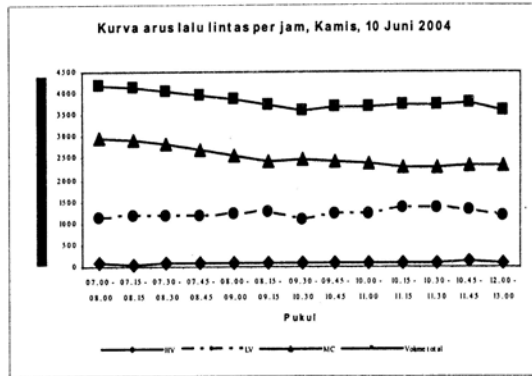
(Sumber: BAPEDAL, 1999)

Catatan: PM_{2,5} mulai diberlakukan Tahun 2002.

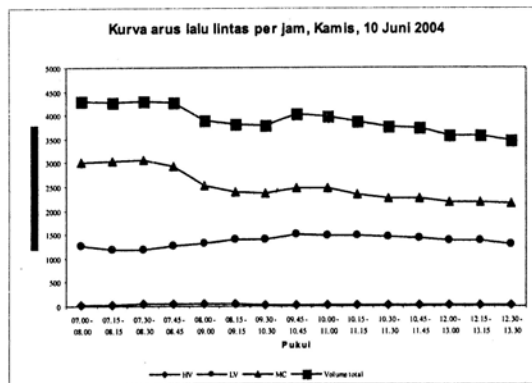
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Volume Lalu Lintas

Fluktuasi volume lalu lintas pada Hari Kamis masing-masing sekolah dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Volume lalu lintas di sekitar SDN Kleco II, Surakarta



Gambar 2. Volume lalu lintas di sekitar SMP Muh 5 Surakarta

Berdasarkan Gambar 1 dan 2 diketahui arus lalu lintas tertinggi di sekitar SDN II Kleco sebesar 4175 kend/jam yang terjadi pada pukul 07.00-08.00, sedangkan di sekitar SMP Muh 5 sebesar 4303 kend/jam pada pukul 07.30-08.30. Meskipun lokasi keduanya berdekatan ternyata jam puncaknya berbeda. Hal ini dapat terjadi karena di antara keduanya terdapat persimpangan jalan, sehingga dimungkinkan ada sebagian arus yang berbelok menuju ke arah utara (ke Jl. A.Yani, Surakarta). Komposisi kendaraan terbesar berupa sepeda motor (MC), dengan prosentase kendaraan beratnya relatif cukup rendah, yaitu berkisar antara 0%-4%.

2. Emisi Gas Buang Pengukuran

Hasil pengukuran nilai emisi gas buang menggunakan alat pada Senin, 7 Juni 2004 pukul 12.00-13.00 WIB, ditampilkan dalam Tabel 4.

Nilai-nilai pada Tabel 4 kemudian dibandingkan dengan baku mutu udara yang digunakan, dan diketahui untuk semua parameter kedua lokasi masih berada di bawah batas kritis, yaitu nilai SO₂ di bawah 900 µg/Nm³, NO₂ di bawah 400 µg/Nm³, O_x di bawah 235 µg/Nm³, CO di bawah 30.000 µg/Nm³, Debu di bawah 230 µg/Nm³, dan Pb di bawah 2 µg/Nm³. Hal ini dapat dikatakan bahwa berdasarkan hasil pengukuran dengan alat kedua lokasi masih dikatakan aman dari bahaya yang mengancam kesehatan.

Tabel 4. Nilai pengukuran tiap polutan

Parameter	Hasil pengukuran (µg/Nm ³)	
	SDN Kleco II	SMP Muh 5
SO ₂	36,28	29,93
NO ₂	28,13	16,55
O _x	69,30	31,20
CO	2276,80	2513,00
Debu	84,50	76,00
Pb	0,20	0,10

3. Emisi Gas Buang Perhitungan

Emisi gas buang juga dapat dicari berdasarkan volume lalu lintas yang lewat, yang rumusnya sudah disampaikan sebelumnya. Contoh rekapitulasi hasil perhitungan emisi gas buang total berdasarkan volume lalu lintas pada Hari Kamis, 10 Juni 2004 ditampilkan dalam Tabel 5 sampai Tabel 9.

Tabel 5. Emisi gas buang (SDN Kleco II, Kamis, 10 Juni 2007)

Waktu	CO (ppm)	HC (ppm)	NO (pphm)	PM (mg/m ³)
07.00-08.00	0,853	0,166	11,988	9,826
07.15-08.15	0,835	0,163	11,925	9,711
07.30-08.30	0,832	0,163	12,398	10,648
07.45-08.45	0,858	0,167	13,379	12,395
08.00-09.00	0,945	0,183	13,829	12,296
08.15-09.15	1,041	0,198	14,297	12,689
09.30-10.30	0,962	0,181	12,062	9,884
09.45-10.45	1,052	0,199	13,118	10,482
10.00-11.00	1,148	0,215	14,351	12,100
10.15-11.15	1,288	0,240	15,721	13,107
10.30-11.30	1,380	0,255	16,684	14,256
10.45-11.45	1,368	0,252	16,914	14,974
12.00-13.00	1,073	0,202	13,917	12,406

Tabel 6. Emisi gas buang (SMP Muh 5, Kamis, 10 Juni 2007)

Waktu	CO (ppm)	HC (ppm)	NO (pphm)	PM (mg/m ³)
07.00-08.00	0,626	0,118	7,323	2,609
07.15-08.15	0,634	0,118	7,122	4,438
07.30-08.30	0,674	0,124	7,395	4,799
07.45-08.45	0,737	0,135	8,005	5,507
08.00-09.00	0,784	0,143	8,413	5,453
08.15-09.15	0,799	0,146	8,758	5,430
09.30-10.30	0,786	0,145	8,706	4,818
09.45-10.45	0,864	0,158	9,380	5,161
10.00-11.00	0,839	0,154	9,243	4,909
10.15-11.15	0,861	0,158	9,411	4,971
10.30-11.30	0,854	0,156	9,289	5,152
10.45-11.45	0,845	0,154	9,162	5,260
12.00-13.00	0,781	0,143	8,590	4,436
12.15-13.15	0,782	0,143	8,574	4,448
12.30-13.30	0,736	0,135	8,036	4,252

Berdasarkan Tabel 5 dan 6 dapat dijelaskan bahwa:

- Semua nilai CO masih kurang dari 25 ppm, sedangkan batasan maksimal untuk nilai CO adalah 25 ppm, jadi semua nilai CO berdasarkan volume tiap jam masih dalam batas aman.
- Besarnya nilai HC yang didapat di sekitar SMP Muh 5, masih kurang dari 0,25 ppm, jadi masih dalam batas aman. Meskipun demikian untuk SDN Kleco II, ada beberapa nilai HC yang sudah melebihi batas yang diijinkan, yang terjadi pada pukul 10.30-11.45, sehingga pada saat tersebut sudah tidak aman. Kondisi ini diharapkan tidak menjadi semakin parah karena dapat menyebabkan bahaya kanker serta penyebab perubahan kode genetik pada makhluk hidup, seperti terlihat dalam Tabel 1.

- Semua nilai NOx yang didapat masih kurang dari 16 pphm, jadi semua nilai NOx yang diperoleh dari hasil penelitian masih dalam batas aman.
- Semua nilai PM yang didapat masih kurang dari 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, jadi semua nilai PM yang diperoleh dari hasil penelitian masih dalam batas aman.

Tabel 7. Nilai CO dan S berdasarkan jumlah kendaraan tiap 3 jam. (SDN Kleco II, Senin, 7 Juni 2004)

Waktu	CO (ppm)	S ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
07.00 – 10.00	66,991	288,922
07.30 – 10.30	65,283	291,804
08.00 – 11.00	58,255	271,322
08.30 – 11.30	55,502	265,492
09.30 – 12 30	48,167	249,168
10.00 – 13.00	44,999	241,710

Tabel 8. Nilai CO dan S berdasarkan jumlah kendaraan tiap 3 jam. (SMP Muh 5, Senin, 7 Juni 2004)

Waktu	CO (ppm)	S ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
07.00 – 10.00	64,847	284,720
07.30 – 10.30	65,584	286,172
08.00 – 11.00	63,068	281,178
08.30 – 11.30	63,530	282,102
09.30 – 12 30	61,499	278,010
10.00 – 13.00	61,586	278,186
10.30 – 13.30	59,152	273,192

Tidak ada batasan tertentu yang dapat digunakan sebagai pembanding antara besar emisi gas buang Nitrit Oksida (N) dan Asap (S) yang terjadi dengan Nitrit Oksida (N) dan Asap (S) berdasarkan standar kualitas udara. Namun demikian besarnya Nitrit Oksida (N) dan Asap (S) tetap dihitung mengingat Nitrit Oksida (N) dan Asap (S) adalah merupakan salah satu bagian dari emisi gas buang akibat lalu lintas yang perlu diketahui dan diperhatikan karena bisa membahayakan kesehatan. Hasil nilai CO, dan S, yang diperoleh berdasarkan jumlah kendaraan tiap 3 jam, dan nilai N berdasarkan jumlah kendaraan tiap jam, dapat dilihat pada Tabel 7 sampai 9.

Tabel 9. Nilai N berdasarkan jumlah kendaraan tiap 1 jam. (Senin, 7 Juni 2004)

Waktu	N ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	SDN Kleco II	SMP Muh 5
07.00 – 08.00	773,791	757,513
07.15 – 08.15	856,144	765,629
07.30 – 08.30	847,173	746,094
07.45 – 08.45	775,156	735,432
08.00 – 09.00	674,128	651,215
08.15 – 09.15	595,649	632,395
09.30 – 10.30	631,477	629,338
09.45 – 10.45	638,225	657,450
10.00 – 11.00	602,187	703,936
10.45 – 11.45	503,840	694,889
10.30 – 11.30	476,413	685,904
10.45 – 11.45	422,633	675,713
12.00 – 13.00	391,903	537,144
12.15 – 13.15		533,231
12.30 – 13.30		564,400

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dapat disimpulkan bahwa:

1. Gas buang lalu lintas kendaraan mengandung zat-zat yang dapat berbahaya bagi kesehatan.
2. Kadar tiap polutan yang ditinjau di SDN Kleco II yang diperoleh dari persamaan adalah: nilai CO terbesar 1,007 ppm; HC 0,256 ppm; NO_x 18,596 pphm dan PM 16,802 µg/m³. Semua nilai CO dan PM adalah termasuk aman jika dibandingkan dengan Standar Kualitas Udara, sedangkan untuk nilai HC dan NO_x adalah tidak aman jika dibandingkan dengan Standar Kualitas Udara. Sedangkan di SMP Muh 5 nilai CO terbesar 0,864 ppm; HC 0,158 ppm; NO_x 9,411 pphm dan PM 7,756 µg/m³. Semua nilai CO, HC, NO_x dan PM adalah termasuk aman jika dibandingkan dengan Standar Kualitas Udara.
3. Emisi yang dihasilkan dari hasil pengukuran di SDN Kleco II dengan jarak 30 m dari tepi jalan diperoleh nilai CO terbesar 2276,8 µg/m³; NO₂ 28,13 µg/m³; PM 84,5 µg/m³; Ox 69,3 µg/m³; SO₂ 36,28 µg/m³ dan Pb 0,2 µg/m³ masih termasuk aman jika dibandingkan dengan Baku Mutu Udara Ambien Nasional. Sedangkan di SMP Muh 5 diperoleh nilai CO sebesar 2513 µg/m³; NO₂ 16,55 µg/m³; PM 76 µg/m³; Ox 31,2 µg/m³; SO₂ 29,93 µg/m³ dan Pb 0,1 µg/m³, semuanya masih termasuk aman jika dibandingkan dengan Baku Mutu Udara Ambien Nasional.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1997, *Perencanaan Transportasi*, Universitas Guna Drama, Jakarta.
- BAPEDAL, 1999, *Pengendalian Pencemaran Udara*, Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 41 Tahun 1999.
- Hidayati, N, 2006, *Evaluasi Tingkat Kebisingan Akibat Lalu Lintas pada Zona Pendidikan di Surakarta*, Laporan Akhir Research Grant, TPSDP Batch 3 UMS Surakarta.
- HMSO, 1994, *Design Manual for Road and Bridges*, Volume II, Environment Assesment, London.
- Hobbs, FD, 1995, *Perencanaan dan Teknik Lalulintas I* (terjemahan) Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Murwono, D, 1999, *Perencanaan Lingkungan Transportasi*, Magister Sistem dan Teknik Transportasi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Lampiran 1. Pollutant levels by distance per 1000 vph

Distance (m) pollutant	Light Vehicles (LV's)				Heavy Vehicles (HV's)			
	CO (ppm)	HC (ppb)	NOx (ppb)	PM ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CO (ppm)	HC (ppb)	NOx (ppb)	PM ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
5	0,505	98,5	200,4	6,56	0,370	46,39	909,8	177,8
10	0,478	93,2	189,1	6,18	0,350	43,90	858,8	167,5
15	0,410	80,0	162,2	5,34	0,300	37,68	736,4	144,7
20	0,350	68,4	138,7	4,58	0,356	32,22	629,7	124,1
25	0,301	58,7	119,3	3,96	0,220	27,65	541,6	107,3
30	0,260	50,7	103,2	3,44	0,190	23,88	468,5	93,2
35	0,226	44,1	89,8	2,98	0,165	20,77	407,7	80,8
40	0,198	38,4	78,4	2,64	0,145	18,09	355,9	71,5
45	0,173	33,7	68,8	2,32	0,127	15,87	312,4	62,9
50	0,152	29,6	60,6	2,05	0,111	13,94	275,1	55,6
55	0,134	26,0	53,4	1,80	0,098	12,25	242,4	48,8
60	0,119	23,0	47,3	1,63	0,087	10,83	214,7	44,2
65	0,105	20,3	41,9	1,46	0,077	9,56	190,2	39,6
70	0,093	18,0	37,2	1,28	0,068	8,48	168,9	34,7
75	0,083	15,9	33,1	1,18	0,061	7,49	150,3	32,0
80	0,074	14,2	29,5	1,04	0,054	6,69	133,9	28,2
85	0,066	12,6	26,4	0,94	0,048	5,93	119,9	25,5
90	0,059	11,2	23,6	0,87	0,043	5,28	107,1	23,6
95	0,053	10,0	21,2	0,80	0,039	4,71	96,2	21,7
100	0,048	8,9	19,1	0,73	0,035	4,19	86,7	19,8
105	0,043	8,0	17,2	0,66	0,031	3,77	78,1	17,9
110	0,039	7,1	15,5	0,59	0,029	3,34	70,4	16,0
115	0,035	6,5	14,1	0,56	0,026	3,06	64,0	15,2
120	0,032	5,8	12,8	0,52	0,023	2,73	58,1	14,1
125	0,029	5,2	11,7	0,49	0,021	2,45	53,1	13,3
130	0,027	4,8	10,7	0,45	0,020	2,26	48,6	12,2
135	0,025	4,3	9,8	0,42	0,018	2,03	44,5	11,4
140	0,023	4,0	9,1	0,38	0,017	1,88	41,3	10,3
145	0,021	3,6	8,4	0,38	0,015	1,70	38,1	10,3
150	0,020	3,3	7,8	0,35	0,015	1,55	35,4	9,5
155	0,018	3,1	7,8	0,35	0,013	1,46	33,1	9,5
160	0,017	2,8	6,8	0,31	0,012	1,32	30,9	8,4
165	0,016	2,6	6,4	0,30	0,012	1,22	29,1	8,4
170	0,015	2,4	6,0	0,28	0,011	1,13	27,2	7,6
175	0,014	2,3	5,7	0,28	0,010	1,08	25,9	7,6
180	0,014	2,1	5,3	0,28	0,010	0,99	24,1	7,6
185	0,013	1,9	5,1	0,24	0,010	0,89	23,2	6,5
190	0,012	1,8	4,8	0,24	0,009	0,85	21,8	6,5
195	0,011	1,7	4,5	0,24	0,008	0,80	20,4	6,5
200	0,011	1,5	4,2	0,21	0,008	0,71	19,1	5,7

(Sumber: HMSO, 1994)