

# **KAJIAN EMPIRIK DAN NON EMPIRIK EMISI GAS BUANG DI JALAN RAYA BERDASARKAN STANDAR KUALITAS UDARA**

Galuh Rengani Wilis  
Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pancasakti Tegal  
*Email : galuhrw@gmail.com*

## ***Abstrak***

Perkembangan penduduk, peningkatan pendapatan dan daya tarik kota menyebabkan aktifitas dan volume lalu lintas bertambah yang berakibat meningkatnya polusi udara. Jalan Ahmad Yani Pabelan merupakan jalan penghubung kota Surakarta dan Kartasura dimana sepanjang jalan tersebut terdapat rumah sakit, sekolah, perkantoran dan perdagangan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui emisi gas buang di lokasi penelitian kemudian dibandingkan dengan standar kualitas udara, serta member solusi apabila hasil penelitian melebihi standar kualitas udara yang diijinkan. Data yang dicari adalah volume lalu lintas, waktu tempuh kendaraan dan emisi gas buang. Data yang didapatkan kemudian dianalisis dengan menggunakan metode empirik dan metode pengukuran alat. Hasil penelitian menunjukkan angka yang dihasilkan melebihi standar kualitas udara yang diijinkan. Usaha penanganan dapat ditempatkan pengalihan route kendaraan berat ke jalur lain

Kata Kunci : emisi gas buang, kualitas udara

## A. Pendahuluan

### 1. Latar Belakang Masalah

Pertumbuhan penduduk, peningkatan pendapatan dan daya tarik kota menyebabkan aktifitas dan volume lalu lintas di jalan raya semakin meningkat. Pertambahan jumlah kendaraan bermotor yang cukup tajam menyebabkan polusi udara meningkat pula. Dampak dari polusi yang berupa gangguan kesehatan dan kenyamanan sangat dirasakan bagi para pengguna jalan maupun masyarakat sekitarnya terutama sepanjang jalan yang terdapat bangunan – bangunan yang seharusnya berada pada lingkungan yang sehat seperti bangunan Rumah Sakit, gedung sekolah, rumah tinggal, pusat perbelanjaan dan perguruan tinggi.

Untuk itu perlu adanya penelitian seberapa besar kadar polutan serta mengetahui masih aman atau tidaknya kadar polutan di jalan tersebut bila ditinjau dari baku mutu yang diijinkan.

Penelitian disini dilakukan di depan rumah sakit Orthopedi dimana lokasi tersebut seharusnya kualitas udaranya terjaga menyangkut kesehatan pengguna jasa rumah sakit dan kenyamanan pengguna jalan lain karena di lokasi tersebut juga terdapat rumah sakit lain, perkantoran, perguruan tinggi, sekolah dan pusat perbelanjaan.

### 2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut diatas, maka dapat ditentukan rumusan masalah sebagai berikut :

- Berapakah emisi gas buang secara empirik ( menggunakan rumus) dan non empirik ( menggunakan alat) di lokasi tersebut?
- Bagaimanakah emisi gas buang di lokasi penelitian terhadap standar kualitas udara yang ada?
- Bagaimana usaha penanganannya?

### 3. Batasan Masalah

Agar penelitian ini tidak meluas dan dapat terarah sesuai dengan tujuan dari penelitian, maka diberikan batasan – batasan masalah sebagai berikut :

- Lokasi penelitian di ruas jalan Ahmad Yani Pabelan yaitu depan rumah sakit Orthopedi
- Variabel yang ditinjau :
  - Volume lalu lintas

- Kecepatan arus lalu lintas di lapangan dan secara teoritis
  - Tingkat emisi gas buang
- Pengambilan data dilakukan selama dua hari Senin dan Sabtu ( mewakili hari kerja dan hari libur)
  - Penelitian dilakukan pada pukul 07.00 – 17.00 WIB untuk mendapatkan hasil yang optimal
  - Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan metode empirik ( menggunakan rumus) dan non empirik ( menggunakan alat).

### 4. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk

- Mengetahui emisi gas buang lalu lintas baik secara empirik maupun non empirik di lokasi penelitian
- Meninjau hasil penelitian terhadap standar kualitas udara

## B. LANDASAN TEORI

### 1. Emisi Gas Buang

Pencemaran udara diartikan sebagai masuknya atau dimasukkannya zat , energy, atau komponen lain ke dalam udara ambient atau udara bebas oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambient turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambient tidak dapat memenuhi fungsinya.

Emisi adalah zat , energy atau komponen lain yang dihasilkan dari suatu kegiatan yang masuk atau dimasukkannya ke dalam udara udara ambient yang mempunyai atau tidak mempunyai potensi sebagai unsure pencemar.

Udara ambient adalah udara bebas dipermukaan bumi pada lapisan troposfer yang berada di wilayah Republik Indonesia yang dibutuhkan dan mempengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup dan unsure lingkungan hidup.

Baku mutu udara ambient adalah ukuran batas atau kadar zat, energy dan / atau komponen yang ada atau yang seharusnya ada atau umur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam udara ambient atau udara bebas.

Beberapa macam komponen udara yang paling berpengaruh dalam pencemaran udara adalah :

- a. Karbon Monoksida (CO)
- b. Nitrogen Oksida (NO<sub>x</sub>)
- c. Sulfur Oksida (SO<sub>x</sub>)
- d. Hidro Karbon (HC)
- e. Partikel ( Particulate)

## 2. Volume Lalu Lintas

Menurut Sukirman (1994:54) sebagai pengukur jumlah dari arus kendaraan digunakan "volume ". Volume lalu lintas menunjukkan jumlah kendaraan yang melintasi satu titik pengamatan dalam satu satuan waktu ( hari, jam, menit).

## 3. Kecepatan

Menurut Hobbs (1995:38), kecepatan dinyatakan sebagai laju perjalanan dalam jarak perjalanan waktu. Satuan yang biasa digunakan adalah km/jam, mil/jam, m/dtk dan lain-lain.

Kecepatan dibedakan menjadi :

- a. Kecepatan rata – rata berjalan (average running speed), yaitu kecepatan rata-rata kendaraan pada 1 jalur jalan yang memperhitungkan waktu berjalannya saja. Sehingga waktu henti diabaikan.
- b. Kecepatan perjalanan ( travel speed), yaitu kecepatan efektif kendaraan sepanjang perjalanan, diperoleh dengan membagi panjang total jalan dengan waktu tempuh total ( dengan waktu henti diperhitungkan)
- c. Kecepatan setempat (spot speed), yaitu kecepatan kendaraan pada ruas jalan yang telah ditentukan panjang jalan jauh lebih pendek dibandingkan panjang jalan pada kecepatan perjalanan)
- d. Kecepatan rencana ( design speed), yaitu kecepatan yang ditentukan untuk perencanaan. Kecepatan ini merupakan kecepatan maksimum yang masih aman dilakukan sepanjang jalan tertentu pada kondisi kendaraan yang baik.

Rumus yang digunakan untuk menghitung kecepatan adalah :

$$V = \frac{s}{t}$$

Dengan :

V= kecepatan lalu lintas (km/jam)

s =jarak yang ditempuh pada periode tertentu (km)

t = waktu yang diperlukan dalam menempuh jarak tersebut ( jam)

## 4. Analisis Emisi Gas Buang

Pencemaran udara diartikan dengan turunnya kualitas udara sehingga udara mengalami penurunan mutu dalam penggunaannya yang akhirnya tidak dapat digunakan sebagaimana mestinya sesuai dengan fungsinya.

Polusi udara saat ini sudah banyak menimbulkan masalah yang harus segera di atasi terutama di daerah perkotaan yang sudah padat lalu lintasnya dan pada kawasan industry berat.

Polusi yang disakibatkan lalu lintas jalan raya dipengaruhi oleh besarnya emisi gas buang kendaraan. Faktor-faktor yang mempengaruhi besaran emisi gas buang tersebut adalah :

- a. Jenis kendaraan : teknologi , kapasitas mesin
- b. Jenis dan bahan bakar yang digunakan
- c. Usia dan kualitas perawatan kendaraan
- d. Kecepatan kendaraan dan Fluktuasi Kecepatan
- e. Geometri jalan : tanjakan dan turunan
- f. Temperatur mesin

Umurnya di daerah perkotaan yang mempunyai banyak kegiatan industry dan teknologi serta lalu lintas yang padat. Udaranya relative sudah tidak bersih lagi karena terkena bermacam-macam pencaemar. Dari beberapa macam komponen udara, maka yang paling banyak berpengaruh dalam pencemaran udara adalah komponen-komponen sebagai berikut :

- a. Komponen monoksida (CO)
- b. Nitrogen Oksida (NO<sub>x</sub>)
- c. Sulfur Oksida (SO<sub>x</sub>)
- d. Hidrokarbon (HC)
- e. Partikel (Particulate) dan lain-lain

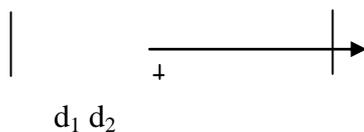
Pengaruhnya terhadap kesehatan gas buang tersebut dapat menyebabkan iritasi dan pengotoran saluran pernafasan pada paru-paru. Hal tersebut dapat disebabkan oleh sulfur, NOx, Ozon dan komponen lain. Dalam waktu yang relative cukup lama kondisi tersebut akan berkembang dan dapat mengakibatkan bronchitis, gangguan paru-paru dan pneumonia, gas buang kendaraan dapat mengakibatkan peningkatan konsentrasi timah dalam darah yang menyebabkan penurunan kemampuan absorbs oksigen.

### 5. Perkiraan emisi gas buang secara empirical

Tahapan penghitungan besar emisi adalah sebagai berikut :

- a. Melakukan perencanaan penentuan daerah kajian untuk evaluasi besar emisi kendaraan akibat arus lalu lintas.
- b. Penentuan daerah kajian didasarkan pada :
  - a. Tata guna lahan
  - b. Sistem Jaringan jalan terkait
  - c. Kondisi arus lalu lintas
- c. Penentuan titik pengamatan/ evaluasi pada daerah kajian penelitian besaran emisi dan dilakukan tindakan sebagai berikut:

Penghitungan/Pengukuran jarak antara titik kajian dengan masing-masing sumbu ruas-ruas jalan terkait



Gambar 1 : Titik Kajian Pengamatan

Melakukan prediksi arus lalu lintas pada ruas jalan terkait, yang terperinci dalam :

- Volume lalu lintas dalam kendaraan perjam
- Prosentase kendaraan berat
- Kecepatan arus lalu lintas rata-rata untuk masing-masing kelompok kendaraan ringan dan berat.

### Perhitungan besaran emisi kendaraan untuk :

- Arus lalu lintas kendaraan ringan  
 $EK_r = (V_r \times FPK_r / 1000) \times Fk_{kk_r}$
- Arus lalu lintas kendaraan berat  
 $EK_b = (V_b \times FPK_b / 1000) \times Fk_{kk_b}$

- d. Perhitungan besar emisi total  
 $E_{total} = EK_r + EK_b$  ( untuk masing-masing polutan)

Dengan :

$V_r$  = Volume lalu lintas kendaraan ringan (kendaraan /jam)

$V_b$  = Volume lalu lintas kendaraan berat (kendaraan /jam)

$FPK_r$  = Faktor Polutan untuk kendaraan ringan

$FPK_b$  = Faktor Polutan untuk kendaraan berat

$EK_r$  = Emisi Gas buang kendaraan ringan

$EK_b$  = Emisi Gas buang kendaraan berat

$E_{total}$  = Emisi Gas buang total kendaraan

Perkiraan besaran gas buang berdasarkan variable jumlah kendaraan :

- Kendaraan Karbon Monoksida rata-rata C(ppm) periode 3 jam

$$C = 2,96 + 0,00032 V + 0,0000005 V^2$$

Dengan  $V$  = Jumlah kendaraan yang lewat dalam periode 3 jam

- Konsentrasi Nitrit Oksida N ( $\mu g / m^3$ )

$$N = 46,9 - 0,036 T + 0,00004 T^2$$

Dengan ;  $T$  = arus lalu lintas perjam

- Tingkat asap ( $\mu g / m^3$ )

$$S = 0,49 + 0,022 V$$

Dengan :  $V$  = Jumlah Kendaraan yang lewat dalam periode 3 jam

### 6. Perkiraan emisi gas buang per non empirical

Data emisi gas buang diperoleh dari pengukuran alat dari Balai Hiperkes dan keselamatan kerja DEPNAKER Yogyakarta

yang dilakukan pada hari Senin dan Sabtu, hasil pengukuran tersebut akan ditabelkan untuk memperoleh besarnya selisih perbandingan berdasarkan volume lalu lintas dengan menggunakan alat .

### SANDAR KUALITAS UDARA

POLUTAN	BATASAN	LEMBAG A
<i>Suspended matter</i>	40µg/m <sup>3</sup> (annual mean)	WHO
<i>Total Suspended Particulates</i>	90µg/m <sup>3</sup> (annual mean) 0,26 40µg/m <sup>3</sup> (24 hari maximum)	AHRMC Indonesia
<i>Particulate matter &lt;10µm</i>	50µg/m <sup>3</sup> (annual mean) 150µg/m <sup>3</sup> -24 hr	US EPA
<i>Lead</i>	µg/m <sup>3</sup> (90 day average)	AHRMC
<i>Carbon Monoxide</i>	87 ppm (15 minutes maximum) 25 ppm ( 1 hour maximum) 9 ppm ( 8 hour maximum) 8 ppm – 8 hr	WHO WHO AHRMC Indonesia
<i>Nitrogen dioxide</i>	16 pphm ( 1 hour maximum) 5 pphm (annual mean) 92,5 µg/m <sup>3</sup> – 3 hr	AHRMC US EPA Indonesia
<i>Non Methane</i>	160 µg/m <sup>3</sup> – 3 hr maximum/year	US EPA
<i>Hydrocarbon</i>	0,25 ppm – 3hr	Indonesia
<i>Ozone</i>	12 pphm ( 1 hour maximum)	AHRMC

(Sumber :Perencanaan Lingkungan Transportasi, Djoko Murwono,1999)

Keterangan :

µg/m<sup>3</sup> : Micrograms per cubic meter

WHO : World Health Organization

AHRMC : Australian Health and Medical Research Council

US EPA : United States Environment Protection Agency

Ppm : Parts per Million

Pphm : Parts per Hundred Million

### C. METODE PENELITIAN

#### 1. Waktu dan Tempat Penelitian

Pengukuran kebisingan, emisi gas buang dan pengambilan data lalu lintas dilakukan pada hari Senin dan Sabtu pukul 07.00- 17.00 WIB. Pada ruas jalan A. Yani Pabelan tepatnya di dekat Rumah Sakit Ortopedi. Waktu tersebut dipilih untuk mewakili hari sibuk dan hari libur

#### 2. Alat Penelitian

Ada beberapa alat yang digunakan dalam mencari data di lapangan, diantaranya :

##### a. Spektrofometer

Spektrofometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur parameter SO dan NO. Kadar SO dan NO ditampilkan pada display yang terdapat pada alat tersebut.

##### b. Gas Chromatografi

Gas Chromatografi adalah alat yang dipergunakan untuk mengetahui besarnya parameter HC yaitu dengan cara menambahkan partikel pada alat gas Chromatografi dari hasil campuran partikel dan gas tersebut tersebut kemudian di analisis di Laboratorium

##### c. Hi-Vol

Hi-Vol adalah alat yang akan dipergunakan untuk mengetahui besarnya partikel (debu) yaitu dengan cara menambahkan kertas (lakmus pada alat tersebut, kemudian udara diserap dengan alat Hi-Vol partikel yang menempel pada kertas tersebut di analisis di Laboratorium

##### d. Hand Counter

Hand Counter adalah alat yang dipergunakan untuk menghitung jumlah kendaraan yang lewat pada ruas jalan tersebut.

##### e. Alat –alat tulis

##### f. Meteran

##### g. Stopwatch

### 3. Tahap penelitian

#### a. Persiapan survey

Persiapan survey dilakukan untuk mencari titik yang tepat dalam mengambil data, metode yang digunakan, jumlah surveyor yang efisien terkait dengan biaya dan waktu pengambilan data

#### b. Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dibagi dalam 2 tahap yaitu :

Tahap pertama terdiri dari :

#### a. Pengecekan Alat

Meneliti kembali alat-alat yang akan digunakan termasuk jumlah alat dan kondisi alat (dapat dipakai atau ada kerusakan )

#### b. Persiapan Surveyor

Pengecekan terhadap jumlah surveyor dalam persiapannya, penjelasan ulang pada para surveyor untuk mengingatkan kembali tugas-tugas yang harus dikerjakan agar tidak terjadi kekacauan dalam pembagian tugas masing-masing mengingat data yang harus didapatkan cukup banyak.

Tahap II terdiri dari :

#### a. Pengumpulan data primer

Data primer didapatkan dari para surveyor dari lokasi penelitian dengan harapan dapat memenuhi tujuan penelitian. Data tersebut adalah :

##### 1). Volume lalu lintas

Untuk memperoleh data volume lalu lintas dapat dilakukan pencacahan volume kendaraan pada masing-masing jenis kendaraan yang melewati ruas jalan Ahmad Yani Pabelan dari arah barat dan arah timur

##### 2). Waktu tempuh

Untuk memperoleh waktu tempuh dilakukan pencatatan waktu yang diperoleh untuk melewati segmen jalan sepanjang 50 m yang diambil di ruas jalan Ahmad Yani Pabelan. Surveyor yang ditugaskan untuk mengambil data waktu tempuh sebanyak 3 orang pada satu titik

pengamatan dengan pembagian tugas sebagai berikut :

- 1 pengambil data untuk sepeda motor
- 1 pengambil data untuk kendaraan berat
- 1 pengambil data untuk kendaraan ringan

#### 3). Emisi Gas Buang

Untuk memperoleh data empiris gas buang dilakukan pengukuran langsung yang menghasilkan jumlah kadar CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, HC, TSP dalam udara dan dilakukan perhitungan dengan metode empirikal yang menghasilkan data jumlah kadar CO, HC, NO<sub>x</sub>, PM dalam udara

#### 4). Kondisi Geometrik dan Lingkungan Sekitar

Kondisi geometrik dan lingkungan sekitar ruas jalan Ahmad Yani Pabelan ini meliputi :

##### a. Jarak sumber dengan alat

Data jarak sumber ke alat dicari dengan mengukur panjangnya jarak antara alat ukur ke posisi sumber terhadap alat

##### b. Jarak sumber dengan halangan

Adanya pohon-pohon besar serta bangunan penumpang disekitar lokasi

##### c. Kegunaan Lahan (Land use)

Dilihat dari kondisi geometrik dan lingkungan sekitar jalan Ahmad Yani Pabelan ini merupakan daerah yang berfungsi sebagai rumah sakit, perguruan tinggi, sekolah, pertokoan, perkantoran dan perumahan

#### b. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari instansi terkait yang berupa data geometrik jalan ataupun juga peta lokasi bila ada. Pada penelitian ini data sekunder berasal dari Bina Margaa yang berupa data gradian jalan sebesar 2 %

## D. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Emisi gas Buang

Data volume lalu lintas yang digunakan dalam perhitungan besar emisi yang digunakan dalam perhitungan besar emisi kendaraan yaitu data pada jam puncak dan data pada waktu pengukuran dengan alat

Pada waktu jam puncak ( Senin pukul 12.00 – 13.00 )

Data :

- Volume jam puncak (Q)  
= 2899 kend/jam
- Volume kendaraan ringan (Qr)  
= 1020 kend/jam
- Volume kendaraan berat (Qb)= 107  
kend/jam
- Kecepatan kendaraan ringan =  
25,052 km/jam
- Kecepatan kendaraan berat =  
17,251 km/jam

**Tabel besar emisi gas buang secara empirical hari Senin**

Pukul	Senin			
	E <sub>total</sub> Kendaraan			
	CO (ppm)	HC (ppm)	NOx (pphm)	PM (μ/m <sup>3</sup> )
07.00 – 08.00	2.232	0.374	16.890	26/117
08.00 – 09.00	1.952	0.331	22.029	21.606
09.00 – 10.00	1.446	0.274	20.502	22.325
10.00 - 11.00	1.550	0.285	22.657	25.921
11.00 - 12.00	1.815	0.314	23.764	25.510
12.00 - 13.00	2.348	0.409	29.158	29.086
13.00 - 14.00	1.893	0.330	24.620	25.758
14.00 - 15.00	2.030	0.230	24.497	25.699
15.00 - 16.00	1.864	0.317	23.769	26.107
16.00 - 17.00	2.095	0.353	25.240	26.250

**Tabel besar emisi gas buang hari Sabtu**

Pukul	Sabtu			
	E <sub>total</sub> Kendaraan			
	CO (ppm)	HC (ppm)	NOx (pphm)	PM (μ/m <sup>3</sup> )
07.00 – 08.00	1.696	0.287	19.102	18.639
08.00 – 09.00	1.503	0.253	17.859	18.453
09.00 – 10.00	1.803	0.309	21.176	21.273
10.00 – 11.00	2.040	0.346	23.648	23.805
11.00 – 12.00	1.864	0.315	22.414	25.500
12.00 – 13.00	2.196	0.373	22.269	19.028
13.00 – 14.00	2.071	0.354	19.623	18.160
14.00 – 15.00	1.889	0.323	22.534	23.294
15.00 – 16.00	1.892	0.421	21.754	21.655
16.00 – 17.00	2.196	0.369	22.011	18.538

Salah satu usaha penanganan Data dari tabel-tabel diatas, kemudian dibandingkan dengan batasan standar kualitas udara pada tabel Standar Kualitas Udara (Murwono,1999) terlihat bahwa :

- a. Semua nilai CO yang didapat adalah <25 ppm, sedangkan batasan maksimal untuk CO adalah 25 ppm, jadi semua nilai CO yang diperoleh dari hasil penelitian masih dalam batas **aman**.
- b. Batasan maksimal untuk HC adalah 0,25 ppm. Karena semua nilai HC yang didapat adalah >0,25 ppm, maka nilai yang diperoleh tersebut **tidak aman**.
- c. Batasan maksimal untuk NO<sub>x</sub> adalah 16 pphm. Penelitian menunjukkan semua nilai NO<sub>x</sub> yang diperoleh **tidak aman**

- d. Semua nilai PM yang didapat dari masing – masing titik kajian adalah  $< 150\mu\text{g}/\text{m}^3$ , sedangkan batasan maksimal untuk PM adalah  $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ , jadi semua nilai PM yang diperoleh dari penelitian **tidak aman**.

## 2. Usaha Penanganan

Yang paling efektif adalah dengan pengalihan route kendaraan. Diasumsikan bahwa kendaraan berat dialihkan ke jalan lain. Dengan adanya pengalihan tersebut maka volume total berkurang dan volume kendaraan berat adalah nol.

FKKKb untuk semua parameter adalah nol :

- CO  
Emisi Total = 2,276 ppm  
berkurang menjadi 0,072 ppm
- HC  
Emisi Total = 0,395 ppm  
berkurang menjadi 0,0139 ppm
- NO<sub>x</sub>  
Emisi Total = 18,44 ppm  
berkurang menjadi 10,718 pphm
- PM  
Emisi Total =  $7,615 \mu\text{g}/\text{m}^3$   
berkurang  $21,471 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( kadarnya masih aman jika dibandingkan dengan adanya volume kendaraan berat).

## E. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian serta pembahasan dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Hasil pengujian menunjukkan angka yang dihasilkan melebihi standar kualitas udara yang diijinkan.
2. Usaha penanganan dapat ditempatkan pengalihan route kendaraan berat ke jalur lain

## DAFTAR PUSTAKA

- \_\_\_\_\_, 1997, *Manua Kapasitas Jalan Indonesia*, Direktorat Jendral Bina Marga, Direktorat Pembinaan Jalan Kota, PT. Bina Karya Bandung
- \_\_\_\_\_, 1999, *Peraturan Pemerintah No.41 Th.1999 Tentang pengendalian Pencemaran Udara*. Badan Pengendalian Dampak Lingkungan.
- Bina Marga, 1990, *Spesifikasi Standar Untuk Perencanaan Geometrik Jalan Luar Kota (Rancangan Akhir)*, Sub Direktorat Perencanaan Teknis Jalan Bipran Bina Marga, Jakarta
- Dina, Rosma, 2005, *Pengaruh Tingkat Kebisingan Akibat Lalu Lintas terhadap Konsentrasi Belajar-Mengajar di Sekolah serta Dampak Emisi Gas Buang yang ditimbulkan bagi Kesehatan*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Hobbs, FD, 1995, *Perencanaan dan Teknik Lalu Lintas Edisi* . Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Murwono, H, 1999, *Perencanaan Lingkungan Transportasi*, Magister Sistem dan Teknik Transportasi, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta
- Nugroho, 2001, *Monitoring Kinerja Ruas Jalan Solo-Sukoharjo terhadap tingkat Pelayanan Jalan dan Tingkat Pencemaran Polusi Udara Diakibatkan Lalu Lintas yang ada*, Tugas akhir Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta