

**TUGAS AKHIR**

**PENANGANAN TINGKAT KEBISINGAN LALU LINTAS  
BERBASIS MANAJEMEN TRANSPORTASI PADA JALUR  
BUSWAY DI KOTA MAKASSAR**



**AGUNG ABADI**

**D121 14 008**

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**2019**





KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS HASANUDDIN FAKULTAS TEKNIK  
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

JL. POROS MALINO, KM.6 BONTOMARANNU KAB. GOWA

## LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.

Judul : *Penanganan Tingkat Kebisingan Lalu Lintas Berbasis Manajemen Transportasi Pada jalur Koridor Busway Di Kota Makassar*

Disusun Oleh :

Nama : Agung Abadi

D121 14 014

Telah diperiksa dan disetujui  
Oleh Dosen Pembimbing

Gowa, 21 Mei 2019

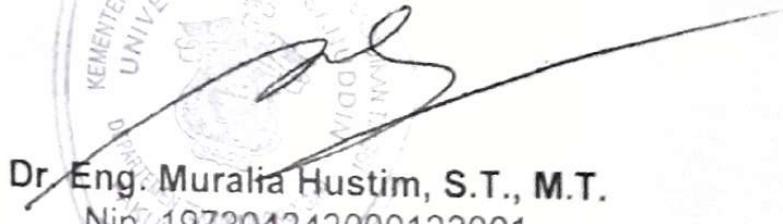
Pembimbing I

Pembimbing II

  
Dr. Eng. Muralia Hustim, ST. MT.  
NIP. 19720424 2000122001

  
Ir. Dantje Runtulalo, MT.  
NIP. 195705301989031001

Menyetujui,  
Ketua Departemen Teknik Lingkungan

  
Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T.  
Nip. 197204242000122001



## KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa Penulis panjatkan kehadiran Allah ﷻ karena atas limpahan berkah, rahmat, dan hidayah-Nya, Penulis dapat menyelesaikan segala proses penyusunan skripsi dengan judul **“Penanganan Tingkat Kebisingan Lalu Lintas Berbasis Manajemen Transportasi pada Jalur Koridor Busway di Kota Makassar”**. Salawat dan salam tak lupa tucurahkan kepada Rasul sekaligus Nabi Allah, Nabi Muhammad ﷺ. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat kelengkapan untuk menyelesaikan Program Pendidikan Strata Satu di Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

Dengan selesainya penelitian ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak yang telah memberikan masukan-masukan kepada penulis. Untuk itu penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada :

- ❖ Kedua orang tua, Bapak Subandi Kawidi dan Ibu Hasna, serta saudara dan keluarga tercinta yang senantiasa memberi dukungan dan menjadi motivasi terbesar bagi Penulis selama ini.
- ❖ Ibu Prof. Dr. Dwia Aries Tina Pulubuhu M.A sebagai Rektor Universitas Hasanuddin.
- ❖ Bapak Dr. Ir. M. Arsyad Thaha, MT., sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
- ❖ Ibu Dr. Eng. Muralia Hustim, ST. MT., selaku Ketua Departemen Teknik

dan Kepala Laboratorium Riset Udara dan Bising Departemen Teknik Lingkungan, dan Bapak Dosen Pembimbing I, atas segala kesabaran dan waktu serta nasihat



spiritual yang telah diluangkannya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan mulai dari awal penelitian hingga terselesainya penulisan tugas akhir ini.

- ❖ Bapak Ir. Dantje Runtulalo, MT selaku pembimbing II yang bersedia memberikan waktu di tengah kesibukan untuk membimbing dan memberikan arahan bagi penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
- ❖ Bapak-Ibu Dosen dan seluruh staf dan pegawai Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
- ❖ Rekan-rekan mahasiswa, terutama angkatan 2014 Departemen Teknik Lingkungan dan Sipil FT-UH (PORTAL 2015).
- ❖ Rekan Asisten di Laboratorium Kualitas Udara dan Kebisingan.
- ❖ Teman-teman Samata Crew Project (SCP).

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dari laporan skripsi ini, baik dari materi maupun teknik penyajiannya, mengingat kurangnya pengetahuan dan pengalaman Penulis. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat Penulis harapkan..

Gowa,

Agung Abadi



## ABSTRAK

### Penanganan Tingkat Kebisingan Lalu Lintas Berbasis Manajemen Transportasi pada Jalur Koridor Busway di Kota Makassar

#### ABSTRAK

**Agung Abadi.** Penanganan Tingkat Kebisingan Lalu Lintas Berbasis Manajemen Transportasi Pada Jalur Koridor Busway Di Kota Makassar. (Dibimbing oleh **Muralia Hustim** dan **Dantje Runtulalo**)

Tingkat kebisingan di kota Makassar saat ini sudah mencapai 79,1 dB (melebihi Baku Mutu Tingkat Kebisingan sebesar 70dB) dari hasil penelitian sebelumnya, untuk itu perlu dilakukan penanganan tingkat kebisingan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan memprediksi tingkat kebisingan lalu lintas di ruas jalan Kota Makassar serta penanganan tingkat kebisingan melalui skenario simulasi berbasis model prediksi ASJ-RTN 2008. Penelitian ini dilakukan pada ruas jalan di kota Makassar yang merupakan jalur koridor busway, jumlah titik pengamatan sebanyak 17. Waktu penelitian ini dari pukul 07.00-17.00 dengan mengukur tingkat kebisingan, kecepatan kendaraan, klakson kendaraan dengan menggunakan alat *sound level meter*, *speedgun*, *counter*, dan *camera*. Titik pengamatan dalam penelitian ini terdiri dari ruas jalan dengan tipe jalan 4/2D, 6/2D, 8/2D, 4/2 UD, 6/2UD.

Model kebisingan prediksi ASJ-RTN 2008 tanpa memperhitungkan suara klakson menghasilkan nilai tingkat kebisingan rata-rata sebesar 78,55 dB dengan korelasi pearson dan RMSE sebesar 0,94 dan 1,07. Model kebisingan prediksi ASJ-RTN 2008 dengan memperhitungkan suara klakson menghasilkan nilai tingkat kebisingan rata-rata sebesar 79,8 dB dengan korelasi pearson dan RMSE sebesar 0,93 dan 1,05.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa prediksi tingkat kebisingan berbasis model ASJ-RTN 2008 yang diperoleh dari proyeksi laju pertumbuhan kendaraan selama 5 tahun mendatang yaitu dari tahun 2019 sampai tahun 2023 dengan 60 simulasi skenario, dimana pada tiap skenario masing-masing terdapat 3 variasi kendaraan yang berbeda. Variasi 2 skenario 3 yaitu pengurangan volume pete-pete yang dialihkan ke BRT dan pengurangan volume LV yang dipindahkan ke BRT sebesar 50% dengan nilai reduksi dapat mereduksi sebesar 2,4 dB dari  $L_{Aeq,day}$  rata-rata titik pengamatan dan 1,8  $L_{Aeq,day}$  prediksi.

**Kata kunci:** Kebisingan, ASJ-RTN 2008, Proyeksi



## ABSTRACT

**Agung Abadi.** Management of Traffic Based Noise Levels Based on Transportation Management of Busway Route in The Makassar City. (*Supervised by Muralia Hustim and Dantje Runtulalo*)

The noise levels in Makassar has now reached 79,1 db (exceeding The Noise Level Quality Standards of 70dB) from the results of previous studies, and it is necessary to handle the noise levels. The aim of this study is to analyze and predict the traffic's noise levels on the road in Makassar city as well as to managing the noise levels according to the scenario simulation based on ASJ-RTN 2008 prediction model. This study was conducted on the busway route in Makassar city with 17 observation points. The time of the research starts from 07.00 – 17.00 WITA by measuring the noise levels, vehicle's speed, vehicle's horn by using sound level meter, speedgun, counter and camera. Observation point in this study consisted of roads with the road type 4/2D, 6/2D, 8/2D, 4/2 UD, 6/2UD.

The noise model prediction by ASJ-RTN 2008 without measuring the horn's sound resulted an average noise level of 78,55 dB with pearson's correlation and RMSE 0,94 and 1,07. The noise model prediction by ASJ-RTN 2008 with measuring the horn's sound resulted an average noise level 79,8 dB with pearson's correlation and RMSE 0,93 and 1,05.

This study shows that the prediction of the noise levels based on ASJ-RTN 2008 which was collected form the projected growth rate over the next 5 years form 2019 until 2023 with 60 simulation scenarios, which in every scenarios consists of 3 different vehicle variations. Variation 2 scenario 3 with the reduction of pete-pete's volume which was transferred to BRT and the reduction of LV volume which was transferred into BRT by 50% with the reduction value that can be reduced by 2,4 dB from  $L_{Aeq_{day}}$  of an average observation points and 1,8  $L_{Aeq_{day}}$  of prediction.

**Kata kunci:** Noise Level, ASJ-RTN 2008, Projection



## DAFTAR ISI

	<b>halaman</b>
SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan dan Manfaat Penelitian	4
D. Ruang Lingkup	5
E. Sistematika Penulisan	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Transportasi	7
B. Angkutan	9
Klasifikasi Jalan	11
Karateristik Arus Lalu Lintas	13
Optimization Software: <a href="http://www.balesio.com">www.balesio.com</a>	viii



1. Hubungan Antara Kecepatan, Kepadatan dan Volume	
Lalu Lintas	14
a. Model Linier <i>Greenshield</i>	14
b. Model <i>Greenberg</i>	15
c. Model <i>Underwood</i>	16
E. Pengendalian Kebisingan	17
F. Kebisingan	19
1. Pengertian Kebisingan	19
2. Jenis-jenis Kebisingan	19
G. Baku Mutu Tingkat Kebisingan	20
H. Zona Kebisingan	21
I. Dampak Kebisingan Terhadap Kesehatan	22
J. Alat Pengukur Kebisingan	23
K. Metode Pengukuran Tingkat Kebisingan	24
L. Mengukur Tingkat Kebisingan	25
M. Perhitungan Tingkat Kebisingan Hasil Pengukuran	27
N. Pengujian Statistik	30
O. Model Prediksi Kebisingan ASJ-RTN 2008	31
P. Persamaan Model ASJ-RTN 2008	32
1. Perhitungan <i>Sound Power Level</i> ( $L_{wA}$ )	32
2. Perhitungan <i>Sound Pressure Level</i> ( $L_A$ )	32
3. Perhitungan <i>Equivalent Continuous A-weighted Sound Pressure Level</i> ( $L_{Aeq}$ )	33



4. Persamaan Model ASJ-RTN 2008 dengan penambahan suara klakson	33
Q. Validasi Hasil Prediksi	34
R. Proyeksi Kendaraan Tahun Mendatang	35
S. Pengendalian Kebisingan	35
T. Analisis Simulasi Skenario Lalu Lintas	36
U. Penelitian Terdahulu	37

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

A. Rancangan Penelitian	40
B. Waktu dan Lokasi Penelitian	41
1. Waktu Penelitian	41
2. Lokasi Penelitian	41
C. Alat Pengukuran	44
D. Data	45
E. Teknik Pengumpulan Data	45
1. Data Primer	46
a. Pengukuran Tingkat Kebisingan	46
b. Pengukuran Volume Lalu Lintas Kendaraan	47
c. Pengukuran Kecepatan Kendaraan	48
d. Perhitungan Jumlah Klakson	48
2. Data Sekunder	48
Analisis Data	49
Analisis Tingkat Kebisingan Hasil Pengukuran	49



2. Analisis Prediksi Tingkat Kebisingan dengan Metode ASJ-RTN 2008	50
3. Analisis Simulasi Pembebanan Lalu Lintas	52
 <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
A. Gambaran Umum	54
B. Hasil Pengukuran Tingkat Kebisingan	54
1. Tingkat Kebisingan (dB)	54
2. Volume Lalu Lintas	62
3. Kecepatan	64
4. Klakson	65
5. Prediksi Kebisingan	67
6. Simulasi Penanganan Lalu Lintas	77
 <b>BAB V PENUTUP</b>	
A. Kesimpulan	106
B. Saran	107
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	108
<b>LAMPIRAN</b>	113



## DAFTAR TABEL

	<b>halaman</b>
1. Baku Tingkat Kebisingan sesuai dengan Peruntukan Lahan	20
2. Batasan Teknis Kapasitas Lingkungan Jalan	21
3. Koefisien Regresi a dan b untuk Arus Lalu Lintas <i>Steady</i> dan <i>Unsteady</i>	32
4. Nama dan Karakteristik Jalan Lokasi Penelitian	41
5. Data <i>Input</i> Prediksi Kebisingan ASJ-RTN 2008 pada Program <i>Fortran 95</i>	68
6. Perbandingan Tingkat Kebisingan Hasil Pengukuran dan Tingkat Kebisingan Hasil Prediksi ASJ-RTN 2008	69
7. Data <i>Input</i> Jumlah Bunyi Klakson pada Program <i>Fortran 95</i>	71
8. Perbandingan Tingkat Kebisingan Hasil Pengukuran dan Tingkat Kebisingan Hasil Prediksi ASJ-RTN 2008 dengan Suara Klakson	71
9. Hasil Prediksi Jumlah Kendaraan Tahun 2019-2023 dengan Pertumbuhan Kendaraan Sebanyak 7%	73
10. Data Output Kebisingan pada Tahun 2019 sampai dengan Tahun 2023 dengan Pertumbuhan Kendaraan 7% menggunakan ASJ-RTN 2008 pada program Fortran	74
11. Perbandingan Data Pengukuran dengan Data Prediksi Menggunakan	

RTN 2008 pada program Fortran dari Tahun 2018 sampai  
n 2023

75



xii

12. Validasi Data Pengukuran dengan Data Prediksi Menggunakan ASJ-RTN 2008 pada program Fortran dari Tahun 2018 sampai Tahun 2023	77
13. Skenario Simulasi Variasi 1	79
14. Jumlah Kendaraan Variasi 1 Skenario 1	79
15. Jumlah Kendaraan Variasi 1 Skenario 2	79
16. Jumlah Kendaraan Variasi 1 Skenario 3	80
17. Tingkat Kebisingan Hasil Skenario Variasi 1 Skenario 1	80
18. Tingkat Kebisingan Hasil Skenario Variasi 1 Skenario 2	81
19. Tingkat Kebisingan Hasil Skenario Variasi 1 Skenario 3	81
20. Hasil Uji Statistik Variasi 1 Skenario 1	82
21. Hasil Uji Statistik Variasi 1 Skenario 2	83
22. Hasil Uji Statistik Variasi 1 Skenario 2	83
23. Skenario Simulasi Variasi 2	84
24. Jumlah Kendaraan Variasi 2 Skenario 1	84
25. Jumlah Kendaraan Variasi 2 Skenario 2	84
26. Jumlah Kendaraan Variasi 2 Skenario 3	85
27. Tingkat Kebisingan Hasil Skenario Variasi 2 Skenario 1	85
28. Tingkat Kebisingan Hasil Skenario Variasi 2 Skenario 2	86
29. Tingkat Kebisingan Hasil Skenario Variasi 2 Skenario 3	86
30. Hasil Uji Statistik Variasi 2 Skenario 1	87

1 Uji Statistik Variasi 2 Skenario 2	88
--------------------------------------	----

1 Uji Statistik Variasi 2 Skenario 2	88
--------------------------------------	----



33. Skenario Simulasi Variasi 3	89
34. Jumlah Kendaraan Variasi 3 Skenario 1	89
35. Jumlah Kendaraan Variasi 3 Skenario 2	89
36. Jumlah Kendaraan Variasi 3 Skenario 3	90
37. Tingkat Kebisingan Hasil Skenario Variasi 3 Skenario 1	90
38. Tingkat Kebisingan Hasil Skenario Variasi 3 Skenario 2	91
39. Tingkat Kebisingan Hasil Skenario Variasi 3 Skenario 3	91
40. Hasil Uji Statistik Variasi 3 Skenario 1	92
41. Hasil Uji Statistik Variasi 3 Skenario 2	93
42. Hasil Uji Statistik Variasi 3 Skenario 2	93
43. Skenario Simulasi Variasi 4	94
44. Jumlah Kendaraan Variasi 4 Skenario 1	94
45. Jumlah Kendaraan Variasi 4 Skenario 2	94
46. Jumlah Kendaraan Variasi 4 Skenario 3	95
47. Tingkat Kebisingan Hasil Skenario Variasi 4 Skenario 1	95
48. Tingkat Kebisingan Hasil Skenario Variasi 4 Skenario 2	96
49. Tingkat Kebisingan Hasil Skenario Variasi 4 Skenario 3	96
50. Hasil Uji Statistik Variasi 4 Skenario 1	97
51. Hasil Uji Statistik Variasi 4 Skenario 2	98
52. Hasil Uji Statistik Variasi 4 Skenario 3	99
53. Tingkat Kebisingan Hasil Variasi 1	99

Tingkat Kebisingan Hasil Variasi 2	99
Tingkat Kebisingan Hasil Variasi 3	100



56. Tingkat Kebisingan Hasil Variasi 4	100
57. Tingkat Reduksi Kebisingan Hasil Variasi 1	101
58. Tingkat Reduksi Kebisingan Hasil Variasi 2	101
59. Tingkat Reduksi Kebisingan Hasil Variasi 3	102
60. Tingkat Reduksi Kebisingan Hasil Variasi 4	102
61. Hasil Uji Statistik Skenario Simulasi	104



## DAFTAR GAMBAR

	<b>halaman</b>
1. Rancangan Penelitian	40
2. Peta Lokasi Titik Pengamatan	42
3. Alat Pengukuran Kebisingan	44
4. Posisi Alat dan Operator Survei	46
5. Diagram Alir Perhitungan Nilai Tingkat Kebisingan	49
6. Diagram Alir Prediksi Kebisingan	50
7. Diagram Alir Simulasi Skenario	52
8. Histogram Distribusi Tingkat Kebisingan Jalan Dr. Ratulangi 2 Titik Pengamatan (R12) Pukul 07.00-08.00 tipe jalan 4/2D	55
9. Histogram Distribusi Tingkat Kebisingan Jalan Ahmad Yani Titik Pengamatan (R07) Pukul 07.00-08.00 tipe jalan 4/2UD	56
10. Histogram Distribusi Tingkat Kebisingan Jalan Perintis Kemerdekaan 4 Titik Pengamatan (R01) Pukul 07.00-08.00 tipe jalan 6/2D	56
11. Histogram Distribusi Tingkat Kebisingan Jalan Jendral Sudirman Titik Pengamatan (R08) Pukul 07.00-08.00 tipe jalan 6/2UD	57
12. Histogram Distribusi Tingkat Kebisingan Jalan Urip Sumoharjo 2 Titik Pengamatan (R06) Pukul 07.00-08.00 tipe jalan 4/2D	57
13. Tingkat Kebisingan Lalu Lintas Jalan Perintis Kemerdekaan 4	58

Diagram Batasan Teknis  $L_{10}$

59

Diagram Batasan Teknis  $L_{eq}$

60



xvi

16. Histogram $L_{Aeq,day}$	61
17. Volume Lalu Lintas Kendaraan Titik Pengamatan	62
18. Kecepatan Rata-rata Kendaraan di Titik Pengamatan R01-R17	63
19. Klakson Kendaraan Titik Pengamatan	66
20. Perbandingan $L_{Aeq,day}$ pengukuran dengan $L_{Aeq,day}$ prediksi ASJ-RTN 2008	69
21. Perbandingan $L_{Aeq,day}$ pengukuran dengan $L_{Aeq,day}$ prediksi ASJ-RTN 2008 dengan suara klakson	72



## DAFTAR LAMPIRAN

	<b>halaman</b>
1. <i>Layout</i> Titik Pengambilan Data	113
2. Geometrik Titik Pengamatan	116
3. Histogram Distribusi Tingkat Kebisingan	125
4. Histogram Tingkat Kebisingan Titik Pengamatan	151
5. Histogram Volume Kendaraan Titik Pengamatan	154
6. Histogram Kecepatan Kendaraan Titik Pengamatan	160
7. Histogram Klakson Kendaraan Titik Pengamatan	162
8. Rekepitulasi Model V-S-D	168
9. <i>Data Input</i> dan <i>Output</i> Model Prediksi ASJ-RTN 2008	228
10. <i>Data Input</i> dan <i>Output</i> Simulasi skenario	231
11. Pengujian Statistik Hasil Simulasi Skenario Penangan Kebisingan	279
12. Gambar Pengambilan Data Survei	291



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Transportasi adalah pemindahan manusia atau barang dengan menggunakan wahana yang digerakkan oleh manusia atau mesin. Transportasi digunakan untuk memudahkan manusia untuk melakukan aktivitas sehari-hari. Transportasi dapat diartikan usaha memindahkan, menggerakkan, mengangkut, atau mengalihkan suatu objek dari suatu tempat ke tempat lain, dimana tempat lain objek tersebut lebih bermanfaat atau dapat berguna untuk tujuan-tujuan tertentu (Andriansyah, 2015).

Masalah transportasi terutama yang berkaitan dengan lalu lintas di setiap kota besar di Indonesia memang sering menjadi hal yang sering dihadapi, baik oleh para pengguna jalan maupun pemerintahan kota yang bertanggung jawab atas hal tersebut. Makassar sebagai salah satu kota besar di Indonesia juga mengalaminya. Kecenderungan peningkatan jumlah kendaraan bermotor yang beroperasi, akan menambah beban lalu lintas dan menimbulkan berbagai permasalahan yang dapat mengganggu sebagian besar masyarakat perkotaan. Sebagai salah satu contohnya yaitu meningkatnya intensitas polusi suara berupa kebisingan bagi lingkungan di sekitar jalan tersebut. Sumber bising lalu lintas jalan diantaranya berasal dari kendaraan bermotor baik roda dua, roda empat maupun kendaraan berat yang sumber penyebab bisingnya antara lain dari bunyi klakson kendaraan, suara knalpot akibat penekanan pedal gas secara berlebihan dan penggunaan knalpot racing. Tiap-tiap kendaraan menghasilkan kebisingan, namun sumber dan besarnya dari kebisingan dapat sangat bervariasi tergantung jenis kendaraan (Pristianto, 2016).

Jumlah penduduk Kota Makassar mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Pada tahun 2011 jumlah penduduk sekitar 1.338.663 jiwa, 2012 menjadi 1.487.049 jiwa, dan pada tahun 2015 meningkat lagi menjadi 1.700.571 jiwa dengan luas wilayah 175.8 Km<sup>2</sup>. Sebagai salah satu kota di Indonesia, pertumbuhan penduduk signifikan dengan kebutuhan



masyarakat akan sarana prasarana khususnya dibidang transportasi yang dapat ditandai pada kepemilikan kendaraan pribadi yang mengalami peningkatan, misalkan pada tahun 2014 jumlah kepemilikan kendaraan pribadi yaitu sebanyak 2,783,130.00 dan pada tahun 2015 meningkat menjadi 3,000,029.00. Permasalahan lalu lintas yang disebabkan karena tingginya tingkat kendaraan maka muncul kebijakan pemerintah untuk menggunakan transportasi publik (Ali, 2017).

Dalam beberapa kasus, kemacetan hampir melumpuhkan seluruh pergerakan dan perjalanan penduduk. Kondisi tersebut disebabkan oleh beberapa hal antara lain kurangnya jalur alternatif yang menghubungkan pusat-pusat kota, minimnya prasaranan dan sarana transportasi dan kurangnya keberpihakan penduduk kota pada angkutan umum. Permasalahan angkutan umum di kota Makassar juga merupakan fokus utama sekaligus faktor yang cukup berpengaruh terhadap timbulnya kemacetan di mana - mana. Angkutan umum dalam kota ini, disebut *pete-pete* belum mampu berperan aktif dan maksimal terkait pengentasan kemacetan. Oleh karena itu pemerintah kota Makassar membangun Sarana Angkutan Umum Masal (SAUM) dengan sistem *Bus Rapid Transit* atau BRT untuk layanan publik dengan biaya murah dan fasilitas yang memadai dengan sistem jalur *Buslane* dengan harapan mampu menjadi alternatif pilihan angkutan umum massal dalam kota. Fakta di kota Makassar menunjukkan bahwa BRT yang di bangun menggunakan sistem *Buslane* di mana jalurnya menggunakan jalanan umum yang sudah ada. Hal ini disebabkan keterbatasan prasarana jalan dalam hal dimensi lebar jumlah jalur sehingga tidak memungkinkan menggunakan busway seperti halnya busway Transjakarta. Untuk mengimplementasikan *Buslane* di kota Makassar, pemerintah menggunakan jalan protokol sebagai jalur *Buslane* yang beroperasi sehari hari di kota Makassar. Hal ini terlihat dengan beberapa halte yang di bangun di pinggir - pinggir jalan protokol di kota Makassar (Azham, 2017).

Kemacetan lalu lintas yang terjadi di kota Makassar menyebabkan timbulnya kebisingan lalu lintas. Kebisingan yang terjadi berasal dari berbagai macam lalu lintas di jalan, baik yang bersumber dari kendaraan umum maupun kendaraan pribadi. Permasalahan kebisingan lalu lintas merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi keselamatan lingkungan baik di negara maju maupun negara



berkembang. Indonesia sebagai negara berkembang juga tak lepas dari masalah kebisingan lalu lintas. Kendaraan yang bergerak di jalan akan mengeluarkan suara baik itu mesin maupun klakson kendaraan. Hal ini dapat terjadi disepanjang ruas jalan dan persimpangan jalan.

Penelitian terdahulu menunjukkan tingkat kebisingan rata-rata simpang empat bersinyal di Kota Makassar telah melewati baku mutu yang ditetapkan, diperoleh rata-rata  $L_{aeq}$  day sebesar 79,1 dB (Zulfiani,2017). Sepeda motor merupakan kendaraan mayoritas dengan persentase 70,8% dan kecepatan rata-rata kendaraan berada dibawah 27 km/jam. Hal ini menunjukkan bahwa besarnya tingkat kebisingan terjadi sudah melampaui baku mutu lingkungan di Indonesia yang telah ditetapkan yaitu antara 55 dB hingga 70 dB. Penelitian terdahulu juga menunjukkan bahwa tingkat kebisingan rata-rata pada ruas jalan di Kota Makassar untuk tipe jalan 6/2UD, 6/2D dan 8/2D sebesar 78.1 dB. Hal ini menunjukkan bahwa besarnya tingkat kebisingan yang terjadi sudah melampaui batasan teknis kapasitas lingkungan jalan untuk jalan utama komersial yang telah ditetapkan yaitu antara 70.1 dB hingga 76.0 dB (Pedoman Kementerian PU No. 13 Tahun 2003).

Penyediaan transportasi angkutan massal yang dicanangkan Pemerintah Kota Makassar adalah bus atau biasa disebut *Bus Rapid Transit (BRT)*. Dimana pemilihan moda ini dianggap sebagai angkutan massal yang dapat menjadi solusi dari sekian banyak permasalahan transportasi di kota Makassar. Berdasarkan keputusan Dirjen Perhubungan Darat No 274/ HK.105/DRJ/1996 tentang Pedoman Teknis Penyelenggaraan Angkutan Penumpang Umum di Wilayah Perkotaan. Dalam trayek tetap dan teratur pengoperasian kendaraan angkutan bus harus memenuhi dua syarat minimum pelayanan yaitu dan biaya perjalanan. Sedangkan syarat khususnya terdiri dari faktor layanan, faktor keamanan penumpang, kemudahan mendapatkan bus dan faktor lintasan (Kaslum dan Jinca, 2017).

Untuk itu harus ada percepatan penanganan masalah kebisingan lalu lintas di kota Makassar yaitu salah satunya dengan cara penanganan penambahan jumlah bus di Kota Makassar.



Dengan mengacu pada hal-hal diatas maka penulis mengangkat judul penelitian tentang **“Penanganan Tingkat Kebisingan Lalu Lintas Berbasis Manajemen Transportasi pada Jalur Koridor Busway di Kota Makassar”**

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka pada penelitian ini pokok permasalahan yang akan dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana tingkat kebisingan yang dihasilkan oleh lalu lintas pada jaringan jalan di kota Makassar.
2. Bagaimana memprediksi tingkat kebisingan lalu lintas dengan model ASJ-RTN 2008.
3. Bagaimana menganalisis penanganan tingkat kebisingan melalui hasil simulasi skenario.

## **C. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menganalisis tingkat kebisingan yang dihasilkan oleh lalu lintas pada jaringan jalan kota Makassar.
2. Memprediksi tingkat kebisingan lalu lintas berbasis model ASJ-RTN 2008.
3. Menganalisis hasil simulasi penanganan tingkat kebisingan.

## **D. Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian ini antara lain:

1. Sebagai bahan untuk mengetahui penanganan tingkat kebisingan lalu lintas berbasis Manajemen Transportasi.



2. Sebagai bahan pertimbangan bagi pemerintah kota Makassar agar dapat menangani faktor-faktor penyebab kebisingan pada ruas jalan sehingga pada masa mendatang, masalah tersebut dapat ditangani lebih baik.

### **E. Ruang Lingkup**

Untuk menghindari pembahasan yang lebih luas dari ruang lingkup bahasan penulisan, maka perlu diberi ruang lingkup batasan masalah sebagai berikut:

1. Lokasi pengambilan data untuk survei kebisingan dilakukan di 17 titik pengamatan yang merupakan rute pete-pete yang beroperasi di kota Makassar.
2. Pengambilan data survei kebisingan dilakukan pada hari kerja yaitu Senin-Kamis pada pukul 07.00 - 17.00 WITA.
3. Pengambilan data survei kebisingan dilakukan bersamaan dengan pengambilan data volume kendaraan, kecepatan kendaraan dan klakson kendaraan yang terdiri dari sepeda motor (*Motorcycle*), kendaraan ringan (*Light Vehicle*) yang terbagi menjadi kendaraan pribadi dan pete-pete, kendaraan berat (*Heavy Vehicle*) yang terbagi menjadi truk dan BRT.

### **F. Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan penelitian ini antara lain:

1. Bab I, Pendahuluan, bab ini berisikan penjelasan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, ruang lingkup dan sistematika penulisan.
2. Bab II, Tinjauan Pustaka, bab ini memuat uraian tentang konsep dan teori yang dibutuhkan dalam analisis penelitian. Bab ini terdiri dari: transportasi, kendaraan, klasifikasi jalan, karakteristik lalu lintas, pengendalian kebisingan, kebisingan, baku mutu tingkat kebisingan, perhitungan tingkat kebisingan hasil pengukuran, pengujian statistik,



model prediksi ASJ-RTN 2008, persamaan model ASJ-RTN 2008, validasi hasil prediksi, analisis simulasi skenario lalu lintas.

3. Bab III, Metode Penelitian, bab ini mengenai metode penelitian yang digunakan dalam penelitian yang terdiri dari: tahapan penelitian, waktu dan lokasi penelitian, alat pengukuran, data, teknik pengambilan data, definisi operasional, dan teknik analisis.
4. Bab IV, Hasil Penelitian dan Pembahasan, bab ini berisi hasil dan pembahasan dari penelitian yang terdiri dari pembahasan tingkat kebisingan, prediksi kebisingan dan simulasi skenario prediksi kebisingan.
5. Bab V, Penutup, bab ini berisi kesimpulan dan saran penelitian yang berupa rekomendasi kepada pihak terkait yang membutuhkan untuk tindak lanjut hasil penelitian.



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### A. Transportasi

Pengertian transportasi berasal dari kata Latin, yaitu *transportare*, dimana *trans* berarti seberang atau sebelah lain dan *portare* berarti mengangkut atau membawa. Jadi, transportasi berarti mengangkut atau membawa (sesuatu) ke sebelah lain atau suatu tempat ke tempat lainnya. Transportasi dapat didefinisikan sebagai usaha dan kegiatan mengangkut atau membawa barang dan/atau penumpang dari suatu tempat ke tempat lainnya. Untuk setiap bentuk transportasi terdapat empat unsur pokok transportasi, yaitu: jalan, kendaraan dan alat angkutan, tenaga penggerak, dan terminal (Kadir, 2006).

Transportasi dapat diklasifikasikan menurut macam atau moda atau jenisnya yang dapat ditinjau dari segi geografis transportasi itu berlangsung, dan dari sudut teknis serta alat angkutnya.

1. Dari segi barang yang diangkut:
  - a. Angkutan umum (passenger)
  - b. Angkutan barang (goods)
  - c. Angkutan pos (mail).
2. Dari sudut geografis transportasi dibagi:
  - a. Angkutan antar benua
  - b. Angkutan antar kontinental
  - c. Angkutan antar pulau
  - d. Angkutan antar kota
  - e. Angkutan antar daerah
  - f. Angkutan di dalam kota
3. Dari sudut teknis dan alat pengangkutannya:
  - a. Angkutan jalan raya atau *highway transportation*, seperti pengangkutan dengan menggunakan truk, bus dan sedan.
  - b. Pengangkutan rel, yaitu angkutan kereta api, trem listrik.



- c. Pengangkutan melalui air di pedalaman (*inland transportation*), seperti pengangkutan sungai, kanal, danau dan sebagainya,.
- d. Pengangkutan pipa seperti transportasi untuk mengangkut atau mengalirkan minyak tanah, bensin dan air minum.
- e. Pengangkutan laut atau samudera yaitu angkutan dengan menggunakan kapal laut yang mengarungi samudera.
- f. Pengangkutan udara yaitu pengangkutan dengan menggunakan kapal terbang dengan melalui jalan udara.

Transportasi merupakan unsur yang penting dan berfungsi sebagai urat nadi kehidupan dan perkembangan ekonomi, sosial, politik, dan mobilitas penduduk yang tumbuh bersamaan dan mengikuti perkembangan yang terjadi dalam berbagai bidang dan sektor. Fungsi transportasi adalah untuk mengangkut penumpang dan barang dari satu tempat ke tempat lain (Kadir, 2006). Perkembangan dan kemajuan dalam pelaksanaan transportasi tersebut perlu didukung dengan pelaksana dari kebijakan yang baik dan berkualitas pula dan perlu melibatkan berbagai kalangan bukan hanya dari instansi yang telah ditunjuk sebagai pelaksana kebijakan itu saja namun perlu adanya keterlibatan masyarakat di luar pelaksana kebijakan sebagai pengawas jalannya kebijakan tersebut sehingga ada yang selalu memantau apa yang telah dilaksanakan serta sejauh mana program tersebut dijalankan (Hafis, 2013). Kota Makassar yang telah lama dinobatkan sebagai kota Metropolitan, dengan visinya sebagai kota dunia hingga saat ini masih terus harus berlayar. Dalam pelayarannya mencapai visi tersebut, kota ini menghadapi berbagai hambatan dan rintangan. Meningkatnya jumlah penduduk akibat adanya urbanisasi menuntut adanya peningkatan kapasitas kota dalam mewadahi mobilitas penduduk. Salah satu hambatan yang paling mendasar adalah kurangnya prasarana transportasi dalam mewadahi pergerakan di kota ini. Makassar sebagai salah satu kota besar di Indonesia tentunya turut mendukung program pemerintah untuk mengurangi

n. Salah satu caranya adalah dengan mengadakan bus BRT (*bus rapid* Mamminasata. Menurut hasil observasi peneliti, bus telah ada di pada era 80-90an bahkan sempat menjadi primadona kala itu. Namun



seiring perkembangan teknologi transportasi, masyarakat mulai meninggalkan bus dan beralih ke kendaraan pribadi, baik itu motor maupun mobil. Akibat berkurangnya peminat bus, perlahan bus mulai tidak beroperasi dengan lancar dan lama kelamaan mengalami kerugian sehingga berhenti beroperasi, sementara pengguna bus yang masih setia beralih menggunakan angkot atau yang biasa disebut pete-pete oleh masyarakat setempat. Setelah beberapa puluh tahun, pemerintah menghadirkan kembali bus dengan penampilan yang lebih baik dan fasilitas yang akan membuat nyaman penggunanya. BRT Mamminasata ini mulai beroperasi sejak Maret 2014 (Saifullah, 2018).

## B. Angkutan

Angkutan pada dasarnya adalah sarana untuk memindahkan orang atau barang dari suatu tempat ke tempat lainnya. Tujuannya adalah untuk membantu orang atau kelompok orang dalam menjangkau tempat yang dikehendaki atau mengirim barang dari tempat asal ke tempat tujuan. Vuchic (1981) membagi moda angkutan menurut tipe dan penggunaannya sebagai berikut :

- a. Moda angkutan pribadi (private transport)
- b. Moda angkutan umum (public transport)
- c. Moda angkutan yang disewa (for-hire)

Menurut LPM ITB (1997) moda angkutan dapat dikelompokkan atas 2 macam menurut penggunaan dan cara pengoperasiannya yaitu :

- a. Angkutan pribadi (private transport) : angkutan yang dimiliki dan dioperasikan oleh dan untuk kepentingan pribadi pemilik dengan menggunakan prasarana pribadi maupun prasaran umum.
- b. Angkutan umum (public transport) : yaitu angkutan yang dimiliki oleh operator yang bisa digunakan untuk kepentingan umum dengan prasyarat tertentu.

sem angkutan umum tersebut dapat dikategorikan menjadi sistem penumpang dan sistem angkutan barang. Akan tetapi pembahasan dalam ini lebih ditekankan pada sistem angkutan penumpang.



## 1. Angkutan Umum

Sistem angkutan umum dipandang sebagai sistem pemakaiannya dapat dikelompokkan menjadi :

- a. Sistem Sewa (Demand Responsive System), yaitu kendaraan bisa dioperasikan baik oleh operator maupun oleh penyewa, dalam hal ini tidak ada rute dan jadwal tertentu yang harus diikuti oleh pemakai. Penggunaannya juga tergantung pada adanya permintaan. Contoh dari sistem ini adalah jenis angkutan taksi.
- b. Sistem Penggunaan Bersama (Transit System). Sistem penggunaan bersama (transit system), yaitu kendaraan dioperasikan dengan rute dan jadwal yang biasanya tetap dan pasti. Sistem penggunaan bersama tersebut dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu paratransit dan transit. Paratransit adalah kendaraan yang dioperasikan dengan tidak ada jadwal dan rute yang pasti dan dapat berhenti (menaikan dan menurunkan penumpang) di sepanjang rutenya. Kebanyakan moda paratransit tidak mempunyai jadwal dan rute yang tetap seperti taksi, angkutan kota. Transit adalah sistem angkutan umum dengan jadwal dan rute yang tetap yang diperuntukkan bagi semua orang yang telah membayar tarif seperti bus kota, kereta api (Tahir, 2005).

Dalam tulisan ini, akan lebih difokuskan untuk membahas *Bus Rapid Transit* (BRT).

### 1.1. Bus Rapid Transit (BRT)

*Bus Rapid Transit* (BRT) adalah sebuah sistem transportasi umum yang merupakan pengembangan dari bus. BRT memiliki daya angkut lebih besar dan memiliki konsistensi waktu tempuh untuk setiap pemberhentian kapanpun juga tanpa terpengaruh oleh kendaraan lain. Hal ini dapat terjadi karena



BRT memiliki jalur khusus sepanjang trayek dan halte yang dilaluinya. Jalur ini pun biasanya memiliki batasan fisik sebagai pemisah agar kendaraan lain tidak bisa menggunakan jalur tersebut (Saifullah, 2018).

Trans Mamminasata adalah sebuah layanan *Bus Rapid Transit* (BRT) yang telah diluncurkan oleh pemerintah Provinsi Sulawesi Selatan guna melayani kebutuhan transportasi umum bagi para pengguna angkutan BRT di wilayah Maros, Makassar, Sungguminasa dan Takalar (Mamminasata). *Bus Rapid Transit* (BRT) atau dikenal dengan *busway* Mamminasata saat ini telah beroperasi pada koridor 2,3 ,4 dan 11, sebanyak 7(tujuh) bus pada koridor 2, 8(delapan) bus koridor 3, 2(dua) bus koridor 4 dan 2(dua) bus koridor 11 yang telah melayani penumpang atau pengguna angkutan umum di kota Makassar (Rismayani, 2017).

### C. Klasifikasi Jalan

Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga dan Direktorat Pembinaan Jalan Kota (1990), berdasarkan fungsinya, sistim jaringan jalan di dalam kota dapat dibedakan atas sistim primer dan sistim sekunder yang masing-masing dikelompokkan menurut peranannya sebagai jalan Arteri, Kolektor dan Lokal. Secara garis besar dapat disebutkan di sini bahwa sistim jaringan primer disusun mengikuti ketentuan pengaturan Tata Ruang dan Struktur Pengembangan Wilayah Tingkat Nasional yang menghubungkan antar kota sesuai dengan hirarkinya. Sedangkan sistim jaringan sekunder disusun berdasarkan struktur kota yang ada dengan mengikuti ketentuan pengaturan tata ruang kota yang menghubungkan kawasan-kawasan yang mempunyai fungsi primer dan sekunder sesuai dengan

a. Kesemuanya diatur dalam UU Jalan No 13 tahun 1980 dan PP no 26  
35.

menurut Faqih (2012), klasifikasi jalan berdasarkan fungsinya dibagi atas:



### 1. Jalan Arteri

Jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, Kecepatan rata-rata tinggi, & jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.

### 2. Jalan Kolektor

Jalan yang melayani angkutan pengumpul/pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata2 sedang & jumlah jalan masuk dibatasi. Jalan arteri primer dalam kota merupakan terusan jalan arteri primer luar kota melalui atau menuju kawasan primer yang dirancang berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 60km/jam. Lebar badan jalan arteri primer tidak kurang dari 8 meter.

### 3. Arteri Primer

Kendaraan angkutan barang berat dan kendaraan umum bus dapat diizinkan melalui jalan ini. Lokasi berhenti dan parkir pada badan jalan seharusnya tidak diizinkan.

### 4. Kolektor Primer

Jalan kolektor primer dirancang berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 40 (empat puluh) km per jam. Besarnya lalu lintas harian rata-rata pada umumnya lebih rendah dari jalan arteri primer. Dianjurkan tersedianya Jalur Khusus yang dapat digunakan untuk sepeda dan kendaraan lambat lainnya. Jumlah jalan masuk ke jalan kolektor primer dibatasi secara efisien. Jarak antar jalan masuk/akses langsung tidak boleh lebih pendek dari 400 meter.

### 5. Jalan Lokal Primer

Jalan lokal primer melalui atau menuju kawasan primer atau jalan primer lainnya. Jalan lokal primer dirancang berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 20 (dua puluh) km per jam. Kendaraan angkutan barang dan bus dapat diizinkan melalui jalan ini. Lebar badan jalan lokal primer tidak kurang dari 6 (enam) meter. Besarnya lalu lintas harian rata-rata pada umumnya paling rendah pada sistem Primer.



#### 6. Jalan Arteri Sekunder

Jalan arteri sekunder menghubungkan Jalan arteri sekunder dirancang berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 30 (tiga puluh) km per jam. Lebar badan jalan tidak kurang dari 8 (delapan) meter. Kendaraan angkutan barang ringan dan bus untuk pelayanan kota dapat diizinkan melalui jalan ini.

#### 7. Jalan Kolektor Sekunder

Besarnya lalu lintas harian rata-rata pada umumnya paling rendah dibandingkan dengan fungsi jalan yang lain. Lebar badan jalan kolektor sekunder tidak kurang dari 7 (tujuh) meter. Jalan kolektor sekunder dirancang berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 20 (dua puluh) km per jam. Kendaraan angkutan barang berat dan bus tidak diizinkan melalui fungsi jalan ini di daerah pemukiman.

#### 8. Jalan Lokal sekunder

Jalan lokal sekunder didesain berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 10 (sepuluh) km per jam. Lebar badan jalan lokal sekunder tidak kurang dari 5 (lima) meter.

#### 9. Jalan Lokal

Jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

### D. Karakteristik Arus Lalu Lintas

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia tahun 1997, arus lalu lintas adalah jumlah kendaraan bermotor yang melewati suatu titik pada jalan per satuan waktu, dinyatakan dalam veh/h ( $Q_{veh}$ ), pcu/h ( $Q_{pcu}$ ) atau AADT (Lalu Lintas Rata-Rata Tahunan). Menurut Direktorat Jenderal Bina marga (1997), arus lalu lintas adalah jumlah kendaraan bermotor yang melalui titik tertentu persatuan waktu,

dan dalam kendaraan perjam atau smp/jam.

Arus lalu lintas digambarkan oleh 3 parameter utama:

Kecepatan (*speed*)



- b. Volume atau tingkat arus (*volume or rate of Flow*)
- c. Kerapatan (*density*)

### 1. Hubungan Antara Kecepatan, Kepadatan dan Volume Lalu Lintas

Ada tiga jenis model yang dapat digunakan untuk mempresentasikan hubungan matematis antara Kecepatan, Kepadatan dan Volume Lalu Lintas yaitu:

#### a. Model Linier Greenshield

Model ini adalah model paling awal yang tercatat dalam usaha mengamati perilaku arus lalu lintas *Greenshields* mendapatkan hasil bahwa hubungan antara kecepatan dan kepadatan berbentuk kurva linier. Model *Greenshields* dapat dijabarkan pada persamaan 1.

$$S = S_f - \frac{S_f}{D_j} \cdot D \tag{1}$$

Dimana :

- S = Kecepatan rata-rata ruang (km/jam)
- $S_f$  = Kecepatan pada kondisi arus bebas (km/jam)
- $D_j$  = Kepadatan saat macet (smp/jam)
- D = Kepadatan lalu lintas (smp/jam)

Dari persamaan 1 terlihat bahwa model ini mempunyai dua konstanta yaitu  $S_f$  dan  $D_j$ . Kedua konstanta dinyatakan sebagai kecepatan bebas (*free-flow-speed*), di mana pengemudi dapat memacu kendaraan sesuai dengan keinginannya, dan kepadatan macet (*jam density*) di mana kendaraan tidak dapat bergerak sama sekali. Hubungan antara volume dan kepadatan didapat dengan merubah persamaan menjadi bentuk  $S = \frac{F}{D}$  kemudian disubstitusikan ke persamaan 1 dan didapatkan

in 2

$$F = S_f \cdot D - \frac{S_f}{D_j} \cdot D^2 \tag{2}$$



Bila  $D = \frac{F}{S}$  maka berdasarkan persamaan 2 didapat hubungan volume dan kecepatan yaitu pada persamaan 3.

$$F = D_f \cdot S - \frac{D_j}{S_f} \cdot S^2 \quad (3)$$

### b. Model Greenberg

Untuk analisis hubungan variabel volume dan kecepatan serta kepadatan menurut Greenberg digunakan persamaan 4 sampai dengan persamaan 8 sebagai berikut :

$$V_s = V_m \cdot L_n \cdot \frac{D_j}{D} \quad (4)$$

dimana :

$V_m$  = Kecepatan pada saat volume maksimum

$D_j$  = Kepadatan pada saat macet

Hubungan Volume dan Kecepatan pada model Greenberg ini menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Q = V_s \cdot D_j \cdot \exp \frac{-V_s}{V_m} \quad (5)$$

Hubungan Volume Dan Kepadatan ini berlaku persamaan berikut :

$$Q = V_m \cdot D \cdot L_n \frac{D_j}{D} \quad (6)$$

$$Q_{maks} = \frac{D_j \cdot V_m}{e} = V_m \cdot D_m \quad (7)$$

Kecepatan pada saat volume maksimum didapat :

$$V_s = V_m \quad (8)$$



### c. Model Underwood

Untuk mendapatkan hubungan antara variabel volume, kecepatan dan kepadatan menurut model eksponensial Underwood digunakan persamaan 9 sampai dengan persamaan 13 berikut :

$$V_s = V_f \cdot \exp \frac{-D}{D_m} \quad (9)$$

Dimana :

$V_f$  = Kecepatan pada kondisi arus bebas

$D_m$  = Kepadatan pada saat volume maksimum

Pada hubungan volume dan kecepatan model Underwood ini berlaku persamaan berikut :

$$Q = V_f \cdot D_m \cdot \ln \left( \frac{V_f}{V_s} \right) \quad (10)$$

Hubungan volume dan kepadatan berlaku persamaan berikut :

$$Q = D \cdot V_f \cdot \exp \left( \frac{-D}{D_m} \right) \quad (11)$$

Volume maksimum ( $Q_{maks}$ ) adalah :

$$Q_{maks} = \frac{D_m \cdot V_f}{\exp} \quad (12)$$

Kecepatan pada saat volume maksimum ( $Q_{maks}$ ) didapat dengan menggunakan persamaan berikut :

$$V_m = \frac{V_f}{\exp} \quad (13)$$

### d. Analisa Regresi

Bila variabel bebas linier terhadap variabel tak bebas, maka hubungan dari variabel tersebut dikenal dengan Analisa *Regresi Linier*. Besarnya nilai A dapat dicari dengan persamaan 14 dan persamaan 15 (Tamin, 2000).



$$b = \frac{n \sum X_1 \cdot Y_1 - \sum X_1 \sum Y_1}{n \sum X_1^2 - (\sum X_1)^2} \quad (14)$$

$$A = Y - B \cdot X \quad (15)$$

Dimana :

$A$  = Nilai *intersep* atau konstanta *regresi*

$B$  = Koefisien *regresi*

$Y$  = Variabel Bebas

$N$  = Nilai sampel

Koefisien korelasi digunakan untuk menentukan korelasi antara variabel tak bebas dan variabel bebas, atau antara sesama variabel bebas berdasarkan persamaan 16. (Tamin, 2000)

$$r = \frac{n \sum X_1 Y_1 - \sum X_1 \sum Y_1}{\sqrt{[n \sum X_1^2 - (\sum X_1)^2][n \sum Y_1^2 - (\sum Y_1)^2]}} \quad (16)$$

Dimana :  $r$  = Koefisien Korelasi

## E. Pengendalian Kebisingan

Menurut Saputra (2007), upaya pengendalian kebisingan dilakukan melalui pengurangan dan pengendalian tingkat kebisingan sumber, pelemahan intensitas dengan memperhatikan faktor alamiah (jarak, sifat media, mekanisme rambatan dan vegetasi) serta upaya rekayasa (reduksi atau isolasi getaran sumber, pemasangan penghalang, desain struktur dan pemilihan bahan peredam). Secara teknis pengendalian kebisingan terbagi menjadi 3 aspek yaitu pengendalian kebisingan pada sumber kebisingan, pengendalian kebisingan pada medium propogasi, dan pengendalian kebisingan pada manusia.

Pengaruh bising pada manusia mempunyai rentang yang cukup lebar, dari efek yang paling ringan (*dissatisfaction* = ketidak nyamanan) sampai yang berbahaya (*hearing damage* = kerusakan pendengaran) tergantung dari intensitas yang terjadi secara konseptual. Pengendalian bising bisa dilakukan pada 3 faktor penting yaitu:



1. Pengendalian pada sumber bising, yaitu melakukan upaya agar tingkat bising yang dihasilkan oleh sumber dapat dikurangi atau dihilangkan sama sekali. Beberapa usaha yang sering dilakukan antara lain menciptakan mesin-mesin dengan tingkat bising yang rendah, menempatkan sumber bising jauh dari penerima (manusia atau daerah hunian), menutup sumber bising (acoustic enclosure).
2. Pengendalian pada medium, yaitu melakukan upaya penghalangan bising pada jejak atau jalur propogasinya. Dalam bagian ini dikenal 2 (dua) jalur propogasi bising yaitu propogasi melalui udara (airbone noise) dan melalui struktur bangunan (structure borne noise). Gejala yang terjadi pada structure borne noise lebih kompleks dibandingkan dengan airborne noise karena adanya gejala propogasi getaran selain suara. Beberapa usaha pengendalian bising pada jejak propogasi ini antara lain merancang penghalang akustik (acoustic barrier), dinding insulasi (insulation walls) atau memutus jalur getaran melalui struktur dengan memasang vibration absorber.
3. Pengendalian pada Penerima, yaitu melakukan upaya perlindungan pada pendengar (manusia) yang terkena paparan bising (noise exposure) dengan intensitas tinggi dan waktu yang cukup lama. Biasanya pengendalian bising ini diperlukan pada lingkungan industri atau pabrik bagi para pekerja yang berhadapan dengan mesin - mesin. Pengendalian bising disini dimaksudkan untuk melindungi para pekerja dari kemungkinan kerusakan pendengarannya sebagai akibat dari dosis bising (noise dose) yang diterimanya setiap hari kerja. Sesuai dengan peraturan Keselamatan dan Kesehatan Kerja di Indonesia dipersyaratkan bahwa untuk tempat kerja dengan tingkat bising  $\geq 85$  dBA, maka pekerja diharuskan untuk memakai pelindung telinga (ear protector) seperti misalnya ear plug, ear muff atau kombinasi dari keduanya, selain mengatur waktu kerja untuk mengurangi dosis bising yang diterimanya setiap hari.



## F. Kebisingan

### 1. Pengertian Kebisingan

Kebisingan adalah bunyi yang dapat mengganggu pendengaran manusia. Jumlah sumber bunyi bertambah secara teratur di lingkungan sekitar, dan ketika bunyi menjadi tidak diinginkan maka bunyi ini disebut kebisingan. Kebisingan sebagai suara yang tidak diinginkan dan pengukurannya menimbulkan kesulitan besar karena bervariasi diantara perorangan dalam situasi yang berbeda. Kebisingan di perkotaan yang padat lalu lintasnya bukan merupakan masalah baru lagi, tetapi permasalahan lama yang perlu dipecahkan bersama (Hidayati, 2007).

### 2. Jenis-jenis Kebisingan

Menurut Listyaningrum (2011), jenis-jenis kebisingan adalah sebagai berikut:

- a. Kebisingan menetap berkelanjutan tanpa putus-putus dengan spektrum frekuensi yang lebar (*Steady state, Wide band noise*). Misalnya: bising mesin kipas angin, dapur pijar.
- b. Kebisingan menetap berkelanjutan dengan spektrum frekuensi tipis (*Steady state, narrow band noise*). Misalnya: bising gergaji irkuler, katup gas.
- c. Kebisingan terputus-putus (*Intermittent*). Misal: bising lalu lintas, dan suara kapal terbang di bandara.
- d. Kebisingan *impulsive (impact or impulsive noise)*. Misalnya: bising pukulan palu, tembakan bedil atau meriam, dan ledakan.
- e. Kebisingan *impulsive* berulang. Misalnya: bising mesin tempa di perusahaan atau tempaan tiang pancang bangunan.

Sumber kebisingan dibedakan bentuknya atas dua jenis sumber, yaitu:

- a. Sumber titik (berasal dari sumber diam) yang penyebaran kebisingannya dalam bentuk bola-bola konsentris dengan sumber kebisingan sebagai pusatnya dan menyebar di udara dengan kecepatan sekitar 360m/detik.

Sumber garis berasal dari sumber bergerak dan penyebaran kebisingannya dalam bentuk silinder-silinder konsentris dengan sumber kebisingan sebagai



sumbunya dan menyebar di udara dengan kecepatan sekitar 360m/detik, sumber kebisingan ini umumnya berasal dari kegiatan transportasi.

### G. Baku Mutu Tingkat Kebisingan

Baku Tingkat Kebisingan adalah batas maksimal tingkat kebisingan yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan dari usaha atau kegiatan sehingga tidak menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan (Kep.MenLHNo.48Tahun 1996). Tingkat intensitas kebisingan diukur dan dinyatakan dalam satuan *Decibel* (dBA). *Decibel* adalah ukuran energi bunyi atau kuantitas yang dipergunakan sebagai unit-unit tingkat tekanan suara berbobot A. Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor: KEP-48/MENLH/11/1996 tentang Baku Tingkat Kebisingan yang berkaitan dengan permasalahan peruntukan lahan dapat dilihat pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Baku Tingkat Kebisingan Sesuai dengan Peruntukan Lahan

Peruntukan Kawasan / Lingkungan Kegiatan	Tingkat Kebisingan (dBA)
1. Peruntukan Kawasan	
a. Perumahan dan Pemukiman	55
b. Perdagangan dan Jasa	70
c. Perkantoran dan Perdagangan	65
d. Ruang Terbuka Hijau (RTH)	50
e. Industri	70
f. Pemerintahan dan Fasilitas Umum	60
g. Rekreasi	70
h. Khusus :	
Pelabuhan Laut	70
Cagar Budaya	60
2. Lingkungan Kegiatan	
a. Rumah Sakit atau sejenisnya	55
b. Sekolah atau sejenisnya	55
c. Tempat ibadah atau sejenisnya	55

KEP.48/MENLH/11/1996



Selain berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor KEP.48/MENLH/11/1996, terdapat juga Batasan teknis kapasitas lingkungan jalan yang diterapkan untuk 2 (dua) kategori fungsi jalan yaitu : jalan utama (arteri atau kolektor) dan jalan lokal, serta 2 (dua) kategori guna lahan yaitu : komersial dan permukiman yang dapat diterapkan untuk daerah perkotaan. Kombinasi dari dua fungsi jalan dan dua guna lahan menghasilkan empat (4) pengelompokan sesuai dengan kategori fungsi jalan dan guna lahan yaitu:

- 1) Kategori Jalan Utama-Komersial (UK).
- 2) Kategori Jalan Utama-Permukiman (UP).
- 3) Kategori Jalan Lokal-Komersial (LK).
- 4) Kategori Jalan Lokal-Permukiman (LP).

Berdasarkan pedoman perhitungan kapasitas jalan PU no. 13 tahun 2003 mengenai batas maksimum dan minimum nilai  $L_{10}$  dan  $L_{Aeq}$  tercantum pada **Tabel 2** dibawah ini.

**Tabel 2.** Batasan Teknis Kapasitas Lingkungan Jalan

Parameter	Utama -		Utama -		Lokal -		Lokal -	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
$L_{10}$ -1jam, dB(A)	77,9	72,7	77,6	67,1	73,9	66,8	74,1	62,9
$L_{Aeq}$ , dB(A)	76,0	70,1	74,5	64,8	72,1	63,2	71,2	58,4

Sumber : Pedoman Kementrian PU no. 13 tahun 2003

## H. Zona Kebisingan

Peraturan menteri kesehatan No. 718 tahun 1987 dalam Setiawan (2010) tentang kebisingan pada kesehatan dibagi menjadi empat zona wilayah yaitu:

1. Zona A adalah zona untuk tempat pendidikan, rumah sakit, tempat perawatan kesehatan atau sosial. Intensitas tingkat kebisingannya berkisar 35-45 dB.
2. Zona B adalah untuk perumahan, tempat pendidikan, dan rekreasi. Membatasi angka kebisingan antara 45-55 dB.

Zona C antara lain perkantoran, pertokoan, perdagangan, pasar. Dengan kebisingan sekitar 50-60 dB.



4. Zona D untuk lingkungan industri, pabrik, stasiun kereta api dan terminal bus. Tingkat kebisingan berkisar 60-70 dB (Wafiroh, 2013).

### **I. Dampak Kebisingan Terhadap Kesehatan**

Menurut Herawati (2016), dampak kebisingan tergantung kepada besar tingkat kebisingan. Tingkat kebisingan adalah ukuran energi bunyi yang dinyatakan dalam satuan desibel (dB). Pengaruh kebisingan terhadap manusia tergantung pada karakteristik fisis, waktu berlangsung dan waktu kejadiannya. Pendengaran manusia sebagai salah satu indera yang berhubungan dengan komunikasi/suara.

Telinga berfungsi sebagai fonoreseptor yang mampu merespon suara pada kisaran antara 0 – 140 dBA. Frekuensi yang dapat direspon oleh telinga manusia antara 20 - 20.000 Hz, dan sangat sensitif pada frekuensi antara 1000 sampai 4000 Hz. Ambang batas keamanan yang direkomendasikan oleh Occupational Safety and Health Administration (OSHA) dan Organisasi Kesehatan Dunia (WHO).

Peningkatan tingkat kebisingan yang terus menerus dari berbagai aktifitas pada lingkungan Bandara dapat berujung kepada gangguan kebisingan, efek yang ditimbulkan kebisingan (Sasongko dkk, 2000) :

1. Efek psikologis pada manusia (kebisingan dapat membuat kaget, mengganggu, mengacaukan konsentrasi).
2. Menginterferensi komunikasi dalam percakapan dan lebih jauh lagi akan menginterferensi hasil pekerjaan dan keselamatan kerja.
3. Efek fisis kebisingan dapat mengakibatkan penurunan kemampuan pendengaran dan rasa sakit pada tingkat yang sangat tinggi.

Selain gangguan kesehatan kerusakan terhadap indera-indera pendengar, kebisingan juga dapat menyebabkan: gangguan kenyamanan, kecemasan dan gangguan emosional, stress, denyut jantung bertambah dan gangguan-gangguan lainnya. Secara umum pengaruh kebisingan terhadap masyarakat dapat dibagi menjadi 2 yaitu:

Gangguan Fisiologis

Gangguan fisiologis yang diakibatkan oleh kebisingan yakni gangguan yang langsung terjadi pada manusia. Gangguan ini diantaranya: Peredaran



darah terganggu oleh karena permukaan darah yang dekat dengan permukaan kulit menyempit akibat bising > 70 dB.

## 2. Gangguan Psikologis

Gangguan yang secara tidak langsung terhadap manusia dan sukar untuk diukur. Gangguan psikologis dapat berupa rasa tidak nyaman, kurang konsentrasi, dan cepat marah. Bila kebisingan diterima dalam waktu lama dapat menyebabkan penyakit psikosomatik berupa gastritis, jantung, stres, kelelahan dan lain-lain.

## J. Alat Pengukur Kebisingan

Alat-alat untuk mengukur tingkat kebisingan adalah (Feidihal, 2007):

### 1) *Sound level meter*

Alat ini dapat mengukur kebisingan antara 30-130 dB(A) dan frekuensi 20-20.000 Hz. Alat ini terdiri dari mikropon, alat penunjuk elektronik, amplifier, dan terdapat tiga skala pengukuran, yaitu:

#### a. Skala A

Untuk memperlihatkan kepekaan yang terbesar pada frekuensi rendah dan tinggi yang menyerupai reaksi untuk intensitas rendah.

#### b. Skala B

Untuk memperlihatkan kepekaan telinga terhadap bunyi dengan intensitas sedang.

#### c. Skala C

Untuk bunyi dengan intensitas tinggi. Alat ini dilengkapi dengan *Oktave Band Analyzer*.

### 2) *Oktave band analyzer*

Alat ini untuk mengukur analisa frekuensi dari suatu kebisingan yang dilengkapi dengan filter-filter menurut *Oktave*.



3) *Narrow band analyzer*

Alat ini dapat mengukur analisa frekuensi yang lebih lanjut atau disebut juga analisa spektrum singkat.

4) *Tape recorder* kualitas tinggi

Untuk mengukur kebisingan yang terputus-putus, bunyi yang diukur direkam dan dibawa ke laboratorium untuk dianalisa. Alat ini mampu mencatat frekuensi 20 Hz-20 KHz.

5) *Impact noise analyzer*

Alat ini dipakai untuk kebisingan implusif.

6) *Noise logging dosimeter*

Alat ini untuk menganalisa kebisingan dalam waktu 24 jam dan dianalisa dengan menggunakan komputer sehingga didapatkan grafik tingkat kebisingan.

## K. Metode Pengukuran Tingkat Kebisingan

Metode pengukuran tingkat kebisingan menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor: KEP-48/MENLH/11/1996 adalah sebagai berikut :

1) Pengukuran Dengan Cara Sederhana

Pengukuran dengan cara ini menggunakan Sound Level Meter selama 10 menit pembacaan setiap 5 detik yang akan menghasilkan tingkat kebisingan dalam satuan desibel (dB).

2) Pengukuran dengan Cara Langsung

Yaitu pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan sebuah *Integrating Sound Level Meter* yang memiliki fasilitas pengukuran  $L_{TM5}$ , yaitu  $L_{eq}$  dengan intensitas pengukuran selama 10 menit pembacaan setiap 5 detik.

Selain itu, pengukuran polusi suara terhadap kebisingan yang ditimbulkan alat yang digunakan di tempat kerja dapat dilakukan langsung dilokasi dengan cara berikut ini (Fadilah, 2016) :



1) Pengukuran dengan peta kontur

Dengan menggambarkan kondisi kebisingan pada kertas berskala, selanjutnya pengukuran dengan cara ini menggunakan kode pewarnaan sebagai petunjuk tingkat kebisingan.

- a. Kebisingan < 85 dB digambarkan dengan warna hijau
- b. Kebisingan > 90 dB digambarkan dengan warna orange
- c. Kebisingan antara 85-90 dB digambarkan dengan warna kuning

2) Pengukuran dengan Grid

Terlebih dahulu membuat contoh data kebisingan pada suatu wilayah yang ingin kita ketahui, selanjutnya membuat titik-titik sampel dengan interval yang sama pada semua lokasi. Pada akhirnya akan terbentuk kotak-kotak yang memiliki besar yang sama, yang nantinya akan diberi tanda dengan baris dan kolom agar lebih mudah mengidentifikasinya.

3) Pengukuran dengan titik sampling

Pengukuran ini dilakukan hanya pada beberapa tempat yang dianggap tingkat kebisingannya melebihi nilai ambang batas (NAB). Sebelumnya tentukan terlebih dahulu pada ketinggian berapa dan jarak berapa jauh dari sumber kebisingan dan letak dari alat mikrofon, agar intensitas bunyi atau kebisingan dapat terbaca langsung pada layar alat.

## L. Mengukur Tingkat Kebisingan

Beberapa hal yang harus diperhatikan untuk mengukur tingkat kebisingan yaitu (Arifin, 2017) :

1) Cara pemakaian alat *sound level meter*

Pengukuran tingkat kebisingan dilakukan menggunakan alat *sound levelmeter* yaitu untuk mengukur tingkat tekanan bunyi selama 10 menit untuk tiap jamnya. Adapun langkah-langkah pengukuran tingkat kebisingan adalah sebagai berikut:



- a. *Sound level meter* diletakkan pada lokasi yang tidak menghalangi pandangan pengguna dan tidak ada sumber suara asing yang akan mempengaruhi tingkat kebisingan.
- b. *Sound level meter* sebaiknya dipasang pada *tripod* agar posisinya stabil.
- c. Pengguna *sound level meter* sebaiknya berdiri pada jarak 0,5 m dari alat agar tidak terjadi efek pemantulan yang mempengaruhi penerimaan bunyi.
- d. *Sound level meter* ditempatkan pada ketinggian 1,2 m dari atas permukaan tanah dan sejauh 4,0 - 15,0 m dari permukaan dinding serta objek lain yang akan memantulkan bunyi untuk menghindari terjadinya pantulan dari benda-benda permukaan di sekitarnya.
- e. Hasil rekaman data menggunakan *sound level meter* disimpan dalam *laptop* yang terhubung dengan *sound level meter*.

## 2) Teknik Pengukuran

Ada beberapa tahapan yang dilakukan dalam pelaksanaan pengukuran, tahapan tersebut diawali dari tahap persiapan hingga tahap pelaksanaan pengukuran. Adapun tahapan-tahapan tersebut adalah sebagai berikut :

- a. Menetapkan titik pengukuran pada ruas jalan berdasarkan peta jaringan jalan dan hasil survey pendahuluan.
- b. Mempersiapkan peralatan-peralatan yang nantinya akan digunakan untuk pengukuran serta menempatkan operator yang akan mengoperasikan peralatan yang digunakan.
- c. Mencatat kondisi lingkungan dari titik pengukuran pada ruas jalan dan mengidentifikasi jenis perkerasan jalan melalui pengamatan langsung serta mencatat karakteristik jalan.
- d. Mengukur tingkat kebisingan menggunakan alat *sound level meter*, menghitung volume lalu lintas menggunakan alat *counter*, dan mengukur kecepatan rata-rata kendaraan menggunakan *speed gun*.
- e. Lama pengukuran disesuaikan dengan tingkat kebisingan prediksi yang diinginkan.



- f. Pengukuran tingkat kebisingan, volume lalu lintas, dan kecepatan dilakukan secara bersamaan.

## M. Perhitungan Tingkat Kebisingan Hasil Pengukuran

### 1. Distribusi Frekuensi

Distribusi frekuensi atau tabel frekuensi adalah pengelompokan data ke dalam beberapa kelas dan kemudian dihitung banyaknya pengamatan yang masuk ke dalam tiap kelas. Dalam membuat distribusi frekuensi dihitung banyaknya interval kelas, nilai interval, tanda kelas / nilai tengah, dan frekuensi seperti pada Persamaan 17 sampai 20 berikut ini.

- a. Jangkauan atau Range

$$R = \text{Data max} - \text{Data min} \quad (17)$$

- b. Banyaknya Kelas

$$k = 1 + 3.3 \log(n) \quad (18)$$

- c. Interval

$$I = \frac{R}{k} \quad (19)$$

- d. Titik Tengah Interval Kelas

$$\text{Titik tengah} = \frac{(BB+BA)}{2} \quad (20)$$

### 2. Tingkat Kebisingan Equivalent

Perhitungan angka penunjuk secara manual diawali dengan menghitung  $L_{90}$ ,  $L_{50}$ ,  $L_{10}$ ,  $L_1$ ,  $L_{90}$  adalah persentase kebisingan yang mewakili tingkat kebisingan mayoritas atau kebisingan yang muncul 90% dari keseluruhan data.  $L_{10}$  adalah persentase kebisingan yang mewakili tingkat kebisingan minoritas atau kebisingan yang muncul 10% dari keseluruhan data. Sedangkan  $L_{50}$  merupakan kebisingan rata-rata selama pengukuran. Tahap selanjutnya adalah perhitungan angka penunjuk ekivalen ( $L_{Aeq}$ ) yang mana  $L_{Aeq}$  ini merupakan angka penunjuk tingkat kebisingan yang paling banyak digunakan. Pada



pengukuran kebisingan lalu lintas di jalan raya,  $L_{90}$  menunjukkan kebisingan latar belakang yaitu kebisingan yang banyak terjadi sedangkan  $L_{10}$  merupakan perkiraan tingkat kebisingan maksimum seperti pada Persamaan 21 hingga 34 berikut ini.

a. Untuk  $L_{90}$

Tingkat kebisingan mayoritas yang muncul adalah 10% dari data pengukuran ( $L_{90}$ ) dengan persamaan 21 :

$$\text{Nilai } A = 10\% \times N \quad (21)$$

Nilai A digunakan untuk mengetahui jumlah data frekuensi yang dicari dimana :

10% : Hasil pengukuran dari 100%

N : Jumlah data keseluruhan

$$\text{Nilai } L_{90awal} = I (B_0) + (B_1) X = 0,1 \times I \times 10 \quad (22)$$

Dimana:

I : Interval data

X : Jumlah data yang tidak diketahui

$B_0$  : Jumlah % sebelum 90

$B_1$  : % setelah 90

$$L_{90} = I_0 + X \quad (23)$$

Dimana:

$I_0$  : Interval akhir

b. Untuk  $L_{50}$ :

Tingkat kebisingan mayoritas yang muncul adalah 50% dari data pengukuran ( $L_{50}$ ) dengan persamaan 8 :

$$\text{Nilai } A = 50\% \times N \quad (24)$$

Nilai A digunakan untuk mengetahui jumlah data frekuensi yang dicari dimana:

50% : Hasil pengukuran dari 100%

: Jumlah data keseluruhan

$$\text{Nilai } L_{50awal} = I (B_0) + (B_1) X = 0,5 \times I \times 100 \quad (25)$$



Dimana :

I : Interval data

X : Jumlah data yang tidak diketahui

B<sub>0</sub> : Jumlah % sebelum 50

B<sub>1</sub> : % setelah 50

$$L_{50} = I_0 + X \quad (26)$$

Dimana:

I<sub>0</sub> : Interval akhir

c. Untuk L<sub>10</sub>:

Tingkat kebisingan mayoritas yang muncul adalah 90% dari data pengukuran (L<sub>10</sub>) dengan persamaan 11 :

$$\text{Nilai } A = 90\% \times N \quad (27)$$

Nilai A digunakan untuk mengetahui jumlah data frekuensi yang dicari dimana:

90% : Hasil 90 % pengukuran dari 100%

N : Jumlah data keseluruhan

$$\text{Nilai } L_{10awal} = I (B_0) + (B_1) X = 0,9 \times I \times 100 \quad (28)$$

Dimana :

I : Interval data

X : Jumlah data yang tidak diketahui

B<sub>0</sub> : Jumlah % sebelum 10

B<sub>1</sub> : % setelah 10

$$Leq_{10} = I_0 + X \quad (29)$$

Dimana :

I<sub>0</sub> : Interval akhir

d. Untuk L<sub>1</sub>:

Tingkat kebisingan mayoritas yang muncul adalah 99% dari data pengukuran(L<sub>1</sub>) dengan persamaan 14 :

$$\text{Nilai } A = 99\% \times N \quad (30)$$



Nilai A digunakan untuk mengetahui jumlah data frekuensi yang dicari  
dimana :

99% : Hasil 99% pengukuran dari 100%

N : Jumlah data keseluruhan

$$\text{Nilai } Leq_1 \text{ awal} = I (B_0) + (B_1) X = 0,99 \times I \times 100 \quad (31)$$

Dimana :

I : Interval data

X : Jumlah data yang tidak diketahui

B<sub>0</sub> : Jumlah % sebelum 1

B<sub>1</sub> : % setelah 1

$$Leq_1 = I_0 + X \quad (32)$$

Dimana:

I<sub>0</sub> : Interval akhir

Untuk nilai  $L_{Aeq}$  dapat dihitung seperti pada persamaan 33 dibawah ini

$$L_{Aeq} = L_{50} + 0,43 (L_1 - L_{50}) \quad (33)$$

Tahap selanjutnya setelah nilai  $L_1$ ,  $L_{10}$ ,  $L_{50}$ ,  $L_{90}$  dan  $L_{Aeq}$  diperoleh adalah menghitung  $L_{Aeq,day}$ .  $L_{Aeq,day}$  adalah tingkat kebisingan selama 1 hari pengukuran yang dihitung menggunakan persamaan 34.

$$L_{Aeq,day} = 10 \times \log (10) \times \left( \frac{1}{\text{jam/hari}} \times 10^{\frac{L_{Aeq} 1}{10}} + \dots + 10^{\frac{L_{Aeq} n}{10}} \right) \quad (34)$$

## N. Pengujian Statistik

Pengujian statistik dapat dilakukan berbagai macam uji salah satunya adalah uji t yang digunakan untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan dari data yang diperoleh. Uji t terbagi menjadi dua yaitu uji satu pihak (*one tail test*) dan uji dua pihak (*two tail test*). Uji satu pihak digunakan ketika hipotesis nol ( $H_0$ )

lebih besar atau sama dengan dan hipotesis alternatifnya ( $H_a$ ) berbunyi lebih kecil. Sedangkan uji dua pihak digunakan ketika hipotesis nol ( $H_0$ ) sama dengan dan hipotesis alternatifnya ( $H_a$ ) berbunyi tidak sama



dengan. Dalam pengujian hipotesis dua pihak, bila  $t$  hitung berada pada daerah  $t$  tabel, maka hipotesis nol ( $H_0$ ) diterima dan hipotesis alternatif ( $H_a$ ) ditolak.

Uji hipotesis  $t$ -test menggunakan program aplikasi *Microsoft excel* dengan cara sebagai berikut:

- 1) Buka program *Microsoft excel*.
- 2) Masukkan data yang telah didapat ke dalam *Worksheet Excel*.
- 3) Di menu Bar klik "Data".
- 4) Klik "*Data Analysis*" pada menu Bar Data, maka akan muncul Window "*Data Analysis*".
- 5) Pilih "*t-test : Paired Two Sample for Means*".
- 6) Klik "Ok" maka akan muncul Window "*t-test : Paired Two Sample for Means*".
- 7) Pada kotak variable 1 range, klik tombol "*selection*" untuk seleksi atau blok data 1 yang akan dianalisis.
- 8) Pada kotak variable 2 range, klik tombol "*selection*" untuk seleksi atau blok data 2 yang akan dianalisis.
- 9) Klik "Ok".
- 10) Maka hasil analisis statistik uji hipotesis  $t$ -test akan muncul di *Worksheet* baru.

### O. Model Prediksi Kebisingan ASJ-RTN 2008

Metode yang digunakan dalam memprediksi kebisingan lalu lintas pada jalan adalah model ASJ RTN 2008, yang merupakan bentuk yang telah direvisi dari bentuk sebelumnya. Model prediksi setelah ASJ RTN 1998 diadopsi secara komprehensif dalam "*Technical Method for Environmental Impact Assessment of Road*" dan secara luas digunakan untuk prediksi kebisingan lalu lintas di Jepang. Bentuk dari model ASJ RTN juga digunakan untuk desain pengukuran

raan lingkungan (pengukuran pengurangan kebisingan) dan irakan lokasi kebisingan yang tepat selama pengawasan lingkungan (survei reguler). Kemudian, pada dasarnya model prediksi digunakan bukan



hanya untuk memprediksi masa depan lingkungan, namun juga untuk mengestimasi kondisi lingkungan saat ini dan desain dari pengukuran pengurangan kebisingan. Para ahli bekerja menemukan solusi pada masalah yang belum terselesaikan dalam model ASJ RTN 2003. Setelah lima tahun penelitian dan pemeriksaan, akhirnya diterbitkan model baru ASJ RTN 2008 (Yamamoto, 2010).

## P. Persamaan Model ASJ-RTN 2008

### 1. Perhitungan *sound power level* ( $L_{wA}$ )

Tingkat kekuatan suara ( $L_{wA}$ ) dihitung dengan menggunakan Persamaan 35. Untuk nilai koefisien regresi dapat dilihat pada **Tabel 3** di bawah ini.

$$L_{wA} = a + b \log V \quad (35)$$

dimana :

$L_{wA}$  = Tingkat kekuatan suara (dB)

$V$  = Kecepatan kendaraan (km/jam)

$a, b$  = Koefisien regresi

**Tabel 3.** Koefisien Regresi  $a$  dan  $b$  untuk arus lalu lintas *steady* dan *unsteady*

Klasifikasi	Steady		Unsteady	
	(40km/jam ≤ V ≤ 140km/jam)		(10km/jam ≤ V ≤ 60km/jam)	
	a	b	a	b
Kendaraan ringan	46,4	30	82,0	10
Kendaraan berat	51,5	30	87,1	10
Sepeda motor	52,4	30	85,2	10

Sumber: Yamamoto, 2010

### 2. Perhitungan *sound exposure level* ( $L_{AE}$ )

Perhitungan tingkat paparan suara dilakukan dengan menggunakan Persamaan 36 dan Persamaan 37.

$$L_{AE} = 10 \log \left( \frac{1}{T} \sum 10^{L_{A/10}} \Delta t \right) \quad (36)$$



$$\Delta t = \frac{3.6 \Delta l}{V} \quad (37)$$

dimana :

- $L_{AE}$  = Tingkat paparan suara (dB)
- $L_A$  = Tingkat tekanan suara (dB)
- T = Jumlah pengamatan dalam sehari
- $\Delta l$  = Lebar jalan pada titik pengamatan (m)
- V = Kecepatan kendaraan (km/jam)

### 3. Perhitungan *equivalent continuous A-weighted sound pressure level*( $L_{Aeq}$ )

Dengan memasukkan nilai volume kendaraan dan waktu pengamatan, maka tingkat tekanan suara ekuivalen dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 38.

$$L_{Aeq} = L_{AE} + 10 \log \frac{NT}{T} \quad (38)$$

dimana :

- $L_{Aeq}$  = Tingkat tekanan suara ekuivalen (dB)
- $L_{AE}$  = Tingkat paparan suara (dB)
- $NT$  = Volume kendaraan (kend/jam)
- T = Jumlah pengamatan dalam sehari

### 4. Persamaan model ASJ-RTN 2008 dengan penambahan suara klakson

Perhitungan suara klakson pada penelitian ini mengacu pada penelitian terdahulu yaitu perhitungan klakson yang dilakukan oleh Asakura dengan menggunakan data pengukuran di Dhaka Bangladesh. Pada penelitian tersebut, data yang diperlukan untuk perhitungan tingkat bising suara klakson kendaraan adalah jumlah bunyi klakson, durasi waktu kendaraan membunyikan klakson,

jarak dari kendaraan yang membunyikan klakson ke *sound level meter*.  
 Perhitungan tingkat bising suara klakson kendaraan yang mengacu pada



penelitian Asakura (2010) dihitung menggunakan Persamaan 39 dan Persamaan 40.

$$L_{Ah} = 10 \log 10 (\Sigma 10 \log^{L_{A/10}}) \Delta t (41 \times 3,6 \times (d/V)) \quad (39)$$

dimana :

$L_{Ah}$  = Tingkat tekanan suara klakson (dB)

$L_A$  = Tingkat tekanan suara hasil prediksi ASJ-RTN 2008 (dB)

$\Delta t$  = Durasi bunyi klakson (detik)

$d$  = Jarak klakson (m)

$V$  = Kecepatan kendaraan (km/jam)

$$L_{A_{total}} = 10 \log 10 (10^{L_{A_{eq}/10}} + 10^{L_{Ah}/10}) \quad (40)$$

dimana :

$L_{A_{total}}$  = Tingkat tekanan suara prediksi ASJ-RTN 2008 dengan penambahan suara klakson (dB)

$L_{A_{eq}}$  = Tingkat tekanan suara hasil prediksi ASJ-RTN 2008 (dB)

$L_{Ah}$  = Tingkat tekanan suara klakson (dB)

## Q. Validasi Hasil Prediksi

Validasi hasil prediksi diperlukan guna mengetahui kesesuaian antara hasil prediksi dengan hasil pengukuran. Nilai yang perlu dihitung adalah nilai korelasi *pearson* (R) dan nilai *Root Mean Square Error* (RMSE). Nilai korelasi *pearson* (R) berkisar dari 0 sampai +1, tanda + (positif) menunjukkan korelasi r positif (Kustituantio,1994). Nilai *RMSE* rendah menunjukkan bahwa variasi nilai yang dihasilkan oleh suatu model perkiraan mendekati variasi nilai observasinya. Nilai korelasi *pearson* (R) dan nilai RMSE diperoleh dengan menggunakan Persamaan 41 dan Persamaan 42.

$$R = \frac{n \cdot \Sigma XY - \Sigma X \cdot \Sigma Y}{\sqrt{\{n \cdot \Sigma X^2 - (\Sigma X)^2\} \cdot \{n \cdot \Sigma Y^2 - (\Sigma Y)^2\}}} \quad (41)$$

$$RMSE = \sqrt{\Sigma (X - Y)^2 / n} \quad (42)$$



## R. Proyeksi Kendaraan Tahun Mendatang

Proyeksi ini didasarkan pada tingkat pertumbuhan dari data-data yang sudah ada. Data yang dipergunakan untuk memperkirakan besarnya volume kendaraan biasa menggunakan faktor pertumbuhan penduduk, pertumbuhan kendaraan dan data lalu lintas yang sudah ada jika memenuhi angka kecukupan data. Dalam kajian disini akan dipakai faktor pertumbuhan kendaraan. Rumus yang dipergunakan adalah (Mubarak, 2014):

$$P = P_0(1 + i)^n \quad (43)$$

Keterangan :

- P = Jumlah prediksi pada tahun ke - n
- P<sub>0</sub> = Jumlah pada tahun awal
- i = Tingkat pertumbuhan
- n = Jarak waktu (tahun)

## S. Pengendalian Kebisingan

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk meredam kebisingan ialah dengan bangunan peredam (*barrier*). Bangunan peredam bekerja dengan memberikan efek pemantulan (*insulation*), penyerapan (*absorption*), dan pembelokkan (*diffraction*) jalur perambatan suara. Pemantulan dilakukan oleh dinding penghalang, penyerapan dilakukan oleh bahan pembentuk dinding, sedangkan pembelokan dilakukan oleh ujung bagian atas penghalang. Tingkat kebisingan yang sampai pada penerima merupakan penggabungan antara tingkat suara sisa penyerapan dan hasil pembelokan (Balitbang 2005). Bangunan peredam dapat berupa penghalang alami (*vegetasi*) dan penghalang buatan. Jenis tanaman yang digunakan untuk penghalang kebisingan harus memiliki kerimbunan dan kerapatan daun yang cukup dan merata mulai dari permukaan tanah hingga ketinggian yang diharapkan. Untuk itu perlu diatur suatu kombinasi antara tanaman tanah, perdu, dan pohon atau kombinasi dengan bahan lainnya sehingga penghalang menjadi optimum.



Penghalang buatan merupakan alternatif yang dapat dikembangkan dalam usaha-usaha mitigasi kebisingan, yang dapat terdiri dari, penghalang menerus, penghalang tidak menerus, kombinasi menerus tidak menerus, penghalang artistik. Karakteristik kinerja bangunan peredam bising dipengaruhi oleh lokasi, panjang dan tinggi bangunan, sifat *transmitif* (daya hantar), reflektif (daya pantul) atau *absorptif* (daya serap) dari material penyusunnya. Bahan penghalang buatan dapat dibuat dengan menggunakan kayu, panel beton pracetak, beton ringan berongga (*aerated*), panel fiber semen, panel *acrylic* transparan dan baja profil. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Widagdo (1998), tanaman dapat berperan sebagai pereduksi kebisingan karena dapat menyerap dan memancarkan energi bunyi, selain itu tanaman juga dapat meningkatkan nilai estetika (Widagdo 1998).

Tanaman yang dapat berfungsi sebagai peredam kebisingan adalah tanaman berbentuk pohon atau perdu/semak yang memiliki massa daun padat (Dahlan 1997). Selain penghalang alami (vegetasi), kebisingan juga dapat di reduksi dengan penghalang buatan seperti Batako dan Bata merah. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Irawan (2014), bangunan peredam yang terbuat dari Bata merah 18%. Selain Bata merah bahan yang digunakan sebagai material penghalang adalah Batako yang mampu mereduksi sebesar 15-16 dB(A), bahan konstruksi lain yang dapat digunakan adalah Kaca yang dibuat sebagai penghalang menerus dapat mereduksi sebesar 16-17 dB(A) (Balitbang 2005).

## T. Analisis Simulasi Skenario Lalu Lintas

Setelah memperoleh nilai tingkat kebisingan hasil prediksi, maka langkah selanjutnya adalah menganalisis beban lalu lintas pada jaringan jalan sebagai alternatif solusi penanganan kebisingan lalu lintas tersebut. Skenario simulasi dibuat sebagai bentuk kebijakan dalam mengurangi tingkat kebisingan. Simulasi pembebanan lalu lintas dilakukan berdasarkan skenario-skenario tersebut. Analisis pembebanan lalu lintas dibuat dari beberapa skenario. Skenario simulasi dengan menambahkan volume busway dari pemidahan volume kendaraan bermotor.



## U. Penelitian Terdahulu

Hustim, dkk (2011) dengan judul penelitian *Survey on Road Traffic Noise in Makassar City*. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai tingkat kebisingan lalu lintas, volume lalu lintas, kecepatan kendaraan dan *power level* klakson, dimana awalnya nilai *power level* klakson merupakan sebuah asumsi. Dengan menggunakan metode ASJ RTN 2008 peneliti mencari nilai tingkat kebisingan prediksi sebelum dan setelah memasukkan suara klakson klakson. Sehingga didapatkan hasil, sebelum memasukkan suara klakson, nilai tingkat kebisingan prediksi lebih rendah dari nilai tingkat kebisingan pengukuran. Setelah memasukkan suara klakson, didapatkan hasil nilai tingkat kebisingan prediksi mendekati nilai tingkat kebisingan pengukuran. Secara keseluruhan nilai tingkat kebisingan yang didapatkan pada jalan-jalan utama di Kota Makassar adalah 74 dB dan kecepatan rata-rata kendaraan 25 km/jam.

Hustim dan Fujimoto (2012), dengan judul penelitian *Acoustical Characteristics of Horn Sound Vehicle*. Pada penelitian, peneliti mencari nilai power level klakson melalui pengujian kendaraan dengan mempertimbangkan jarak dari bunyi klakson ke SLM. Lalu dilanjutkan dengan pengukuran tingkat bising di 35 jalan di Kota Makassar dan membuat model prediksinya. Metode yang digunakan adalah ASJ-RTN 2008. Selanjutnya tingkat bising hasil pengukuran dibandingkan dengan tingkat bising prediksi tanpa memasukkan suara klakson simulasi, dan power level hasil pengujian. Hasil yang diperoleh dari pengujian power level klakson adalah sepeda motor sebesar 106.1 dB dan kendaraan ringan sebesar 108.5 dB.

Hustim (2012) dengan judul penelitian *Road Traffic Noise Under Heterogeneous Traffic Condition in Makassar City*. Penelitian ini bertujuan untuk memperlihatkan kondisi kebisingan lalu lintas jalan di Kota Makassar dengan menggunakan metode ASJ RTN 2008. Data yang digunakan adalah data titik lalu lintas yaitu kendaraan berat, kendaraan ringan dan kendaraan , menghitung kecepatan dengan *speed gun* dan merekam kondisi jalan camera video. Hasil menunjukkan bahwa tingkat kebisingan pada ruas jalan



utama di Kota Makassar sangat tinggi dan melewati batas standar lingkungan dimana kendaraan bermotor menjadi dominan. Terjadi perbedaan signifikan antara nilai tingkat kebisingan prediksi dan pengukuran dengan asumsi arus lalu lintas tidak tetap. Perbedaan itu terjadi karena perilaku lalu lintas heterogen di Makassar, dimana mencoba mempertimbangkan arus lalu lintas dan efek dari suara klakson untuk memprediksi kebisingan lalu lintas di Kota Makassar.

Hustim (2013), dengan judul *Road Traffic Noise Reduction using TDM-TMS Strategies in Makassar City, Indonesia*. Penelitian ini bertujuan untuk mereduksi tingkat kebisingan dengan melakukan kebijakan berbasis TDM-TMS berupa pengurangan jumlah kendaraan ringan dan sepeda motor, pengurangan suara klakson dan penggunaan BRT. Hasil menunjukkan bahwa kebijakan tersebut mampu mereduksi kebisingan sebesar 4.7 dB.

Nababan (2014), dengan judul *Model Prediksi Kebisingan Lalu Lintas Heterogen yang Mempertimbangkan Suara Klakson Kendaraan*. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi tingkat kebisingan lalu lintas heterogen Kota Makassar. Dengan menggunakan metode CoRTN, diperoleh hasil bahwa tingkat kebisingan rata-rata pada jalan arteri dan kolektor Kota Makassar telah melewati baku mutu yang ditetapkan, diperoleh  $L_{Aeq,day}$  sebesar 78,6 dB. Nilai RMSE dan korelasi person dari model prediksi kebisingan menggunakan metode CoRTN tanpa mempertimbangkan suara klakson kendaraan adalah 1,86 dan 0,72. Sedangkan dengan mempertimbangkan suara klakson kendaraan adalah sebesar 0,76 dan 0,89 sehingga model prediksi kebisingan dengan mempertimbangkan suara klakson kendaraan dikatakan cukup baik.

Nuvacko, dkk (2014) dengan judul *Application of Macroscopic Modelling in Assessing Noise Level in Urban Areas*. Penelitian ini bertujuan untuk menggambarkan metodologi dari evaluasi tingkat kebisingan dengan mengimplementasikan *software* simulasi makro PTV Visum pada proyek “*European Project Civitas ELAN in the city of Zagreb*”. Penelitian ini

akan *software* PTV Visum yang terdiri dari metode *Noise-Emis- Rls 90* dan *Noise-Emis-Nordic* (Nordic). Hasil penelitian menunjukkan data diperoleh dari metode Nordic memiliki tingkat keakuratan yang lebih tinggi



sehingga metode ini diusulkan untuk digunakan lebih lanjut pada desain fasilitas lalu lintas yang baru dimana belum diketahui data tingkat kebisingannya.

Zulfiani (2017) dengan judul Model Prediksi dan Simulasi Penanganan Kebisingan Lalu Lintas Heterogen Berbasis Model ASJ-RTN 2008 dan RLS 90. Penelitian ini bertujuan untuk Memprediksi kebisingan yang dihasilkan oleh lalu lintas pada jaringan jalan di Kota Makassar menggunakan Model ASJ-RTN 2008 dan RLS 90 serta menganalisis beban lalu lintas jaringan jalan dalam konteks alternatif penanganan kebisingan berbasis Manajemen Kebutuhan Transportasi, sehingga memperoleh tingkat kebisingan pada jalan A.P Pettarani sebesar 80.4 dB, dan alternatif penanganan kebisingan yang diperoleh dengan menggunakan simulasi pembebanan yaitu pengalihan pete-pete ke BRT (Bus Rapi Transyt) berdasarkan load factor pete-pete, pengurangan volume kendaraan ringan (pribadi) sebesar 20%, dan pengurangan sepeda motor sebesar 30%, menghasilkan simulasi yang dapat mereduksi tingkat kebisingan sebesar 1.57 dB sampai dengan 2.53 dB.

