



PENGEMBANGAN MODEL MATEMATIS TINGKAT KEBISINGAN LINGKUNGAN AKIBAT LALU LINTAS DENGAN PENDEKATAN STATISTIK *FORWARD SELECTION* PADA RUAS JALAN A.H. NASUTION KOTA BANDUNG

REZA ASRIANDI EKA PUTRA

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Teknologi Sumatera (✉ reza.asriandi@si.itera.ac.id)

Naskah diterima : 28 Januari 2018. Disetujui: 25 November 2018. Diterbitkan : 8 Desember 2018

Indonesia merupakan negara yang terus berkembang dari waktu ke waktu, dan pertumbuhan transportasi yang merupakan aktivitas turunan dari perkembangan masyarakat merupakan suatu hal yang tidak dapat dihindari. Kota Bandung juga merupakan salah satu kota besar di Indonesia yang terus berkembang dalam berbagai aspek kehidupan baik aspek ekonomi, pendidikan, dan sosial. Salah satu dampak dari lalu lintas yang melalui suatu kawasan adalah terjadinya kebisingan. Kebisingan memiliki banyak definisi namun secara umum kebisingan dapat dinyatakan sebagai suara yang tidak diinginkan (*undesirable sound*). Dampak dari kebisingan ini sangat banyak namun secara umum kebisingan memiliki dampak yang cukup besar terhadap kesehatan Manusia. Studi ini dilakukan dengan tujuan untuk memprediksi tingkat kebisingan lingkungan lalu lintas dengan studi kasus yaitu Jalan A.H. Nasution Kota Bandung. Proses analisis diawali dengan pengumpulan berbagai informasi terkait pengembangan model matematis yang akan dilakukan. Pengumpulan data dilakukan dengan dua jenis pengumpulan data, yaitu data primer dan data sekunder. Data Primer yang dikumpulkan meliputi: Tingkat kebisingan, arus lalu lintas, kecepatan lalu lintas dan kerapatan lalu lintas. Sedangkan data sekunder yang dikumpulkan yaitu meliputi geometri jalan, kondisi cuaca dan tata guna lahan. Dari data yang didapatkan dilakukan pembentukan model matematis dengan metoda *forward selection* dengan variabel tidak bebas (Y) adalah berupa tingkat kebisingan (Leq) dan variabel bebas (X) terdiri dari: jumlah kendaraan dalam kendaraan/jam, % kendaraan ringan, kerapatan, dan jarak penerima dari sumber kebisingan. Dari hubungan semua variabel-variabel tersebut dicari model terbaik yang bisa mewakili tingkat kebisingan. Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat dua model matematis terbaik yaitu model matematis dengan regresi sederhana $Y = 64.537 + 0.005 X_1$ dengan Y merupakan tingkat kebisingan dan X_1 adalah adalah arus kendaraan (kendaraan/jam) dengan nilai signifikansi 0.000, nilai koefisien korelasi = 0.786 dan nilai R square = 0.636. Serta model matematis multilinear $Y = 62.363 + 0.002 X_1 + 27.884 X_2 - 0.446 X_5$ dengan Y merupakan tingkat kebisingan dan X_1 adalah adalah arus kendaraan (kendaraan/jam) X_2 adalah persen kendaraan ringan pada kedua arah dan X_5 adalah jarak penerima dari sumber (m) dengan nilai R square 0.900.

Kata kunci : Tingkat Kebisingan, Faktor Tingkat Kebisingan, Lalu lintas, Model Matematis, Statistik

1. PENDAHULUAN

Di dalam dunia modern, banyak aspek kehidupan yang terus berkembang. Perkembangan-perkembangan tersebut merupakan perkembangan multi aspek meliputi aspek ekonomi, sosial, pendidikan, infrastruktur, dan juga kebudayaan. Namun seiring perkembangan tersebut turut juga berkembang berbagai dampak lingkungan. Salah satu dampak lingkungan yang menjadi tantangan serius pada saat ini, khususnya bagi wilayah perkotaan adalah kebisingan (Fauzan, 2015). Kebisingan merupakan masalah yang serius bagi masyarakat perkotaan. Secara sederhana kebisingan dapat dikatakan sebagai suara yang tidak diinginkan (Mishra, 2010). Masalah kebisingan ini memiliki pengaruh yang besar kepada manusia dan lingkungan, dan juga berbahaya bagi kesehatan. Bahaya kebisingan ini bagi kesehatan adalah:

1. Mengurangi efisiensi kerja
2. Menyebabkan gangguan pendengaran sementara ataupun permanen
3. Mengurangi kemampuan mendengar
4. Berbahaya terhadap jantung
5. Memperkecil pembuluh darah
6. Menyebabkan ketidak seimbangan kimia dalam tubuh
7. Menyebabkan sakit kepala.

Secara umum kebisingan bersumber dari 3 sumber utama yaitu meliputi (WHO:1995):

1. Kebisingan Komunitas
2. Kebisingan Industri
3. Kebisingan Lalu lintas

Dari ketiga jenis kebisingan tersebut, kebisingan yang paling berpengaruh serta paling sering dialami oleh setiap orang adalah kebisingan lalu lintas. Kebisingan lalu lintas disebabkan dua sumber utama yaitu kebisingan yang diakibatkan oleh mesin dan kebisingan yang disebabkan oleh gesekan ban, namun secara akumulasi merupakan kebisingan yang diterima oleh lingkungan. Kajian utama pada studi ini adalah pengembangan model matematis tingkat kebisingan lingkungan yang diakibatkan lalu lintas yang terjadi pada suatu ruas jalan.

Untuk Negara Indonesia, sampai saat ini masih belum adanya model matematis yang dapat menunjukkan korelasi tingkat kebisingan lingkungan akibat lalu lintas di jalan raya. Oleh karena itu diharapkan model yang dibuat dapat digunakan sebagai pedoman praktis bagi pihak terkait untuk memprediksi dan mengevaluasi tingkat kebisingan pada berbagai kawasan di Indonesia sehingga kebisingan yang mungkin terjadi dapat diantisipasi sejak tahap perencanaan.

Tujuan utama dari studi ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis karakteristik lalu lintas lokasi studi
2. Mengevaluasi tingkat kebisingan pada lokasi studi dan membandingkan dengan standar yang ada;
3. Membuat model matematis tingkat kebisingan lingkungan dengan karakteristik lalu lintas;
4. Mengevaluasi faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat kebisingan;

2. STUDI LITERATUR

Kebisingan lalu lintas adalah kebisingan yang diterima pengamat dari berbagai sumber lalu lintas. Terdapat berbagai sumber kebisingan pada lalu lintas, namun secara umum kebisingan lalu lintas dihasilkan oleh bunyi yang bersumber dari mesin dan bunyi yang bersumber dari ban. Tingkat kebisingan lalu lintas ini juga bergantung jenis kendaraan dan juga karakteristik pengemudi.

Kebisingan dapat diukur. Alat untuk mengukur kebisingan memiliki komponen berupa sensor untuk menerima tekanan yang dihasilkan oleh suara yang berasal dari sumber bunyi. Namun, satu hal yang perlu diperhatikan bahwa suara yang diterima oleh sensor tersebut bukan hanya suara murni yang berasal dari sumber bunyi. Suara yang terdeteksi oleh Alat pengukur kebisingan tersebut termasuk ambient kebisingan latar belakang. Oleh karena itu, informasi yang terdata belum akurat sehingga dibutuhkan pengolahan lanjutan untuk meningkatkan kualitas data. Terdapat banyak alat yang tersediadapat digunakan untuk menangkap tingkat kebisingan namun yang paling populer digunakan adalah *Sound Level Meter* (SLM).

Berdasarkan lampiran Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup , KEP-48/MENLH/11/1996 tertanggal 25 November 1996, diputuskan bahwa terdapat baku standara tingkat kebisingan pada suatu wilayah. Setiap kawasan memiliki standar tingkat kebisingannya masing-masing.

Berdasarkan studi terdahulu, terdapat beberapa analisis yang dilaksanakan terkait tingkat kebisingan akibat lalu-lintas. Artikel Analisa Tingkat Kebisingan Lalulintas Pada Jalan Tol Ruas Waru-Sidoarjo (Setiawan, 2001) membangun model matematis dengan 25 parameter yaitu variasi jenis kendaran, variasi kecepatan kendaraan, rasio-rasio jenis kendaraan dan kecepatan kendaraan berdasarkan jenis kendaraanya, serta variasi jarak pengamat terhadap sumber kebisingan. Analisis statistik dilakukan dengan aplikasi Minitab 1 untuk menghasilkan model matematis regresi sederhana serta *stepwise regression*. Dari hasil analisis diperoleh bahwa model terbaik adalah model dengan bentuk $Log Y = 1,874 - 0,00008 X_1 + 0,00020 X_2 + 0,00042 X_3 - 0,00141 X_4$, dimana X_1 adalah volume light vehicle (LV) dari arah Waru-Sidoarjo (WS), X_2 adalah volume *heavy vehicle* (HV) dari arah Sidoarjo-Waru (S-W), X_3 adalah kecepatan kendaraan dua arah, dan X_4 adalah jarak dari titik pengamatan ke sumber.

Studi terdahulu yang lain yang pernah dilaksanakan adalah Pemodelan Kebisingan Lalulintas Di Jalan Terusan Kopo Bandung (Sya'bani, 2012). Penelitian ini membentuk model dengan variabel tidak bebas (Y), sedangkan untuk variabel tidak bebas yang terdiri dari arus sepeda motor (X_1), arus kendaraan ringan (X_2), arus kendaraan berat (X_3) dan kecepatan lalulintas rata-rata (X_4). Analisis dilakukan dengan menggunakan regresi linier dengan bantuan Software SPSS versi 17.0 untuk memprediksi pengaruh dari arus lalulintas dan kecepatan lalulintas terhadap kebisingan lalulintas yang terjadi. Dari hasil perhitungan diperoleh $Y = 73,642 + 0,001 X_1 + 0,006 X_2$ Dimana $Y =$ Kebisingan lalulintas (dB), $X_1 =$ Volume MC (kend/jam), dan $X_2 =$ Volume LV (kend/jam).

3. METODOLOGI

Dalam melakukan pengembangan model matematis tingkat kebisingan jalan raya akibat lalu lintas terdapat beberapa hal yang menjadi dasar dalam menentukan metodologi yaitu meliputi:

3.1. Pemilihan Lokasi Penelitian

Terdapat banyak faktor yang mempengaruhi tingkat kebisingan pada suatu wilayah. Faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat kebisingan tersebut adalah:

1. Parameter lalu lintas, yaitu kecepatan kendaraan, komposisi lalu lintas, dan kerapatan lalu lintas.
2. Parameter jalan, yaitu meliputi bentuk jalan (terowongan, tanggul/datar), kemiringan jalan, lebar jalan.
3. Parameter lingkungan, yaitu jarak dan ketinggian penerima bising dari jalan, keberadaan sekat-sekat penghalang, kondisi tanah antara jalan dan penerima pohon, semak).
4. Parameter cuaca, yaitu hujan/kondisi kering, arah dan kecepatan angin, kelembaban udara, temperatur udara.
5. Parameter tata guna lahan.

Pada studi ini penelitian akan fokus pada parameter lalu lintas yaitu meliputi:

1. Arus kendaraan
2. Kecepatan kendaraan
3. Komposisi Lalu lintas

Untuk meninjau kedua parameter tersebut maka perlu diperhatikan beberapa kondisi yang harus terpenuhi:

1. Jalan dengan gradien mendekati 0%
2. Jalan berbentuk jalan terbuka, bukan terowongan
3. Tidak adanya dinding pemantul di dekat kawasan tersebut
4. Tidak adanya penghalang pada median yang cukup tinggi sehingga mempengaruhi penerima suara
5. Tidak adanya penghalang pada bahu jalan sehingga mempengaruhi penerima suara
6. Kondisi cuaca pada kondisi kering
7. Kecepatan angin pada kondisi normal dengan kisaran lebih kecil dari 25 km/jam

Dari kriteria-kriteria tersebut dipilih lokasi penelitian Jalan A.H Nasution wilayah dekat Terminal Cicaheum, Kota Bandung, Provinsi Jawa Barat.

3.2. Pengumpulan Data Geometri Jalan

Pengumpulan berupa geometri jalan berupa alinemen horizontal, vertikal dan potongan melintang. Tujuan pengumpulan data geometri jalan ini untuk mengetahui karakteristik lokasi penelitian. Evaluasi ini akan dilaksanakan menggunakan data primer dan sekunder yang di dapatkan dari pengukuran lapangan serta perangkat lunak google earth. Data google earth ini merupakan data yang bersumber dari citra satelit tahun 2017. Dari google earth ini dapat diperoleh informasi:

1. Alinemen Horizontal
2. Alinemen Vertikal
3. Potongan Melintang
4. Google Street View Lokasi
5. Tata Guna Lahan di Sekitar Lokasi Penelitian

3.3. Pengumpulan Data Lalu lintas

Pengambilan data ini dilakukan dengan metode *video recording* untuk mempermudah perhitungan lalu lintas. Pengumpulan data lalu lintas ini dilakukan dengan detail sebagai berikut :

a. Lokasi Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan sesuai dengan lokasi yang sesuai dengan kriteria yang direncanakan

b. Waktu Pengambilan Data

Waktu yang diambil pada kajian ini diasumsikan merupakan waktu yang representatif bagi semua kondisi. Untuk mendapatkan variasi kebisingan terhadap waktu maka di ambil penelitian selama 16 Jam dari pukul 06.00 sampai 22.00.

c. Jenis Kendaraan

Jenis kendaraan yang dianalisis terdiri dari 3 jenis kendaraan yaitu meliputi kendaraan ringan (LV), kendaraan berat (HV), dan juga sepeda motor (MC). Ketiga kendaraan ini diperkirakan memiliki karakteristik yang berbeda dalam memengaruhi kebisingan pada lalu lintas.

Pelaksanaan Survey arus lalu lintas dilakukan bersamaan dengan kegiatan pengambilan data tingkat kebisingan. Pengambilan data dilakukan dengan kamera yang disimpan dengan ketinggian 1,5 meter dari permukaan jalan agar pergerakan kendaraan yang diamati dapat terlihat dengan baik.

3.4. Pengumpulan Data Tingkat Kebisingan

Survey tingkat kebisingan merupakan bagian awal dari evaluasi tingkat kebisingan pada suatu daerah tertentu. Berikut terdapat beberapa hal pokok yang harus diperhatikan dalam proses pengukuran tingkat kebisingan yaitu:

1. Penyiapan instrument berupa SLM (*Sound Level Meter*) yang sesuai standar. SLM yang digunakan harus telah dikalibrasi dengan baik sehingga penerimaan kebisingan dapat diterima dengan baik dan akurat oleh alat.

2. Penentuan lokasi pengambilan titik kebisingan haruslah merupakan lokasi yang sesuai dengan dasar teori dan perencanaan.

3. Beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu:

- a. Hindari bidang pemantul
- b. Ketinggian SLM berkisar 1-1.5 m
- c. Lakukan pengukuran jarak yang tepat dari sumber ke SLM

Terdapat 3 SLM yang digunakan dengan jarak tegak lurus berbeda dari badan jalan yaitu meliputi 1 m, 5 m dan 10 meter dari badan jalan. Lokasi pengambilan data adalah Jl. A.H. Nasution arah timur dari Terminal Cicaheum. Pengamatan dilakukan dengan mencatat tingkat kebisingan yang terjadi setiap 10 detikan selama periode waktu tersebut. Kemudian dari data survey yang dilaksanakan data yang didapatkan di analisis per 5 menit-an untuk mendapatkan Tingkat kebisingan Ekuivalen (Leq). Tingkat kebisingan ekuivalen inilah yang menjadi dasar untuk pembentukan model matematis antara arus, kecepatan, dan tingkat kebisingan.

3.5. Metoda Perhitungan Data Kecepatan

Penghitungan data kecepatan kendaraan adalah survey yang dilakukan bersamaan dengan tingkat kebisingan dan arus lalu lintas. Sumber video yang digunakan adalah video yang sama dengan video pengukuran arus kendaraan. Di lapangan diberikan tanda berjarak 5 m, sebagai jarak acuan untuk menghitung kecepatan. Kecepatan kendaraan akan dihitung menggunakan rumus yang disajikan pada Rumus (1).

$$v = \frac{s}{t} \tag{1}$$

Dengan:

V= kecepatan kendaraan

S = Jarak terukur (5 m)

T =Waktu Hasil Survey

3.6. Metoda Perhitungan Tingkat Kebisingan Ekuivalen

Tingkat kebisingan Ekuivalen (Leq) dinyatakan sebagai tingkat kebisingan yang mewakili seluruh tingkat kebisingan yang terjadi secara fluktuatif pada satuan waktu tertentu. Tingkat kebisingan yang diambil pada studi ini adalah tingkat kebisingan 5 menitan yang dihitung dengan cara yang disajikan pada Rumus (2).

$$Leq = 10 \log^{10} \left(\frac{1}{n} \right) \sum nmid \times 10^{(0,1 \times freq)} \tag{2}$$

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. HASIL PERHITUNGAN TINGKAT KEBISINGAN EKIVALEN

Perhitungan tingkat kebisingan merupakan perhitungan nilai tingkat kebisingan ekuivalen (Leq) dari data-data yang didapatkan. Nilai Leq yang dihitung adalah nilai leq setiap 5 menitan. Cara menghitung Leq dilakukan dengan menggunakan Rumus (2). Tahapan-tahapan menghitung Leq deijelaskan sebagai berikut:

1. Menentukan panjang kelas data dari setiap data yang diperoleh
2. Menentukan jumlah kelas minimal dengan metoda yang dipilih. Pada studi ini dipilih dengan penentuan panjang kelas
3. Menentukan frekuensi data pada setiap kelas
4. Menentukan nilai tengah dari setiap kelas (N mid)

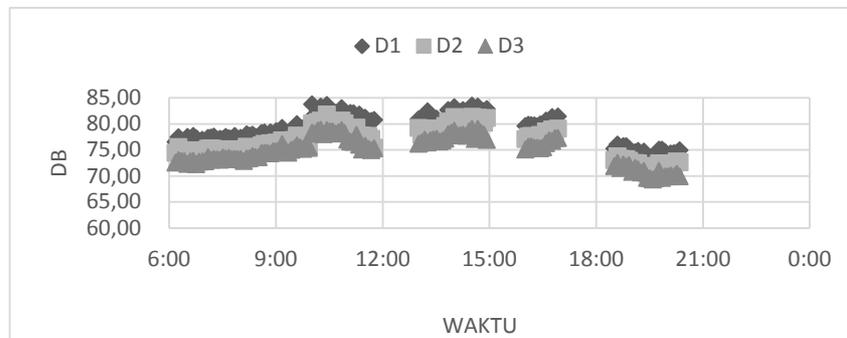
Menghitung nilai tingkat kebisingan ekuivalen sesuai dengan yang disajikan pada Rumus 2.

Tabel 1. Perhitungan Tingkat Kebisingan

No	Periode		Leq Calculation (Alat 1)					Leq
	6:10	6:15	Kelas	Frekw.	N Mid	Freq*10 ^{0,1*Mid}		
1			72 - 74	1	73	19,952,623.15		
	N min	= 72.1	74 - 76	4	75	126,491,106.41		
	N max	= 84.2	76 - 78	11	77	551,305,956.99		
	N kelas	= 7	78 - 80	8	79	635,462,587.78		
			80 - 82	3	81	377,677,623.54		
			82 - 84	2	83	399,052,462.99		
			84 - 86	1	85	316,227,766.02		
	Total				30			2,426,170,126.87

Sebagai contoh dilakukan perhitungan yang dijasikan pada Tabel 1 yaitu pada pukul 06.10-06.15. Dari hasil tingkat kebisingan 10 detik-an diperoleh nilai N minimum yaitu = 72,1 dB sedangkan nilai maksimum pada data 10 detik-an = 84,2. Dengan demikian diperoleh panjang kelas data yang diperoleh dari hasil survey adalah 12,1 dB. Jika panjang kelas tersebut dibagi dengan jumlah kelas yaitu 2, maka diperoleh jumlah kelas 6.05 atau dibulatkan ke menjadi 7 kelas. Selanjutnya dihitung frekuensi dari masing-masing kelas data. Tahap selanjutnya dilakukan perhitungan Leq dengan rumus yang sudah disajikan sebelumnya sehingga diperoleh nilai tingkat kebisingan ekivalen yang diperoleh adalah 79.08 dB.

Gambar yang disajikan menunjukkan variasi tingkat kebisingan berdasarkan jam dan berdasarkan alat. D1, D2, dan D3 menunjukkan variasi tingkat kebisingan berdasarkan jarak sumber bunyi dengan penerima bunyi dengan D1 merupakan jarak terdekat yaitu 1 meter dari sumber bunyi, D2 berjarak 5 meter dari sumber bunyi dan D3 berjarak 10 meter dari sumber bunyi. Dari Gambar 1 yang disajikan dapat diketahui bahwa tingkat kebisingan dipengaruhi oleh jarak sumber dengan penerima yaitu semakin jauh penerima maka semakin rendah tingkat kebisingan yang dirasakan oleh penerima.



Gambar 1. Fluktuasi Tingkat Kebisingan

4.2. Karakteristik Lalu lintas

Berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia, informasi karakteristik lalu lintas yang akan disajikan terdapat beberapa informasi yang berhubungan dengan studi ini. Informasi-informasi tersebut meliputi:

1. Arus lalu lintas
2. Komposisi Lalu lintas
3. Kerapatan
4. Kecepatan

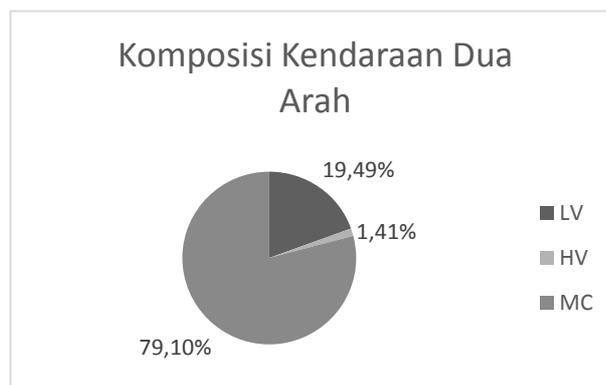
Arus lalu lintas merupakan jumlah kendaraan yang melewati suatu ruas jalan dalam satuan waktu tertentu. Dari penelitian yang dilaksanakan dari pukul 06.00-22.00 diperoleh informasi sesuai Tabel 2.

Tabel 2. Fluktuasi Arus (Kendaraan/jam)

No	Jam			Dua Arah (Kendaraan/Jam)		
	Mulai	-	Selesai	LV	HV	MC
1	6:00	-	7:00	930	110	4685
2	7:00	-	8:00	1123	97	4901
3	8:00	-	9:00	1151	101	5348
4	9:00	-	10:00	1282	80	5090

No	Jam			Dua Arah (Kendaraan/Jam)		
	Mulai	-	Selesai	LV	HV	MC
5	10:00	-	11:00	1745	72	5849
6	11:00	-	12:00	1704	97	5664
7	12:00	-	13:00	N/A	N/A	N/A
8	13:00	-	14:00	1684	92	5696
9	14:00	-	15:00	1686	113	5800
10	15:00	-	16:00	N/A	N/A	N/A
11	16:00	-	17:00	1278	69	5482
12	17:00	-	18:00	N/A	N/A	N/A
13	18:00	-	19:00	864	90	4234
14	19:00	-	20:00	687	78	3797
15	20:00	-	21:00	734	76	3786
16	21:00	-	22:00	N/A	N/A	N/A
TOTAL				14868	1076	60332

Dari data yang diperoleh arus kendaraan yang melewati ruas jalan tersebut sangat bervariasi. Komposisi lalu lintas merupakan variasi jenis kendaraan yang melalui ruas jalan yang ditinjau. Pada studi ini, diambil jenis kendaraan yang sama dengan subbab sebelumnya yaitu kendaraan ringan (LV), kendaraan berat (HV) dan sepeda motor (MC).



Gambar 2. Komposisi Kendaraan

Dari data komposisi kendaraan yang diperoleh dari hasil survey, sepeda motor merupakan jumlah kendaraan yang paling banyak melalui ruas jalan dengan persentase 79,10% untuk kedua arah sedangkan kendaraan ringan 19,50% untuk kedua arah dan kendaraan berat 1,40% untuk kedua arah.

Data kecepatan kendaraan merupakan data yang diperoleh dari hasil survey dengan menentukan kendaraan sampel yang di evaluasi kecepataannya. Perhitungan kecepatan dilaksanakan dengan menggunakan data hasil video recording. Dari hasil video recording ditentukan jarak tertentu untuk menghitung kecepatan yang akan di analisis, pada studi ini diambil jarak 5 meter. Kecepatan dihitung dengan menggunakan kecepatan *space mean speed* atau kecepatan rata-rata ruang. Cara menghitung *Space Mean Speed* dilakukan dengan rumus 3 dan hasil perhitungan disajikan pada Tabel 3.

$$V_{sms} = \frac{s}{t}; \tag{3}$$

Dengan:

V_{sms} = kecepatan space mean speed,

S = jarak yang ditinjau sedangkan

t = merupakan waktu rata-rata untuk menempuh jarak tertentu.

4.3. Regresi Linear

Analisis regresi dilakukan untuk menentukan salah satu tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menentukan faktor-faktor yang paling mempengaruhi model matematis yang akan dibangun. Analisis regresi linear yang digunakan adalah *simple regression* dan *multiple regression analysis* dengan metoda *forward selection* sebab jumlah variabel yang digunakan tidak cukup banyak.

Pada tahap ini akan dilaksanakan analisis pembentukan model matematis dengan tingkat kebisingan dianggap sebagai variabel tak bebas (Y) dengan. Sedangkan data arus lalu lintas, komposisi kendaraan, kecepatan kendaraan, kerapatan, dan jarak penerima dari sumber sebagai variabel bebas (X). Setiap variabel bebas memiliki karakteristiknya masing-masing serta memiliki pengaruhnya masing-masing terhadap model yang akan dibentuk. Berikut adalah kandidat variabel bebas:

X1 = Arus kendaraan (Kendaraan/jam)

X2 = Komposisi kendaraan (%)

X3 = Kecepatan rata-rata seluruh kendaraan (km/jam)

X4 = Kerapatan (Kendaraan/Km)

X5 = Jarak Alat (m)

Tabel 3. Perhitungan Kecepatan

No	Jam		Arah Timur (Km/jam)			Arah Barat (Km/Jam)		
	Mulai	- Selesai	LV	HV	MC	LV	HV	MC
1	6:00	- 7:00	23.56	14.91	34.48	23.05	14.94	34.51
2	7:00	- 8:00	22.70	14.88	34.34	22.76	14.85	34.67
3	8:00	- 9:00	22.77	14.57	34.38	23.04	14.72	34.48
4	9:00	- 10:00	23.25	14.97	34.45	22.85	14.68	34.48
5	10:00	- 11:00	23.23	14.84	34.27	22.52	14.87	34.66
6	11:00	- 12:00	22.81	14.68	34.46	23.26	15.03	34.57
7	12:00	- 13:00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
8	13:00	- 14:00	23.03	14.97	34.45	23.04	14.99	34.46
9	14:00	- 15:00	22.99	14.79	34.12	22.81	14.71	34.47
10	15:00	- 16:00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
11	16:00	- 17:00	23.39	14.99	34.66	23.51	14.72	34.68
12	17:00	- 18:00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
13	18:00	- 19:00	22.42	14.09	29.91	22.62	14.16	30.00
14	19:00	- 20:00	23.13	14.71	34.58	23.02	14.92	34.53
15	20:00	- 21:00	22.67	14.55	34.55	23.31	14.72	34.13
16	21:00	- 22:00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

a. Pembentukan Model Simple Regression

Dalam membentuk model Tingkat kebisingan (Y), tahap awal yang perlu dilakukan adalah menentukan variabel bebas yang memiliki korelasi kuat dengan variabel tidak bebas. Pada perhitungan tahap pertama ini akan dilakukan dengan menggunakan satuan kendaraan/jam untuk arus dan kendaraan /km untuk kerapatan. Dari hasil analisis korelasi yang dilakukan terdapat beberapa variabel bebas yang memiliki nilai korelasi yang bervariasi. Seluruh variabel tersebut merupakan sebagai variabel-variabel model dalam regresi linear dengan satu peubah. Untuk memilih model terbaik terdapat beberapa syarat yang harus dipenuhi yaitu dimulai dengan menentukan nilai signifikansi terendah untuk menunjukkan bahwa variabel tersebut memiliki pengaruh yang signifikan terhadap variabel tidak bebas. Kemudian setelah itu menentukan variabel yang memiliki korelasi kuat terhadap variabel tidak bebasnya. Dan terakhir memilih model dengan *R square* terbaik.

Tabel 4. Perhitungan Simple Regression Dengan Satuan Kendaraan/Jam

No	Variabel Bebas	Koef. Korelasi	Model	Signifikansi (p value)	R Square
1	X1	0.786	$Y = 61.456 + 0.002 X1$	0.000	0.617
2	X2	0.712	$Y = 62.059 + 75.864 X2$	0.000	0.507
3	X3	0.114	$Y = 61.335 + 0.64 X3$	0.026	0.013
4	X4	0.761	$Y = 60.301 + 0.175 X4$	0.000	0.579
5	X5	-0.505	$Y = 79.103 - 0.446 X5$	0.000	0.255

Dari perhitungan, seluruh variabel memiliki nilai signifikansi < 0.05 sehingga semua variabel dapat digunakan dalam analisis. Selanjutnya ditentukan variabel dengan koefisien korelasi yang tinggi. Dari hasil analisis koefisien korelasi diperoleh nilai koefisien korelasi yang cukup tinggi dimiliki oleh X1, X2, X4, dan X5 yaitu sebesar 0.786, 0.712, 0.761, dan -0.505. Dari keseluruhan variabel tersebut dilakukan analisis terakhir yaitu dengan mengevaluasi nilai R square. Dari hasil perhitungan diperoleh bahwa model terbaik adalah model yang dipengaruhi oleh X1 dengan persamaan:

$$Y = 61.456 + 0.002 X1, \quad (5)$$

Dengan nilai signifikansi 0.000, nilai koefisien korelasi = 0.786 dan nilai R square = 0.617.

b. Pembentukan Model Multiple Regression

Selanjutnya dengan cara yang serupa dilakukan perhitungan regresi multilinear. Pembentukan model matematis dilakukan dengan metoda *forward selection analysis*. Prinsip dasar pada *forward selection analysis* ini adalah diawali dengan memasukan variabel satu persatu. Variabel pertama dimasukan berdasarkan koefisien korelasi parsial dari masing-masing data. Kemudian secara perlahan variabel yang akan digunakan ditambahkan satu persatu dengan melihat nilai signifikansi dari variabel yang digunakan.

Pada analisis tesis ini diawali dengan memasukan 5 variabel tidak bebas meliputi:

X1 = Arus kendaraan

X2 = % kendaraan ringan kedua arah

X3 = Kecepatan rata-rata seluruh kendaraan (km/jam)

X4 = Kerapatan

X5 = Jarak Penerima Dari Sumber (m)

Ke lima variabel tersebut dilakukan regresi. Dari persamaan tersebut di analisis nilai signifikansi dari setiap variabel. Kemudian setiap variabel dalam model di evaluasi dengan nilai signifikansi. Dalam *forward selection* dipilih nilai signifikansi yang paling rendah.

Kemudian selanjutnya dilakukan perhitungan tahap 2 yaitu dengan membentuk model matematis dengan X1 sebagai variabel yang telah dimasukan dan variable lainnya dinilai berdasarkan nilai p value. Dari hasil perhitungan diperoleh persamaan X1 dan X5 dengan p value 2.946×10^{-92} yang memenuhi kriteria p value < 0.05 . Kemudian selanjutnya dilakukan perhitungan tahap 3 yaitu dengan membentuk model matematis dengan X1 dan X5 sebagai variabel yang telah dimasukan dan variable lainnya dinilai berdasarkan nilai p value. Dari hasil perhitungan diperoleh persamaan X1, X5, dan X2 dengan p value 6.39×10^{-22} . Pada tahap berikutnya dilakukan perhitungan tahap 4 yaitu dengan membentuk model matematis dengan X1, X5, dan X2 sebagai variabel yang telah dimasukan dan variable lainnya dinilai berdasarkan nilai p value. Dari hasil perhitungan tidak ada lagi variabel yang

bisa dimasukkan sebab nilai signifikansi untuk model dari X3 dan X4 melebihi 0.05 yaitu 0.962 dan 0.55.

Dari hasil forward selection ini diperoleh model terbaik dengan variabel X1, X2, dan X5 dengan persamaan:

$$Y = 62.363 + 0.002 X1 + 27.884 X2 - 0.446 X5 \quad (6)$$

Dengan nilai R square 0.900.

Model yang diperoleh pun dapat digunakan untuk memprediksi tingkat kebisingan pada sebuah kawasan berdasarkan standar kebisingan kementerian lingkungan hidup. Perhitungan yang dilakukan mengasumsikan bahwa seluruh kebisingan bersumber dari kebisingan lalu lintas. Perhitungan dilakukan dengan mengolah model yang didapatkan sesuai dengan kebutuhan. Sebagai contoh untuk karakteristik Jalan A.H Nasution dengan kondisi pada jam puncaknya adalah sebagai berikut:

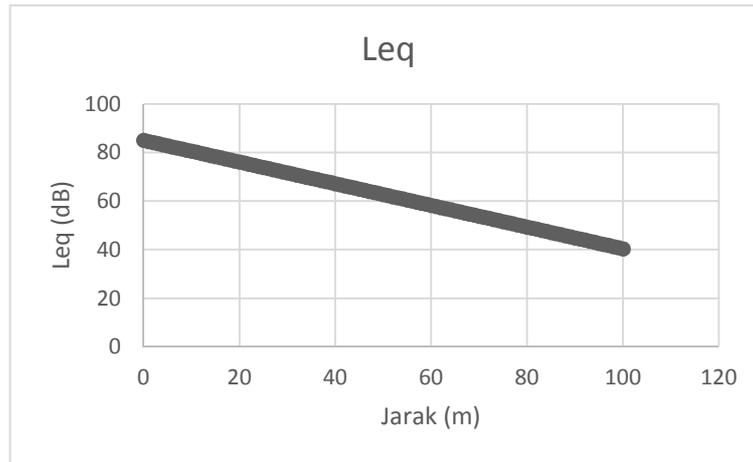
1. Arus Lalu lintas : 8100 kendaraan/jam
2. Komposisi kendaraan ringan: 23%
3. Baku mutu tingkat kebisingan daerah komersil = 70 dB
4. Baku mutu tingkat kebisingan daerah pemukiman = 60 dB

Dengan penyesuain model lalu lintas yaitu:

$$X5 = (62.363 + 0.002 X1 + 27.884 X2 - Y)/0.446 \quad (7)$$

Dengan X5 adalah jarak penerima dari sumber, X1 adalah arus lalu lintas, X2 adalah komposisi kendaraan ringan dan Y adalah baku mutu yang direncanakan maka hasil perhitungan diperoleh jarak minimum daerah komersil adalah 33 meter dari jalan raya sedangkan pemukiman dengan baku mutu 60 dB jarak minimumnya adalah 56 meter. Selain itu dapat juga dapat diprediksi tingkat kebisingan pada kondisi jalan ini berdasarkan jarak dari jalan raya. Hubungan ini disajikan pada Gambar 3.

Jika dilihat dari bentuk model dan grafik, model ini memiliki kekurangan yaitu memungkinkannya nilai kebisingan negatif tercapai. Secara logika nilai tersebut tidak mungkin tercapai sebab kebisingan memiliki nilai positif. Nilai 0 pada model ini dicapai pada jarak 190 meter. Sehingga hal tersebut bisa dianggap limit model yang dibentuk. Selain itu model ini belum bisa menggambarkan kebisingan yang disebabkan oleh sumber-sumber lain selain jalan raya yang berpengaruh terhadap kebisingan. Selain itu pada kenyataannya kebisingan berasal dari banyak sumber dan arah sedangkan model yang dibangun menggunakan satu arah pengamatan dan satu sumber kebisingan yaitu lalu lintas. Namun model yang dibangun bisa digunakan sebagai pendekatan dalam perencanaan.



Gambar 3. Grafik Model

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil studi kebisingan pada ruas Jalan A.H. Nasution dengan tinjauan pada kondisi Kota Bandung dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Tingkat kebisingan selama waktu studi yaitu pukul 06.00-22.00 serta pada variasi jarak dari badan jalan mengalami fluktuasi dari waktu ke waktu dengan nilai tertinggi yaitu dengan tingkat kebisingan tertinggi yaitu 83,78 dB yaitu pada periode waktu 10.00-10.05 pada alat 1 sedangkan nilai terendah terdapat dengan tingkat kebisingan 69.31 pada periode 19.35-19.40.
2. Kondisi arus lalu lintas dari waktu ke waktu selama waktu studi mengalami fluktuasi yaitu untuk kedua arah puncak pergerakan berada pada pukul 10.00 yaitu sebanyak 1745 kendaraan ringan/jam, 72 kendaraan berat/jam, 5849 sepeda motor/jam.
3. Komposisi kendaraan yang melalui wilayah studi didominasi sepeda motor dengan persentasi kendaraan terhadap jenis kendaraan lainnya 79,10% untuk kedua arah, kendaraan ringan 19.50% dan kendaraan berat memiliki komposisi 1.40%.
4. Kecepatan kendaraan yang melintasi wilayah studi memiliki variasi khususnya terhadap jenis kendaraan. Untuk kendaraan ringan, kecepatan tertinggi adalah 32.73 km/jam sedangkan kecepatan terendah adalah 15.00 km/jam. Untuk kendaraan berat kecepatan tertinggi adalah 18 km/jam sedangkan kecepatan terendah adalah 12.86 km/jam. Untuk sepeda motor kecepatan tertinggi adalah 40.91 km/jam sedangkan kecepatan terendah adalah 25.71 km/jam.
5. Pengembangan model matematis dilakukan dengan 2 metoda yaitu metoda regresi sederhana dan regresi multilinear regresi dengan evaluasi variabel menggunakan koefisien korelasi dan nilai p value. Dari studi yang dilaksanakan diperoleh model terbaik yaitu persamaan $Y = 62.363 + 0.002 X_1 + 27.884 X_2 - 0.446 X_5$ dengan R Square =0.900 yaitu model yang dibentuk dengan model regresi linear serta satuan arus yaitu kendaraan/jam dan kerapatan dengan satuan kendaran/km.
6. Dari hasil studi yang dilakukan, model model yang didapatkan dapat digunakan secara praktis sebagai model untuk mencari tingkat kebisingan. Sebagai contoh, untuk lokasi jalan yang ditinjau dengan baku mutu kawasan industri 70 dB maka jarak minimum 33 meter sedangkan untuk pemukiman, baku mutu 60 dB yaitu 56 meter.

7. Model yang dibentuk memiliki batasan sebab nilai kebisingan tidak memungkinkan bernilai negatif. Nilai 0 pada Leq tercapai pada jarak 190 meter. Selain itu sumber kebisingan pada studi ini hanya berkonsentrasi pada satu arah dan satu sumber kebisingan namun dapat digunakan sebagai pendekatan dalam perencanaan.

5.2. Saran

Sedangkan dari hasil studi ini terdapat saran yang perlu dipertimbangkan yaitu:

1. Dalam evaluasi tingkat kebisingan ini, evaluasi kondisi alat merupakan suatu hal yang sangat penting dilaksanakan.
2. Pada studi yang dilaksanakan hanya dilakukan 3 titik pengamatan. Pada studi berikutnya disarankan untuk melakukan lebih banyak titik pengamatan (5-10 titik pengamatan) sehingga dapat ditemukannya faktor jarak terhadap kebisingan.
3. Perlu dilakukannya langkah-langkah preventif untuk mengurangi tingkat kebisingan pada kawasan tersebut sebab tingkat kebisingan yang diperoleh dari hasil studi melebihi batas ambang tingkat kebisingan dari kementerian lingkungan hidup.
4. Perlu dilakukannya evaluasi kebisingan yang lebih komperhensif dengan mempertimbangkan tingkat kebisingan selain dari lalu lintas yang melalui lokasi studi.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG). Pusat Online, Pusat database BMKG. <https://dataonline.bmkg.go.id/>.
- Croome, D.J., and Mashrae. (1977). *Noise Buildings and People*. Pergamon Press.
- Fauzan, Fauzan. (2015). *Sekolah Tinggi Penerbangan Riau dengan Pendekatan Arsitektur Hijau*. Skripsi, JOM FT-UNRI. Universitas Riau, Riau.
- Gareth James. (2013). *An introduction to statistical learning with application in R*, Springer.
- International Transport Forum. (2011). *Public Acceptability of Sustainable Transport Measures (A Review of The Literature)*. European Commission-Joint Research Centre.
- James Wilding. (2008). *ACRP 9: Effect of Aircraft Noise : Research update on selected topic*. Transportation Research Board.
- John o. Rawlings. (1998). *Applied Regression analysis: a research tool*. Second Edition, Springer.
- Kushari, B. (2004). *Transportation Demand Management Policies in Some Southeast Asian Cities: past Experiences, Social Feasibility and Future Prospect*. Thesis, Chulalongkorn University.
- Menteri Lingkungan Hidup. (1996), *Kep-48/MENKLH/1996 tentang Baku tingkat kebisingan peruntukan kawasan/lingkungan*
- Mishra, Mukesh Chandra. (2010). *Study And Development Of Road Traffic Noise Model*, Thapar University Press.
- Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah Kota Bandung (2014-2018) (2014) Bandung-Jawa Barat.
- S. P., Karlaftis, M. G., Mannering, F. L. (2003). *Statistical and Econometric Methods for Transportation Data Analysis*. Florida, Chapman & Hall/CRC.
- Setiawan, Rudy. (2001). *Analisa Tingkat Kebisingan Lalu Lintas Pada Jalan Tol Ruas Waru-Sidoarjo*. Skripsi, Universitas Kristen Petra. Surabaya
- Sya'bani, N. L. (2012). *Pemodelan Kebisingan Lalulintas Di Jalan Terusan Kopo Bandung*. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Maranatha* Vol. 8(2) 2012.