

Studi Awal
ANALISA TINGKAT KEBISINGAN LALU LINTAS
PADA JALAN TOL RUAS WARU-SIDOARJO

Oleh:
Rudy Setiawan, Tirta Djusman Arief⁽¹⁾
Nini Handayani, Pauline Sawitri⁽²⁾

ABSTRAK

Kebisingan didefinisikan sebagai suara yang tidak dikehendaki manusia. Sumber utama kebisingan pada jalan tol adalah kendaraan berat (truk, bus) dan kendaraan ringan (mobil penumpang).

Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan tingkat kebisingan akibat lalu lintas pada jalan tol Surabaya-Gempol ruas Waru-Sidoarjo, dengan variabel jarak dan beberapa variabel lalu lintas lainnya seperti volume, kecepatan, dan komposisi kendaraan.

Data dianalisa dengan metode analisa regresi bertahap. Model matematis terbaik tingkat kebisingan lalu lintas di jalan tol Waru-Sidoarjo disajikan dalam bentuk Logaritma. Dipilih dua model persamaan yaitu persamaan regresi sederhana yang hanya mengandung unsur jarak sebagai variabel yang mempengaruhi pengurangan kebisingan, dan persamaan regresi berganda yang mengandung variabel-variabel volume kendaraan berat arah Waru-Sidoarjo, volume kendaraan ringan arah Sidoarjo-Waru, kecepatan kendaraan dua arah dan jarak dari titik pengamatan ke jalan arah Sidoarjo-Waru.

Kata kunci: kebisingan jalan tol, regresi bertahap

ABSTRACT

Noise is defined as unwanted sound. The major contributors of highway noise are heavy vehicle (truck, bus) and light vehicle (passenger car).

To model the noise level caused by highway traffic, the experiment is done on Waru –Sidoarjo section of Surabaya-Gempol highway. The variables used are: volume, speed, distance, and traffic composition.

Data from the experiment were analyzed with stepwise regression. Two chosen models are in logarithmic formula. The first model is a simple regression formula with distance as the only variable. The second model is a multiple regression formula with distance, volume, and speed as its variables

Keywords: freeway noise, stepwise regression

PENDAHULUAN

Perkembangan kebutuhan akan tempat tinggal di Surabaya dan sekitarnya mendorong pengembang untuk berlomba-lomba membangun perumahan, termasuk di daerah yang memiliki tingkat kebisingan yang tinggi, seperti pada daerah disekitar jalan tol. Lahan di sekitar jalan tol cukup diminati karena lahan ini relatif luas, harga tanah relatif murah dan tidak terlalu jauh dari pusat kota[1].

(1) Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Universitas Kristen Petra, Surabaya.

(2) Alumni Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Universitas Kristen Petra, Surabaya.

Kecenderungan peningkatan jumlah kendaraan bermotor berdampak meningkatnya intensitas polusi suara berupa kebisingan bagi lingkungan disekitar jalan tersebut. Kebisingan dapat menimbulkan gangguan terhadap aktivitas sehari-hari manusia; menimbulkan stres dan berdampak terhadap gangguan pendengaran[2].

Perumahan yang dibangun disekitar jalan tol juga akan mengalami gangguan kebisingan akibat suara kendaraan yang melalui jalan tersebut. Karena jalan tol dilalui sejumlah besar kendaraan bermotor yang melaju dengan kecepatan tinggi maka akan meningkatkan intensitas polusi suara^[3].

Daerah studi pada penelitian adalah jalan tol ruas Waru-Sidoarjo, karena arah pembangunan kota Surabaya sekarang menuju ke daerah Sidoarjo, yang diindikasikan oleh meningkatnya jumlah perumahan sepanjang daerah Waru-Sidoarjo[4].

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan model matematis tingkat kebisingan akibat lalu lintas pada jalan tol dengan memperhitungkan variabel volume lalu lintas, komposisi kendaraan, kecepatan, dan jarak.

Model tersebut diharapkan dapat digunakan sebagai pedoman praktis bagi pihak pengembang untuk memprediksi kebisingan pada perumahan yang akan dibangun sehingga dapat diantisipasi sejak tahap perencanaan.

Penelitian ini merupakan studi awal dan karena adanya keterbatasan alat maka jumlah titik pengambilan sampel dibatasi.

LANDASAN TEORI

Teori Kebisingan

Suara adalah sensasi atau rasa yang dihasilkan oleh organ pendengaran manusia ketika gelombang-gelombang suara dibentuk di udara sekeliling manusia melalui getaran yang diterimanya^[5]. Gelombang suara merupakan gelombang longitudinal yang terdengar sebagai bunyi bila masuk ke telinga berada pada frekuensi 20 – 20.000 Hz atau disebut jangkauan suara yang dapat didengar (*audible sound*)^[6].

Tingkat intensitas bunyi dinyatakan dalam satuan *bel* atau *decibel* (dB)^[7]. Gambar 1 memperlihatkan berbagai tingkatan intensitas bunyi dalam kehidupan sehari-hari.

Polusi suara atau kebisingan dapat didefinisikan sebagai suara yang tidak dikehendaki dan mengganggu manusia^[8,9]. Sehingga seberapa kecil atau lembut suara yang terdengar, jika hal tersebut tidak diinginkan maka akan disebut kebisingan^[10].

Alat standar untuk pengukuran kebisingan adalah *Sound Level Meter* (SLM). SLM dapat mengukur tiga jenis karakter respon frekuensi, yang ditunjukkan dalam skala A, B, dan C. Skala A ditemukan paling mewakili batasan pendengaran manusia dan respons telinga terhadap kebisingan, termasuk kebisingan akibat lalu lintas, serta kebisingan yang dapat menimbulkan gangguan pendengaran. Skala A dinyatakan dalam satuan dBA^[8,11,12].

Pemerintah Indonesia, melalui SK Menteri Negara Lingkungan Hidup No: Kep. 48/MENLH/XI/1996, tanggal 25 November 1996, tentang kriteria batas tingkat kebisingan untuk daerah pemukiman mensyaratkan tingkat kebisingan maksimum untuk *outdoor* adalah sebesar 55dBA.

Kebisingan Lalu Lintas

Bunyi yang ditimbulkan oleh lalu lintas adalah bunyi yang tidak konstan tingkat suaranya. Tingkat gangguan kebisingan yang berasal dari bunyi lalu lintas dipengaruhi oleh tingkat suaranya, seberapa sering terjadi dalam satu satuan waktu, serta frekuensi bunyi yang dihasilkannya^[9].

Kebisingan lalu lintas berasal dari suara yang dihasilkan dari kendaraan bermotor, terutama dari mesin kendaraan, knalpot, serta akibat interaksi antara roda dengan jalan. Kendaraan berat (truk, bus) dan mobil penumpang merupakan sumber kebisingan utama di jalan raya^[5].

Secara garis besar strategi pengendalian bising dibagi menjadi tiga elemen yaitu pengendalian terhadap sumber bising, pengendalian terhadap jalur bising dan pengendalian terhadap penerima bising^[13].

COMMON OUTDOOR NOISE LEVELS	NOISE LEVEL (dBA)	COMMON INDOOR NOISE LEVELS
	110	Rock Band
Jet flyover at 350 m	100	Inside Subway Train (N.Y.)
Gas Lawn Mower at 1 m	90	Food Blender at 1 m
Diesel Truck at 15 m	80	Garbage Disposal at 1 m
Noisy Urban Daytime	70	Shouting at 1 m
Gas Lawn Mower at 30 m	60	Vacuum Cleaner at 3 m
Commercial Area	50	Normal Speech at 1 m
Quiet Urban Daytime	40	Large Business Office
Quiet Urban Nighttime	30	Dishwasher Next Room
Quiet Suburb Nighttime	20	Small Theater, Large
Quiet Rural Nighttime	10	Conference Room (Background)
	0	Library
		Bedroom at Night
		Concert Hall (background)
		Broadcast Recording Studio
		Threshold of Hearing

Gambar 1. Tingkat Intensitas Bunyi Sehari-hari^[5]

Jalan Tol

Jalan tol adalah jalan umum yang kepada pemakainya dikenakan kewajiban membayar tol dan merupakan jalan alternatif lintas jalan umum yang telah ada^[14]. Intensitas volume kendaraan yang melintasi jalan tol sangat tinggi sehingga menimbulkan tingkat kebisingan yang tinggi pula yang akan mempengaruhi dan mengganggu lingkungan masyarakat di sekitar jalan tol tersebut.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan dalam dua tahap yaitu pertama pengambilan data lapangan di jalan tol Waru – Sidoarjo, kedua dilakukan pengolahan dan analisa data dengan metode analisa regresi bertahap (*stepwise regression*), menggunakan program Minitab® 2001 dengan prosedur penelitian seperti terlihat pada Gambar 2.

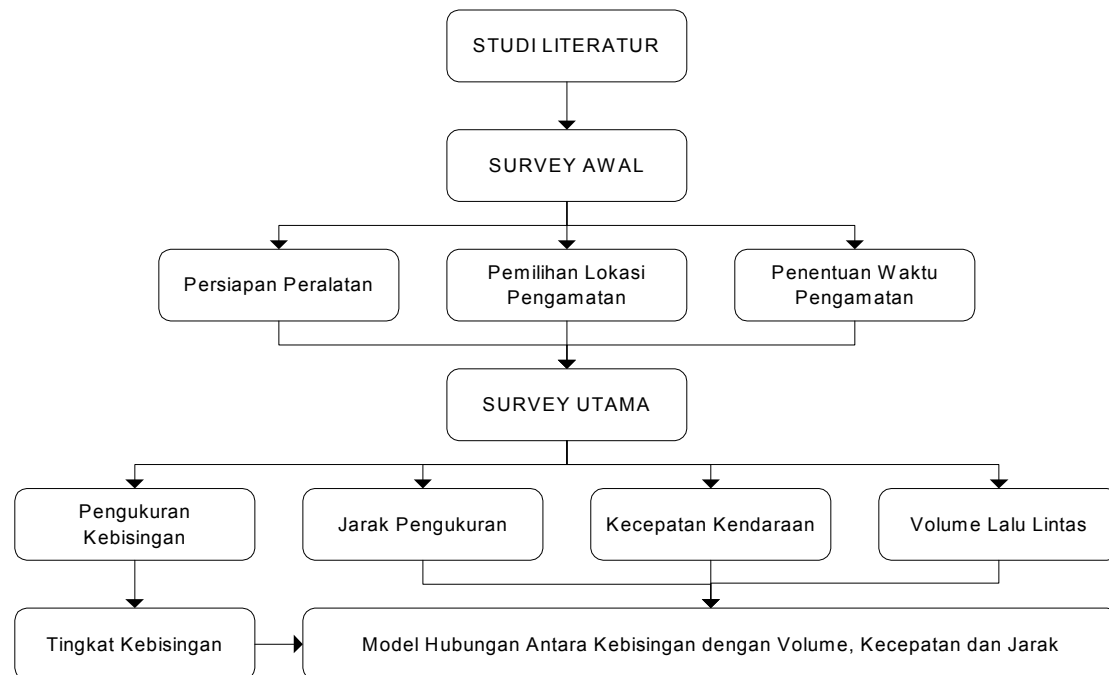
Kegiatan pengambilan data di lapangan meliputi:

1. Survei Awal yang terdiri dari :

- Persiapan alat yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu: *stop watch*, *handy tally counter*, meteran atau roda ukur dan *sound level meter* (SLM) merk *LUTRON*.
- Pemilihan lokasi penelitian, diupayakan lokasi yang tidak memiliki penghalang supaya kebisingan tidak mengalami pemantulan atau penyerapan oleh penghalang yang ada dan berada pada ruas jalan yang memiliki kelandaian mendekati 0%.
- Penentuan waktu pelaksanaan, dipilih jam sibuk pada beberapa hari kerja, sehingga dapat diperoleh nilai kebisingan maksimum.

2. Survey Utama

Pencatatan hasil pengamatan berupa volume lalu lintas, komposisi dan kecepatan kendaraan, serta jarak pengukuran. Survey dilakukan pada hari Rabu, Kamis, Jumat, tanggal 26-28 September 2001, pada saat jumlah kendaraan mencapai puncak (*peak hour*), yaitu pada saat pagi hari pukul 6.00 - 9.00 dan sore hari pukul 16.00 - 18.00.



Gambar 2. Prosedur Penelitian

Pengambilan data dilakukan di tiga titik (lokasi) yang berbeda setiap harinya dan semua data dicatat setiap periode waktu 5 menit.

Cara pelaksanaan pengambilan data dilapangan adalah sebagai berikut:

- Pengambilan data volume pada dua arah jalan yaitu arah Waru-Sidoarjo dan Sidoarjo-Waru dibagi menjadi dua jenis yaitu kendaraan berat (HV) dan kendaraan ringan (LV). Data volume kemudian diubah dalam satuan mobil penumpang (smp).
- Pengambilan data kecepatan dilakukan dengan metode *spot speed*.
- Jarak pengukuran yang diambil yaitu sejauh 25m dan 50m pada hari Rabu dan Kamis, serta 20m dan 40m pada hari Jumat. Jarak diukur dari pinggir bahu jalan ke arah samping jalan (ke arah pemukiman / sawah).
- Pengukuran kebisingan dilakukan dengan prosedur Texas Transportation Institute.

ANALISA & PEMBAHASAN

Data hasil survey berupa kebisingan digunakan sebagai *response* (Y), sedangkan data volume lalu lintas, komposisi kendaraan, kecepatan, jarak pengukuran dan kombinasi diantaranya digunakan sebagai *predictor* (X). Berikut adalah kandidat *predictor*:

- ♦ X1.1 : volume LV dari arah Waru – Sidoarjo (W-S)
- ♦ X1.2 : volume HV dari arah W-S
- ♦ X1.3 : volume total dari arah W-S
- ♦ X1.4 : rasio antara X1.1 dengan X1.3
- ♦ X1.5 : rasio antara X1.2 dengan X1.3
- ♦ X1.6 : rasio antara X1.1 dengan X1.2
- ♦ X1.7 : volume LV dari arah Sidoarjo – Waru (S-W)
- ♦ X1.8 : volume HV dari arah S-W
- ♦ X1.9 : volume total dari arah S-W
- ♦ X1.10 : rasio antara X1.7 dengan X1.9
- ♦ X1.11 : rasio antara X1.8 dengan X1.9
- ♦ X1.12 : rasio antara X1.7 dengan X1.8
- ♦ X1.13 : total volume LV dua arah
- ♦ X1.14 : total volume HV dua arah

- ♦ X1.15 : total volume LV & HV dua arah
- ♦ X1.16 : rasio antara X1.13 dengan X1.15
- ♦ X1.17 : rasio antara X1.14 dengan X1.15
- ♦ X1.18 : rasio antara X1.13 dengan X1.14
- ♦ X1.19 : kecepatan kendaraan arah W-S
- ♦ X1.20 : kecepatan kendaraan arah S-W
- ♦ X1.21 : kecepatan kendaraan di dua arah jalan
- ♦ X1.22 : jarak dari titik pengamatan ke pinggir bahu jalan
- ♦ X1.23 : jarak dari titik pengamatan ke punggung jalan arah W-S
- ♦ X1.24 : jarak dari titik pengamatan ke punggung jalan arah S-W
- ♦ X1.25 : jarak dari titik pengamatan ke jalan teramai

Untuk mendapatkan model regresi sederhana dan berganda digunakan program statistik Minitab® 2001 dengan metode analisa regresi sederhana (*regression analysis*) dan analisa regresi bertahap (*stepwise regression*).

Regresi Sederhana (*simple regression*)

Dicari beberapa alternatif persamaan yang hanya menggunakan satu *predictor* yang paling mempengaruhi pengurangan kebisingan yaitu variabel jarak ukur (Xn.24). Model yang diperoleh harus memenuhi syarat $p\text{-value} \leq 0.05$, dan mempunyai nilai koefisien determinasi yang paling mendekati 1 ($R^2 \approx 1$).

Tabel 1. Alternatif Model Regresi Sederhana

No	Model	<i>p-value</i>	R^2
1	$Y = 80.3 - 0.222 X1.24$	0.000	83.6
2	$\text{Log } Y = 1.91 - 0.0014 X1.24$	0.000	83.1
3	$\text{Ln } Y = 4.40 - 0.00322 X1.24$	0.000	83.2
4	$Y = 109 - 23.4 X2.24$	0.000	81.2
5	$\text{Log } Y = 2.09 - 0.147 X2.24$	0.000	80.3
6	$\text{Ln } Y = 4.81 - 0.339 X2.24$	0.000	80.3
7	$Y = 109 - 10.2 X3.24$	0.000	81.2
8	$\text{Log } Y = 2.09 - 0.0638 X3.24$	0.000	80.3
9	$\text{Ln } Y = 4.80 - 0.147 X3.24$	0.000	80.3
10	$1/Y = 0.0122 + 0.000047 X1.24$	0.000	82.5
11	$1/\sqrt{Y} = 0.111 + 0.000194 X1.24$	0.000	82.8
12	$1/Y = 0.0164 - 0.0904 1/(1+X1.24)$	0.000	72.0
13	$Y = 90.5 - 3.05 \sqrt{X1.24}$	0.000	83.0

Untuk mendapatkan satu model terbaik dilakukan pengujian *Mean of Square* (MS), *Sum of Squares Error* (SSE), *Root Mean of Squares* (RMS) dan Standar Deviasi (SD) terhadap 4 model yang memiliki koefisien determinasi yang paling mendekati 1.

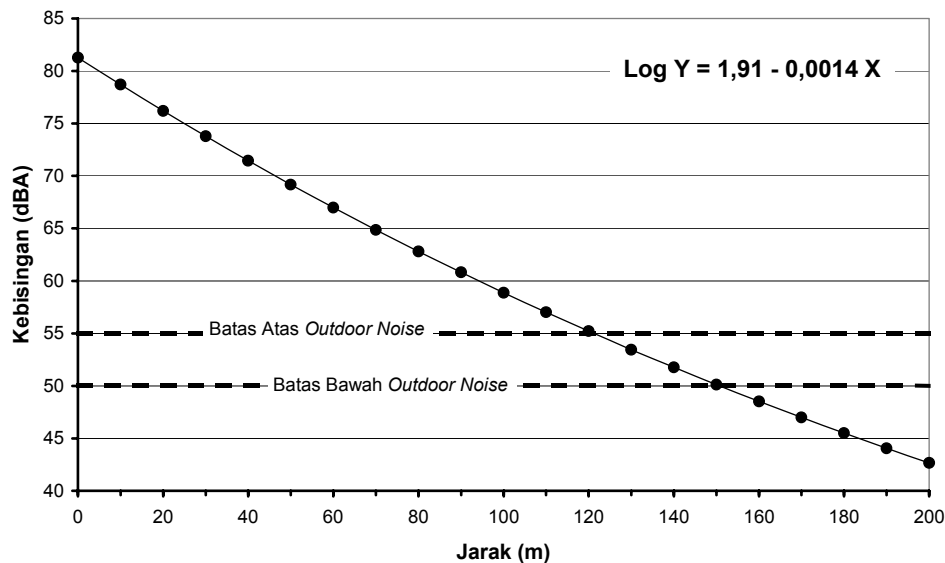
Tabel 2. Perbandingan Nilai MS, SSE, RMS, SD untuk Model Regresi Sederhana

Model No.	MS	SSE	RMS	SD
1	1.9	194.21	13.936	1.3665
2	0.000077	0.0080	0.0896	0.0088
3	0.00041	0.0437	0.2090	0.0205
13	1.96	202.41	14.227	1.3951

Berdasarkan pemeriksaan MS, SSE, RMS dan SD pada Tabel 2 diperoleh model matematis kebisingan terbaik dalam bentuk regresi sederhana adalah:

$$\text{Log } Y = 1,91 - 0,0014 X1.24 \quad (1)$$

Melalui persamaan (1) dapat dihitung jarak minimum antara lokasi perumahan dengan jalan tol sekitar 120-150m agar tercapai tingkat kebisingan *outdoor* sesuai dengan yang disyaratkan untuk daerah pemukiman yaitu 50 - 55 dBA sebagaimana terlihat pada gambar 3.



Gambar 3 Hubungan Antara Jarak dan Kebisingan (Model Regresi Sederhana)

Regresi Berganda (*multiple regression*)

Model regresi berganda dihasilkan melalui tiga tahapan yaitu: *stepwise regression*, *pearson correlation*, dan *regression analysis* untuk mendapatkan model yang paling memenuhi persyaratan secara statistik.

Stepwise Regression

Dari pengujian *stepwise regression* diperoleh banyak alternatif model kebisingan sebagaimana terlihat pada Tabel 3. Selanjutnya model tersebut diseleksi berdasarkan syarat sebagai berikut:

- Nilai koefisien determinasi yang paling mendekati 1 ($R^2 \approx 1$)
- p -value ANOVA ≤ 0.05 dan setiap variabel X harus memiliki p -value ≤ 0.05 .
- Tidak boleh ada korelasi yang kuat antara satu variabel X terhadap lainnya. dalam suatu model matematis (*pearson correlation*).
- Tanda +/- pada masing-masing koefisien variabel X dapat diterima secara logika.

Tabel 3. Alternatif Model Regresi Berganda

No	Model	R ²
1	$Y = 74.92 - 0.0133 X_{1.1} + 0.0311 X_{1.8} + 0.065 X_{1.21} - 0.2232 X_{1.24}$	88.51
2	$Y = 77.34 - 0.0136 X_{1.1} + 0.0314 X_{1.8} + 0.035 X_{1.19} - 0.2275 X_{1.24}$	88.15
3	$Y = 74.31 - 0.0097 X_{1.3} + 0.0114 X_{1.9} + 0.063 X_{1.21} - 0.210 X_{1.24}$	87.75
4	$Y = 77.17 - 0.0163 X_{1.13} + 0.0264 X_{1.14} + 0.037 X_{1.20} - 0.272 X_{1.22}$	87.30
5	$Y = 76.57 - 0.0174 X_{1.13} + 0.0254 X_{1.14} + 0.048 X_{1.21} - 0.277 X_{1.22}$	87.15
6	$\text{Log } Y = 1.923 - 0.0106 X_{2.2} - 0.165 X_{2.16} + 0.061 X_{2.21} - 0.1370 X_{2.22}$	87.54
7	$\text{Log } Y = 1.886 - 0.0204 X_{2.3} + 0.031 X_{2.9} + 0.085 X_{2.21} - 0.138 X_{2.24}$	85.11
8	$\text{Log } Y = 1.973 - 0.060 X_{2.13} + 0.040 X_{2.14} + 0.036 X_{2.19} + 0.038 X_{2.20} - 0.1385 X_{2.22}$	87.67
9	$\text{Log } Y = 1.993 - 0.057 X_{2.13} + 0.0389 X_{2.14} + 0.059 X_{2.21} - 0.1388 X_{2.22}$	87.23
10	$\text{Ln } Y = 4.430 - 0.0103 X_{3.2} - 0.164 X_{3.16} + 0.060 X_{3.21} - 0.1370 X_{3.22}$	87.47
11	$\text{Ln } Y = 4.343 - 0.0203 X_{3.3} + 0.031 X_{3.9} + 0.085 X_{3.21} - 0.1386 X_{3.24}$	85.13
12	$\text{Ln } Y = 4.539 - 0.060 X_{3.13} + 0.0398 X_{3.14} + 0.036 X_{3.19} + 0.038 X_{3.20} - 0.1384 X_{3.22}$	87.62
13	$\text{Ln } Y = 4.590 - 0.056 X_{3.13} + 0.0387 X_{3.14} + 0.059 X_{3.21} - 0.1388 X_{3.22}$	87.16
14	$\text{Log } Y = 1.874 - 0.00008 X_{1.1} + 0.00020 X_{1.8} + 0.00042 X_{1.21} - 0.00141 X_{1.24}$	88.15
15	$\text{Ln } Y = 4.316 - 0.00019 X_{1.1} + 0.00046 X_{1.8} + 0.00097 X_{1.21} - 0.00324 X_{1.24}$	88.11

Dari 15 alternatif model, kemudian dipilih 4 alternatif model terbaik yang memiliki nilai koefisien determinasi (R^2) paling mendekati 1.

Pearson Correlation

Analisa *Pearson Correlation* digunakan untuk menguji korelasi antar *predictor*, dengan syarat setiap *predictor* tidak boleh memiliki korelasi yang kuat dengan *predictor* lain yang diindikasikan dengan nilai *p-value* ≥ 0.05 .

Regression Analysis

Konstanta setiap model harus memiliki *p-value* ≤ 0.05 , demikian pula untuk uji ANOVA. Dari hasil pemeriksaan diketahui bahwa keempat alternatif model tersebut memenuhi persyaratan *p-value* konstanta ≤ 0.05 dan *p-value* ANOVA ≤ 0.05 .

Selanjutnya dilakukan pengujian MS, SSE, RMS dan SD, untuk mendapatkan satu model terbaik, dimana model yang dipilih adalah model yang memiliki nilai MS, SSE, RMS, dan SD terkecil (Tabel 4).

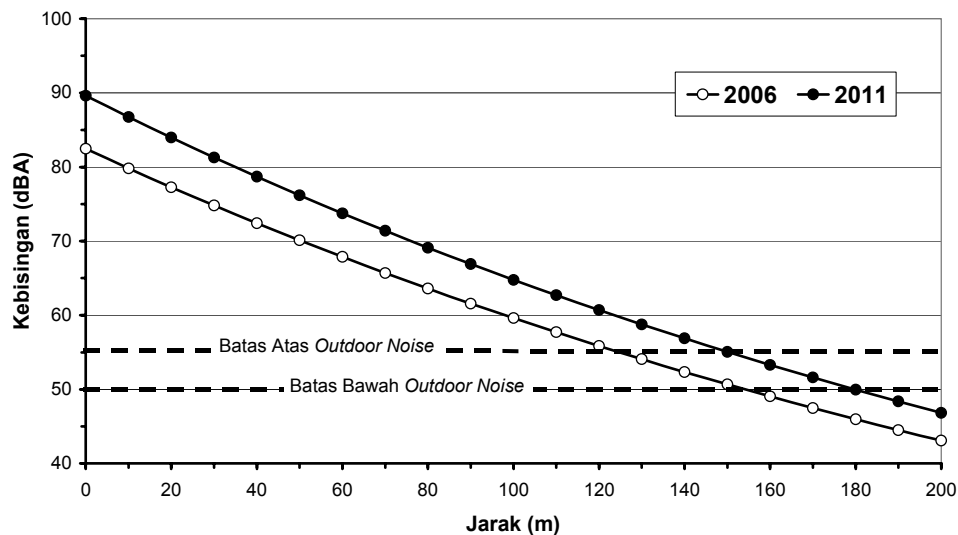
Tabel 4. Perbandingan Nilai MS, SSE, RMS, SD untuk Regresi Berganda

Model No.	MS	SSE	RMS	SD
1	1.38	137.462	11.7244	1.149
2	1.42	141.599	11.8996	1.166
14	0.000057	0.00569	0.0755	0.0074
15	0.000301	0.03021	0.1738	0.0170

Berdasarkan pemeriksaan MS, SSE, RMS dan SD diperoleh model matematis kebisingan terbaik dalam bentuk regresi berganda adalah:

$$\text{Log } Y = 1,874 - 0,00008 X_{1.1} + 0,00020 X_{1.8} + 0,00042 X_{1.21} - 0,00141 X_{1.24} \quad (2)$$

Dengan mempergunakan persamaan (2) dapat dibuat grafik untuk mengetahui tingkat kebisingan pada tahun 2006 dan 2011 sebagaimana terlihat pada Gambar 4



Gambar 4 Grafik Hubungan antara Jarak dan Bising

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil analisa dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Tingkat kebisingan akibat lalu lintas pada jalan tol ruas Waru-Sidoarjo pada tahun 2001 berkisar antara 63 - 80dBA untuk jarak 50 - 20m.
- Model kebisingan dalam bentuk regresi sederhana adalah $\text{Log } Y = 1,91 - 0,0014 X_{1.24}$, dimana $X_{1.24}$ adalah jarak antara sumber bunyi dan penerima. Sedangkan untuk model regresi berganda adalah $\text{Log } Y = 1,874 - 0,00008 X_{1.1} + 0,00020 X_{1.8} + 0,00042 X_{1.21} - 0,00141 X_{1.24}$, dimana $X_{1.1}$ adalah volume *light vehicle* (LV) dari arah Waru-Sidoarjo (W-S), $X_{1.8}$ adalah volume *heavy vehicle* (HV) dari arah Sidoarjo-Waru (S-W), $X_{1.21}$ adalah kecepatan kendaraan dua arah, dan $X_{1.24}$ adalah jarak dari titik pengamatan ke punggung jalan arah Sidoarjo-Waru (S-W).
- Dari model kebisingan terbaik diatas terlihat bahwa:
 - Variabel volume *light vehicle* (LV) arah Waru-Sidoarjo ($X_{1.1}$) memberikan kontribusi terkecil terhadap tingkat kebisingan.
 - Variabel jarak dari titik pengamatan ke punggung jalan arah Sidoarjo - Waru ($X_{1.24}$) memberikan kontribusi terbesar terhadap tingkat kebisingan.

Saran

Berikut beberapa saran untuk penelitian selanjutnya:

- Pada tahap pengambilan data kecepatan kendaraan ringan dan kendaraan berat harus dibedakan dan diperbanyak jumlah sampelnya.
- Pengambilan data kebisingan dilakukan lebih lama dalam jumlah hari dan jangka waktu pengukuran selama satu hari (24 jam).
- Perlu diperhitungkan efek penghalang kebisingan (*noise barrier*) terhadap pengurangan tingkat kebisingan yang sampai ke daerah pemukiman.

DAFTAR PUSTAKA

1. Biro Pusat Statistik Jawa Timur 2001, *Perumahan di Jawa Timur*, BPS, Surabaya.
2. Parkin, P.H., and Humphreys, H.R., 1971, *Acoustics, Noise and Buildings*, Faber and Faber, London.
3. Saenz, A.L., and Stephens, R.W.B., 1986, *Noise Pollution*, John Wiley and Sons, Chichester
4. Pusat Data Business Indonesia 1996, *Real Estate Indonesia*, Pusat Data Business Indonesia, Jakarta.
5. American Association of State Highway and Transportation Officials Highway Subcommittee 1993, *Guide on Evaluation and Abatement of Traffic Noise*, AASHTO.
6. Halliday and Resnick, 1978, *Physics*, John Wiley and Sons, New York.
7. Sears and Zemansky, 1962, *Physics*, Addison Wesley Pub. Co, Inc, Reading, Massachusetts.
8. Lord, H.W., Gately, W.S., Evensen, H.A., 1980, *Noise Control for Engineers*, Krieger Publishing Company, Malabar, Florida.
9. Magrab, E.D., 1982, *Environmental Noise Control*, McGraw-Hill, Inc., New York.
10. Santoso dan Prayitno, 1986, *Analisa Tingkat Kebisingan Lalu Lintas di Surabaya*, Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, No. 229-S, Universitas Kristen Petra, Surabaya.
11. American Association of State Highway and Transportation Officials Highway Subcommittee 1974, *Guide on Evaluation Attenuation of Traffic Noise*, AASHTO.
12. Croome, D.J., and Mashrae, 1977, *Noise Buildings and People*, Pergamon Press, Oxford.
13. Papacostas, C.S., 1993, *Transportation Engineering And Planning*, Prentice-Hall, Inc., New Jersey.
14. Jasa Marga. 2001, *Istilah-istilah Jalan Tol*, [<http://www.tollroad-jasamarga.com/indonesia/istilah.htm>].