

ANALISIS TINGKAT KEBISINGAN PEMUKIMAN SEKITAR JALUR KERETA API STASIUN MANDAI KABUPATEN MAROS



**FATIMAH AZZAHRA SABRI
D131201051**



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

**ANALISIS TINGKAT KEBISINGAN PEMUKIMAN SEKITAR JALUR
KERETA API STASIUN MANDAI KABUPATEN MAROS**

**FATIMAH AZZAHRA SABRI
D131201051**



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

**ANALISIS TINGKAT KEBISINGAN PEMUKIMAN SEKITAR JALUR
KERETA API STASIUN MANDAI KABUPATEN MAROS**

FATIMAH AZZAHRA SABRI

D131201051

Skripsi

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana

Program Studi Teknik Lingkungan

pada

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

SKRIPSI**ANALISIS TINGKAT KEBISINGAN PEMUKIMAN SEKITAR JALUR
KERETA API STASIUN MANDAI KABUPATEN MAROS****FATIMAH AZZAHRA SABRI****D131201051**

Skripsi,

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Sarjana Departemen Teknik
Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada 22 Oktober 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan
pada

Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin
Makassar

Mengesahkan:

Pembimbing tugas akhir,



Dr.Eng. Ir. Muralia Hustim, S.T., M.T., IPM., AER.
NIP. 197204242000122001

Mengetahui:

Ketua Departemen Teknik Lingkungan,



Dr.Eng. Ir. Muralia Hustim, S.T., M.T., IPM., AER.
NIP. 197204242000122001

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul "**Analisis Tingkat Kebisingan Pemukiman Sekitar Jalur Kereta Api Stasiun Mandai Kabupaten Maros**" adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing (Dr. Eng. Ir. Muralia Hustim, S.T., M.T., IPM, AER.). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka skripsi ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar. September 2024



[Signature]
rauman Azzahra Sabri
NIM D131201051

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena atas limpahan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir untuk penyelesaian studi sarjana dengan judul “Analisis Tingkat Kebisingan Pemukiman Sekitar Jalur Kereta Api Stasiun Mandai Kabupaten Maros” Terselesaikannya tugas akhir ini tidak lepas dari dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu di kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Dr. Eng. Ir. Muralia Hustim, S.T., M.T., IPM., AER. selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan saran dan masukan kepada penulis hingga menyelesaikan tugas akhir sekarang ini. Tak lupa pula ucapan terima kasih kepada seluruh Bapak/Ibu dosen serta karyawan dan staf Departemen Teknik Lingkungan yang telah memberikan banyak pengetahuan kepada penulis selama bangku perkuliahan. Ucapan terima kasih kepada pihak Balai Pengelola Kereta Api Sulawesi Selatan yang telah memberikan kesempatan dan dukungan dalam penelitian ini.

Terima kasih kepada teman-teman ENTITAS 2021, LINGKUNGAN 2020 (Terhusus Kevin, Mifta dan Wara) yang telah sama-sama berjuang di jenjang pendidikan sarjana, dan teman-teman ADIBRATA yang senantiasa memberi dukungan melalui diskusi-diskusi interaktif terkait tugas akhir dan memberikan masukan membangun untuk penulis. Ucapan terima kasih terkhusus kepada TIM TUTTUT (Rina, Ikka, Yudha, Astro, Nuel, Abidzar, Rani dan Agis) yang telah membantu selama pengambilan data di lapangan. Selain itu ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis ucapkan kepada Muh. Kadri atas seluruh waktu dan tenaga yang diluangkan untuk penulis sejak menjalani dunia perkuliahan hingga sekarang ini hingga (semoga) seterusnya, serta seluruh dukungan yang diberikan khususnya selama menyelesaikan studi sarjana.

Tugas akhir ini penulis persembahkan kepada kedua orang tua (Drs. Sabri Sanjaya & Dra. Suhrah) yang selalu melangitkan doa-doanya untuk penulis. Kepada Mama dan Bapak yang selalu menjadi motivasi penulis dalam menyelesaikan tugas akademik terima kasih untuk segala dukungan moral dan materi yang diberikan untuk penulis. Ucapan terima kasih untuk Kakak Adi dan Kakak Ama, serta Alesha yang selalu memberi dukungan dan menjadi penyemangat penulis dalam menyelesaikan tugas akhir sebagai syarat studi sarjana Teknik Lingkungan.

Penulis,
Fatimah Azzahra Sabri

ABSTRAK

FATIMAH AZZAHRA SABRI. *Analisis Tingkat Kebisingan Pemukiman Sekitar Jalur Kereta Api Stasiun Mandai Kabupaten Maros.* (dibimbing oleh **Muralia Hustim**)

Latar Belakang. Proyek pembangunan kereta api saat ini terus berkembang, salah satunya jalur Makassar-Parepare untuk mengembangkan konektivitas regional wilayah Sulawesi. Kereta api memiliki keunggulan tiket murah, fasilitas nyaman, minim emisi karbon. Namun, terdapat resiko dampak negatif berupa pencemaran suara, kebisingan dan getaran bagi masyarakat yang tinggal di sepanjang rel. **Tujuan.** Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat kebisingan di kawasan pemukiman sekitar rel kereta api stasiun Mandai serta memodelkan penyebaran prediksi tingkat kebisingan menggunakan aplikasi *SoundPLAN* 9.0. **Metode.** Penelitian berlangsung selama 3 hari 11-13 Juli 2024 dengan rentang waktu pukul 07.00-19.10 WITA . Pengambilan data tingkat kebisingan menggunakan aplikasi *Decibel X Pro* dan pemodelan menggunakan *SoundPLAN* 9.0. **Hasil.** Hasil analisis tingkat kebisingan saat melintas dan tidak pada jarak 15, 50 dan 70 m adalah 57,21-61,64 dB dan 51,04-59,93 dB; 52,33-62,08 dB dan 51,39-62,09 dB; 47,71-62,56 dB dan 48,16-62,56 dB. **Kesimpulan.** Pada jarak 15 meter terdapat perbedaan signifikan antara saat kereta melintas dan tidak sehingga semakin dekat jarak pengukuran dengan rel maka semakin besar tingkat kebisingan yang dihasilkan. Sementara pada pemodelan *SoundPLAN* 9.0 tingkat akurasi antara nilai prediksi dan pengukuran saat kereta tidak melintas dan saat melintas sebesar 0,457; 1,149 yang menunjukkan hasil pemodelan masih terdapat perbedaan dengan pengukuran langsung.

Kata Kunci: Kebisingan; Kereta Api; Pemukiman; *Decibel X Pro*; *SoundPLAN* 9.0

ABSTRACT

FATIMAH AZZAHRA SABRI. *Analysis of Noise Levels in Residential Areas Around the Mandai Station Railway Line, Maros Regency.* (supervised by **Muralia Hustim**)

Background. The current railway construction project continues to develop, one of which is the Makassar-Parepare line to develop regional connectivity in the Sulawesi region. Trains have the advantages of cheap tickets, comfortable facilities, minimal carbon emissions. However, there is a risk of negative impacts in the form of noise pollution, noise and vibration for people living along the tracks. **Purpose.** This study aims to analyze the noise level in residential areas around the Mandai station railway and to model the distribution prediction of noise levels using the SoundPLAN 9.0 application. **Method.** The study lasted for 3 days, July 11-13, 2024 with a time span of 07.00-19.10 WITA. Noise level data collection using the Decibel X Pro application and modeling using SoundPLAN 9.0. **Results.** The results of the noise level analysis when crossing and not at a distance of 15, 50 and 70 m were 57.21-61.64 dB and 51.04-59.93 dB; 52.33-62.08 dB and 51.39-62.09 dB; 47.71-62.56 dB and 48.16-62.56 dB. **Conclusion.** At a distance of 15 meters there is a significant difference between when the train passes and when it does not, so the closer the measurement distance to the rail, the greater the noise level produced. Meanwhile, in the SoundPLAN 9.0 modeling, the level of accuracy between the predicted and measured values when the train does not pass and when it passes is 0.457; 1.149, which shows that the modeling results still have differences with direct measurements.

Keywords: Noise; Rail; Residentials; Decibel X Pro; SoundPLAN 9.0

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	3
1.6 Teori	3
BAB II METODE PENELITIAN	21
2.1 Kerangka Penelitian	21
2.2 Rancangan Penelitian	22
2.3 Waktu dan Lokasi Penelitian	22
2.4 Alat Pengukuran	26
2.5 Metode Pengumpulan Data	27
2.6 Metode Analisis Data	30
BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN	35
3.1 Gambaran Umum.....	35
3.2 Analisis Tingkat Kebisingan	35
3.3 Pemodelan Sebaran Tingkat Kebisingan Menggunakan SoundPLAN ..	82
3.4 Hasil Uji Statistik.....	91
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN	114
4.1 Kesimpulan	114

4.2 Saran.....	114
DAFTAR PUSTAKA.....	115

DAFTAR GAMBAR

Nomor Urut	Halaman
1 Kerangka Pikir Penelitian	21
2 Lokasi Penelitian	24
3 Peta Situasi Lokasi Pengukuran	25
4 Sketsa Lokasi Pengukuran	26
5 Tahapan Kalibrasi Decibel X Pro.....	28
6 Tahapan Pengambilan Data Tingkat Kebisingan.....	29
7 Tahapan Pengambilan Data Volume Kendaraan	30
8 Analisa Regresi	31
9 Tahapan Analisis Data Tingkat Kebisingan	32
10 Tahapan Pemodelan SoundPLAN	33
11 Tahapan Uji Statistik.....	34
12 Tingkat Kebisingan di Titik 1 Hari 1 Saat Kereta Tidak Melintas	36
13 Tingkat Kebisingan di Titik 1 Hari 2 Saat Kereta Tidak Melintas	37
14 Tingkat Kebisingan di Titik 1 Hari 3 Saat Kereta Tidak Melintas	38
15 Tingkat Kebisingan di Titik 2 Hari 1 Saat Kereta Tidak Melintas	39
16 Tingkat Kebisingan di Titik 2 Hari 2 Saat Kereta Tidak Melintas	40
17 Tingkat Kebisingan di Titik 2 Hari 3 Saat Kereta Tidak Melintas	41
18 Tingkat Kebisingan di Titik 3 Hari 1 Saat Kereta Tidak Melintas	42
19 Tingkat Kebisingan di Titik 3 Hari 2 Saat Kereta Tidak Melintas	43
20 Tingkat Kebisingan di Titik 3 Hari 3 Saat Kereta Tidak Melintas	44
21 Tingkat Kebisingan di Titik 4 Hari 1 Saat Kereta Tidak Melintas	45
22 Tingkat Kebisingan di Titik 4 Hari 2 Saat Kereta Tidak Melintas	46
23 Tingkat Kebisingan di Titik 4 Hari 3 Saat Kereta Tidak Melintas	47
24 Tingkat Kebisingan di Titik 5 Hari 1 Saat Kereta Tidak Melintas	48
25 Tingkat Kebisingan di Titik 5 Hari 2 Saat Kereta Tidak Melintas	49
26 Tingkat Kebisingan di Titik 5 Hari 3 Saat Kereta Tidak Melintas	50
27 Tingkat Kebisingan di Titik 6 Hari 1 Saat Kereta Tidak Melintas	51
28 Tingkat Kebisingan di Titik 6 Hari 2 Saat Kereta Tidak Melintas	52
29 Tingkat Kebisingan di Titik 6 Hari 3 Saat Kereta Tidak Melintas	53
30 Tingkat Kebisingan di Titik 1 Hari 1 Saat Kereta Melintas	54
31 Tingkat Kebisingan di Titik 1 Hari 2 Saat Kereta Melintas	55
32 Tingkat Kebisingan di Titik 1 Hari 3 Saat Kereta Melintas	56
33 Tingkat Kebisingan di Titik 2 Hari 1 Saat Kereta Melintas	57
34 Tingkat Kebisingan di Titik 2 Hari 2 Saat Kereta Melintas	58
35 Tingkat Kebisingan di Titik 2 Hari 3 Saat Kereta Melintas	59
36 Tingkat Kebisingan di Titik 3 Hari 1 Saat Kereta Melintas	60
37 Tingkat Kebisingan di Titik 3 Hari 2 Saat Kereta Melintas	61
38 Tingkat Kebisingan di Titik 3 Hari 3 Saat Kereta Melintas	62
39 Tingkat Kebisingan di Titik 4 Hari 1 Saat Kereta Melintas	63
40 Tingkat Kebisingan di Titik 4 Hari 2 Saat Kereta Melintas	64
41 Tingkat Kebisingan di Titik 4 Hari 3 Saat Kereta Melintas	65
42 Tingkat Kebisingan di Titik 5 Hari 1 Saat Kereta Melintas	66
43 Tingkat Kebisingan di Titik 5 Hari 2 Saat Kereta Melintas	67
44 Tingkat Kebisingan di Titik 5 Hari 3 Saat Kereta Melintas	68

45 Tingkat Kebisingan di Titik 6 Hari 1 Saat Kereta Melintas	69
46 Tingkat Kebisingan di Titik 6 Hari 2 Saat Kereta Melintas	70
47 Tingkat Kebisingan di Titik 6 Hari 3 Saat Kereta Melintas	71
48 Tingkat LAeq Hari 1 Saat Kereta Tidak Melintas	72
49 Tingkat LAeq Hari 2 Saat Kereta Tidak Melintas	73
50 Tingkat LAeq Hari 3 Saat Kereta Tidak Melintas	74
51 Tingkat LAeq Hari 1 Saat Kereta Melintas	75
52 Tingkat LAeq Hari 2 Saat Kereta Melintas	76
53 Tingkat LAeq Hari 3 Saat Kereta Melintas	77
54 Tingkat Kebisingan Hari 1	78
55 Tingkat Kebisingan Hari 2	79
56 Tingkat Kebisingan Hari 3	81
57 Peta Sebaran Prediksi Tingkat Kebisingan Hari 1	87
58 Peta Sebaran Prediksi Tingkat Kebisingan Hari 2	88
59 Peta Sebaran Prediksi Tingkat Kebisingan Hari 3	90
60 Grafik RMSE Pengukuran dan Prediksi Saat Kereta Tidak Melintas	111
61 Grafik RMSE Hasil Pengukuran dan Prediksi Saat Kereta Melintas	113

DAFTAR TABEL

Nomor Urut	Halaman
1. Baku mutu tingkat kebisingan	8
2. Baku Mutu Kebisingan Kawasan	8
3. Nilai a dan b klasifikasi jenis kendaraan	15
4. Kriteria Analisa Regresi.....	16
5. Penelitian Terdahulu	18
6. Jarak titik lokasi pengukuran.....	24
7. Titik Koordinat Lokasi Pengukuran.....	25
8. Persamaan regresi.....	28
9. Perbedaan Tingkat Kebisingan (Leq Day) Hari 1	79
10. Perbedaan Tingkat Kebisingan (Leq Day) Hari 2	80
11. Perbedaan Tingkat Kebisingan (Leq Day) Hari 3	81
12. Rekapitulasi Volume Kendaraan Saat Kereta Tidak Melintas	83
13. Rekapitulasi Volume Kendaraan Saat Kereta Melintas	84
14. Prediksi Tingkat Kebisingan Hari 1	88
15. Prediksi Tingkat Kebisingan Hari 2	89
16. Prediksi Tingkat Kebisingan Hari 3	91
17. Rekapitulasi Uji Normalitas Volume Kendaraan Saat Kereta Tidak Melintas	92
18. Rekapitulasi Uji Korelasi Tingkat Kebisingan dan Volume Kendaraan Hari 1 Saat Kereta Tidak Melintas	93
19. Rekapitulasi Uji Korelasi Tingkat Kebisingan dan Volume Kendaraan Hari 2 Saat Kereta Tidak Melintas	94
20. Rekapitulasi Uji Korelasi Tingkat Kebisingan dan Volume Kendaraan Hari 3 Saat Kereta Tidak Melintas	95
21. Rekapitulasi Uji Beda Sama Volume Kendaraan Saat Kereta Tidak Melintas ..	96
22. Rekapitulasi Uji Normalitas Lokasi Saat Kereta Tidak Melintas	97
23. Rekapitulasi Uji Beda Lokasi Saat Kereta Tidak Melintas	97
24. Rekapitulasi Uji Normalitas Hari Saat Kereta Tidak Melintas	98
25. Rekapitulasi Uji Beda Hari Saat Kereta Tidak Melintas.....	98
26. Rekapitulasi Uji Normalitas Volume Kendaraan Saat Kereta Melintas.....	99
27. Rekapitulasi Uji Beda Tingkat Kebisingan dan Volume Kendaraan Hari 1 Saat Kereta Melintas	100
28. Rekapitulasi Uji Beda Tingkat Kebisingan dan Volume Kendaraan Hari 2 Saat Kereta Melintas	101
29. Rekapitulasi Uji Beda Tingkat Kebisingan dan Volume Kendaraan Hari 3 Saat Kereta Melintas	102
30. Rekapitulasi Nilai Uji Normalitas Lokasi Saat Kereta Melintas	103
31. Rekapitulasi Uji Beda Lokasi Saat Kereta Melintas	104
32. Rekapitulasi Nilai Uji Normalitas Hari Saat Kereta Melintas	104
33. Rekapitulasi Uji Beda Hari Saat Kereta Melintas	105
34. Uji Normalitas Volume Kendaraan Setiap Jam	106
35. Uji Beda Volume Kendaraan Setiap Jam	107
36. Rekapitulasi Uji Normalitas Tingkat Kebisingan	109
37. Rekapitulasi Nilai Uji Tingkat Kebisingan	109
38. Rekapitulasi Perbedaan Tingkat Kebisingan.....	110

39. Uji RMSE Hasil Pengukuran dan Prediksi Saat Kereta Tidak Melintas	110
40. Uji RMSE Hasil Pengukuran dan Prediksi Saat Kereta Melintas	112

DAFTAR LAMPIRAN

1. Tingkat Kebisingan Leq Saat Kereta Tidak Melintas
2. Tingkat Kebisingan Leq Saat Kereta Melintas
3. Tingkat Kebisingan Laeq Saat Kereta Tidak Melintas
4. Tingkat Kebisingan Laeq Saat Kereta Melintas
5. Tingkat Kebisingan Leq day
6. Prediksi Tingkat Kebisingan
7. Peta Lokasi Pengukuran
8. Peta Sebaran Tingkat Kebisingan
9. Dokumentasi
10. Program SoundPLAN 9.0
11. SNI 8427:2017

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara berkembang dengan penduduk 281.603,8 juta jiwa dan luas wilayah daratan 1.892.410,09 km² berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2024). Sebagai negara yang besar dan luas transportasi merupakan fungsi strategis dalam integritas wilayah Indonesia. Pengembangan infrastruktur transportasi menjadi salah satu indikator dalam target Indonesia sebagai negara maju pada tahun 2045 mendatang yang mencakup transportasi darat, laut maupun udara.

Kereta api merupakan salah satu jenis transportasi massal yang telah digunakan sejak awal 1900-an di Indonesia dan terus berkembang hingga saat ini. Transportasi menggunakan kereta api diminati masyarakat karena harganya yang cukup ekonomis serta waktu tempuh yang cepat karena memiliki jalur tersendiri (Afif, 2024). Seiring meningkatnya pertumbuhan penduduk menuntut adanya peningkatan sarana kereta api sebagai pilihan transportasi umum. Dalam Rancangan Induk Perkeretaapian Nasional tahun 2030, Pemerintah Indonesia merencanakan untuk menjadikan kereta api sebagai transportasi unggulan atau *Leading Transportation Mode* sebagai pilihan masyarakat. Dalam mewujudkan hal tersebut telah dilakukan banyak bentuk pengembangan dan pembangunan proyek kereta api di Indonesia.

Proyek Kereta Api Makassar-Parepare adalah sebuah jaringan transportasi baru yang sedang dibangun dan telah beroperasi di Provinsi Sulawesi Selatan, Indonesia. Proyek ini merupakan pembangunan pertama untuk mengembangkan konektivitas regional di wilayah Sulawesi. Jalur kereta api tersebut direncanakan menghubungkan ibu kota Sulawesi Selatan, Makassar sepanjang 142 kilometer menuju kota Parepare. Dalam proses pengoperasiannya jalur ini akan menghubungkan Makassar dengan beberapa daerah yang dilalui menuju Parepare yaitu Kabupaten Maros, Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan, serta Kabupaten Barru (Ernest et al., 2023).

Jadwal perjalanan kereta api Makassar-Parepare yang beroperasi saat ini masih dalam 4 kali perjalanan yang terdiri dari 1 rangkaian kereta api yang memiliki 3 gerbong. Walaupun terbilang masih baru dan sedikit namun memiliki banyak keunggulan dan diminati oleh masyarakat. Beberapa keunggulan yang dimiliki dari kereta api Makassar-Parepare mulai dari tiket perjalanan yang murah, waktu yang ditempuh cukup cepat dibandingkan menggunakan mobil, fasilitas kereta yang nyaman serta pemberhentian stasiun yang cukup strategis. Kereta api juga dikenal sebagai transportasi yang memiliki keunggulan sebagai transportasi yang ramah lingkungan dibandingkan transportasi darat lain yang menggunakan bahan bakar penggerak mesin karena efek gas rumah kaca yang dihasilkan kereta api lebih sedikit. Selain itu jejak karbon yang dihasilkan pengguna transportasi kereta api juga lebih sedikit dari pengguna kendaraan pribadi. Namun, Menurut Aji (2017) kereta api

tidak lepas dari dampak negatif berupa pencemaran suara, kebisingan dan getaran bagi masyarakat yang tinggal di sepanjang rel.

Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup (1996) kebisingan adalah bunyi yang tidak diinginkan yang berasal dari usaha atau kegiatan dalam tingkat dan waktu tertentu yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan. Menurut Balirante et al, (2020) kebisingan adalah polusi tidak terlihat yang dapat mengganggu dan menyebabkan efek fisik dan fisiologis pada manusia. Sedangkan menurut Istiantara (2017) kebisingan berpengaruh pada pendengaran manusia, kebisingan dapat memicu stres yang dapat mempengaruhi perubahan suasana hati, fungsi motorik dan perubahan intelektual.

Menurut Mahroini (2019) penelitian tingkat kebisingan di pemukiman sekitar rel kereta api dilakukan pada beberapa titik di pemukiman dengan kondisi yang berbeda sepanjang rel kereta dengan jarak tertentu, tingkat kebisingan pada jarak 3 meter antara 74,42-72,06 dB dan pada jarak 6 meter sebesar 71,1-65,15 dB. Penelitian yang dilakukan Aji (2017) menunjukkan tingkat kebisingan di pemukiman yang berada pada jarak 15 meter dari rel mencapai 69 dB yang melebihi baku mutu tingkat kebisingan sesuai Kep-48/MENLH/11/1996 tentang Baku Mutu Tingkat kebisingan kawasan pemukiman adalah 55 dB. Selain itu penelitian tingkat kebisingan pada jarak tertentu dari rel yang dilakukan Sampouw (2023) dihasilkan tingkat kebisingan 94,1 dBA – 95,6 dBA pada jarak 5 meter, 88,4 dBA-90 dBA pada jarak 10 meter dan 82,7 dBA-86,1 dBA pada jarak 15 meter. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin dekat permukiman dengan sumber bising, maka intensitas paparan kebisingan akan semakin tinggi.

Berdasarkan hal tersebut penelitian terhadap kebisingan pemukiman sekitar rel perlu dilakukan walaupun belum ada penelitian terdahulu yang menunjukkan bahwa kebisingan di sekitar rel kereta api Makassar-Pare-pare selama beroperasi terbilang tinggi atau rendah serta operasional kereta api di Sulawesi Selatan yang masih terbilang baru namun tetap perlu menjadi perhatian. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis tingkat kebisingan di kawasan pemukiman sekitar rel kereta api stasiun Mandai untuk mengetahui tingkat kebisingan dan paparan terhadap masyarakat sekitar.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Berapa tingkat kebisingan di kawasan pemukiman sekitar rel kereta api?
2. Bagaimana memetakan penyebaran kebisingan di kawasan pemukiman sekitar rel kereta api stasiun Mandai?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis tingkat kebisingan di kawasan pemukiman sekitar rel kereta api stasiun Mandai.
2. Memodelkan penyebaran tingkat kebisingan menggunakan aplikasi *SoundPLAN* di kawasan pemukiman sekitar rel kereta api stasiun Mandai.

1.4 Manfaat

Berdasarkan tujuan penelitian, maka manfaat dalam penelitian ini adalah untuk menganalisis tingkat kebisingan di kawasan pemukiman sekitar rel kereta api stasiun Mandai dan membandingkannya dengan baku mutu.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini yaitu:

1. Wilayah penelitian ini terbatas pada kawasan pemukiman sekitar jalur rel kereta api stasiun Mandai.
2. Tingkat kebisingan yang diukur berasal dari lingkungan pemukiman dan kereta api yang melintas pada sekitar jalur rel kereta api stasiun Mandai.

1.6 Teori

1.6.1 Kereta Api

Kereta api adalah sarana perkeretaapian dengan tenaga gerak, baik berjalan sendiri maupun dirangkaikan dengan sarana perkeretaapian lainnya, yang akan ataupun sedang bergerak di jalan rel yang terkait dengan perjalanan kereta api, (Menteri Perhubungan, 2023). Umumnya, kereta api terdiri dari lokomotif yang dikemudikan oleh masinis dengan bantuan mesin dan rangkaian sarana kereta yang disebut gerbong sebagai tempat pengangkutan penumpang maupun barang. Secara umum rangkaian gerbong memiliki ukuran yang luas karena diperuntukkan untuk memuat penumpang atau barang dalam skala besar. Oleh karena sifatnya yang dapat mengangkut secara massal kereta api di beberapa negara digunakan sebagai alat transportasi utama yang efektif (Achmad, 2020).

Berdasarkan definisi kereta api sebagai sarana perkeretaapian, kereta api memiliki beberapa komponen yang saling berhubungan yaitu:

1. Struktur Rel

Menurut Rosyidi (2015) struktur jalan kereta api adalah sebuah konstruksi yang digunakan sebagai prasarana infrastruktur dalam perjalanan kereta api. Konsep struktur jalan rel kereta api terdiri dari rangkaian superstruktur (rel, plat, dan bantalan) dan substruktur (tanah dasar dan tanah asli) menjadi kesatuan yang saling berhubungan untuk mendukung perjalanan kereta api secara aman

2. Ruang pengoperasian

Ruang pengoperasian kereta api diatur dalam (Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 60, 2012) tentang kepentingan operasi jalur kereta api yang harus memiliki pengaturan ruang yaitu:

- a. Ruang bebas sebagai ruang di atas jalan rel yang harus bebas dari segala rintangan dan benda penghalang, ruang ini diperuntukkan murni untuk lalu lintas rangkaian kereta api
- b. Ruang bangun adalah ruang di sisi jalan rel yang harus bebas dari segala bangunan.

1.6.2 Jenis-jenis Kereta Api

Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 49 (2023) berdasarkan tenaga penggerakannya kereta api dibedakan menjadi beberapa jenis yaitu:

1. Kereta Rel Diesel (KRD)

Kereta api rel diesel adalah sebuah jenis kereta api dimana tenaga penggerakannya adalah mesin diesel. Kereta api jenis ini menggunakan solar sebagai bahan bakar mesinnya. Adapun dua jenis utama kereta api rel diesel yaitu:

a. Kereta Rel Diesel Hidrolik (KRDH)

Prinsip kerja rel diesel hidrolik adalah putaran mesin diesel digunakan untuk memutar pompa sehingga minyak terpompa dengan tekanan alir yang kuat. Aliran minyak kemudian didistribusikan ke turbin-turbin untuk diubah menjadi energi mekanis yang dapat memutar roda kereta api. Besar kuatnya tekanan alir minyak yang digunakan dapat diatur sesuai dengan putaran mesin diesel yang digunakan (Purwanto, 2006)

b. Kereta Rel Diesel Elektrik (KRDE)

Kereta rel diesel elektrik atau sering disingkat KRDE adalah kereta rel yang bergerak dengan menggunakan listrik sebagai sumber utama. Mesin diesel yang digunakan pada KRDE digunakan sebagai pembangkit tenaga listrik operasional kereta. Mesin diesel pada KRDE menggunakan motor traksi yang akan mengubah energi kimia dari bahan bakar solar menjadi energi mekanis sehingga roda pada kereta dapat digerakkan.

2. Kereta Rel Listrik (KRL)

Kereta api rel listrik atau sering disingkat KRL, adalah kereta rel yang bergerak dengan sistem propulsi dari motor listrik. Kereta rel listrik di Indonesia saat ini cukup banyak diminati dan sering ditemukan di wilayah pulau Jawa. KRL merupakan jenis kereta yang menggunakan suplai energi listrik sebagai penggerakannya. Daya listrik yang digunakan berasal dari gardu traksi dan diantarkan menggunakan kawat konduktor yang membentang di bagian atas sepanjang rute KRL (Utomo & Umar, 2022).

1.6.3 Definisi Pemukiman

Pemukiman merupakan kawasan perumahan yang dilengkapi dengan prasarana lingkungan, prasarana umum, fasilitas umum, dan fasilitas sosial yang mengandung keterpaduan kepentingan dan keselarasan pemanfaatan sebagai lingkungan kehidupan. Berdasarkan Peraturan Menteri PUPR Nomor 2 (2016) pemukiman adalah bagian dari kawasan pemukiman yang terdiri atas beberapa rumah yang

dilengkapi dengan prasarana, pelayanan, pelayanan utilitas umum dan kegiatan penunjang fungsi lainnya di perkotaan atau pedesaan.

Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan Nomor 829 Tahun 1999 kualitas udara serta kebisingan dan getaran menjadi persyaratan kesehatan pemukiman dan perumahan adapun kategori parameter tersebut adalah sebagai berikut:

1. Kualitas udara ambien di lingkungan perumahan harus bebas dari gangguan gas beracun dan memenuhi syarat baku mutu lingkungan
 - a. Gas H_2S dan NH_3 tidak terdeteksi; Debu dengan diameter kurang dari $10\ \mu g$ maksimum $150\ \mu g/m^3$; Gas SO_2 maksimum 0,1 ppm dan; Debu maksimum $350\ mm^3/m^3$ per hari
2. Kebisingan dan getaran
 - a. Kebisingan merupakan bunyi yang tidak diinginkan dari usaha atau kegiatan dalam tingkat dan waktu tertentu yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan. Menurut KepmenLH No. 48 Tahun 1996 baku mutu tingkat kebisingan pada pemukiman adalah 55 dBA
 - b. Getaran adalah gerak suatu struktur atau benda padat yang disebabkan beberapa gaya bolak-balik. Contohnya bagian suatu mesin yang berputar, tingkat getaran maksimum adalah 10 mm/detik.

1.6.4 Kebisingan

Kebisingan dapat diartikan sebagai suara yang dianggap tidak diinginkan atau mengganggu, berpotensi menciptakan ketidaknyamanan, mengganggu konsentrasi, dan berdampak negatif pada kesehatan dan kesejahteraan individu. Sumber kebisingan dapat ditinjau dari beberapa aspek termasuk lalu lintas kendaraan, kegiatan konstruksi, industri, dan kegiatan lainnya. Tingkat kebisingan diukur dalam satuan desibel (dB) dan dapat berdampak negatif pada kesehatan seperti pendengaran dan pola tidur apabila sering terpapar, (Afif, 2024).

Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 48 (1996) kebisingan diartikan sebagai bunyi yang tidak diinginkan dari usaha atau kegiatan dalam tingkat dan waktu tertentu serta dapat menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan. Menurut Hutagalung dalam (Rahma, 2020) kebisingan adalah salah satu aspek lingkungan yang cukup memprihatinkan, karena termasuk jenis polusi yang mengganggu dan bersumber pada bunyi.

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 (2023) bahwa setiap bangunan gedung dan atau kegiatan yang karena fungsinya menimbulkan dampak kebisingan terhadap lingkungannya dan terhadap bangunan gedung yang telah ada, harus meminimalkan kebisingan yang timbul sesuai dengan tingkat yang diizinkan. Oleh karena itu dapat disimpulkan jika kebisingan merupakan suara yang tidak diinginkan dan dianggap mengganggu dalam aspek kenyamanan, kemampuan konsentrasi serta dapat berdampak negatif pada kesehatan manusia dan kesejahteraan individu. Sumber-sumber kebisingan dapat disebabkan oleh berbagai hal termasuk kegiatan sehari-hari, transportasi, industri, kegiatan konstruksi dan perangkat elektronik.

Kebisingan adalah masalah umum pada wilayah perkotaan yang dapat mengganggu kenyamanan sekitar. Kebisingan yang ditimbulkan dominan berasal dari volume kendaraan yang melintas. Semakin banyak kendaraan yang melintas, kebisingan pada lintasan tersebut juga akan meningkat. Saat ini banyak cara yang digunakan untuk mengurangi kebisingan salah satunya dengan menggunakan alat pelindung diri seperti pelindung dan penyumbat telinga atau membuat sebuah barrier kebisingan, (Zuherman, 2023)

1.6.5 Sumber dan Jenis-jenis Kebisingan

Berdasarkan World Health Organization (2015), sumber kebisingan dapat dikategorikan menjadi:

1. Lalu lintas jalan

Lalu lintas jalan merupakan salah satu sumber bising yang sangat umum. Kebisingan lalu lintas berasal dari suara kendaraan yang bersumber dari mesin kendaraan, klakson, dan kebisingan sekitar jalan.

2. Industri

Sumber bising yang berasal dari industri pada umumnya berasal dari kegiatan mesin yang digunakan selama proses produksi. Intensitas kebisingan meningkat seiring bertambahnya jumlah mesin yang digunakan serta lama waktu produksi

3. Pesawat terbang

Sumber bising dari pesawat terbang berasal dari kegiatan saat pesawat akan lepas landas ataupun mendarat. Kebisingan yang terjadi mempengaruhi awak pesawat, penumpang, petugas bandara, dan masyarakat yang bermukim sekitar bandara.

4. Kereta api

Sumber bising yang timbul pada kereta api umumnya berasal dari aktivitas pengoperasian kereta api, sinyal di perlintasan, stasiun, penjagaan dan pemeliharaan konstruksi rel. Sumber utama kebisingan kereta api adalah bunyi deru dari sistem penggerak lokomotif, kebisingan aerodinamis serta kebisingan yang berasal dari gesekan antara roda dan rel yang terjadi. Suara klakson dari kereta api menjadi sumber kebisingan dimana adanya kenaikan tingkat kebisingan di dalam kabin dan lingkungan sekitarnya. Selain itu kegiatan pengereman kereta api juga dapat menjadi sumber bising karena gesekan antara roda dengan rel yang cukup kuat. Menurut Sri dalam (Zuherman, 2023) terdapat empat kebisingan yang berasal dari aktivitas kereta api, yaitu:

- Kebisingan traksi yang bersumber dari mesin diesel dan transmisi getaran
- Kebisingan rel/roda bersumber dari interaksi antar roda dengan permukaan rel, adapun interaksi antara roda dengan rel menghasilkan tiga tipe kebisingan diantaranya:
 - 1) Rolling noise karena kontak dengan rel yang sifatnya kontinyu
 - 2) Dampak pada sambungan rel dan persilangan sehingga putaran roda diskontinyu (terputus sementara)

3) Decitan karena gesekan pada tikungan yang tajam atau saat pengereman berlangsung

- Kebisingan alat bantu bersumber dari komposer, ventilasi, dan sistem rem
- Kebisingan aerodinamis bersumber dari gesekan udara antar perjalanan kereta api

5. Konstruksi bangunan

Sumber bising yang timbul dari kegiatan konstruksi bangunan dapat berasal dari pengoperasian alat konstruksi, pengerjaan bangunan

6. Kebisingan dalam ruangan

Kebisingan yang terjadi dalam ruangan dapat bersumber dari berbagai kegiatan seperti bising yang berasal dari luar ruangan dan menembus ke dalam ruangan. Selain itu juga dapat bersumber dari kegiatan yang ada dalam ruangan seperti mesin dalam ruangan. Sedangkan berdasarkan frekuensi bunyi kebisingan dapat dikategorikan sebagai berikut:

1. Kebisingan spektrum luas dan terjadi selama terus-menerus. Frekuensi kebisingan relatif pada < 5 dB dengan periode 0,5 detik berturut-turut. Contoh kebisingan jenis ini adalah suara kipas angin
2. Kebisingan spektrum sempit dan terjadi secara terus-menerus. Kebisingan jenis ini memiliki frekuensi berkisar 500, 1000 dan 4000 Hz. Contoh kebisingan jenis ini adalah suatu gergaji sekuler
3. Kebisingan terputus-putus tidak terjadi secara terus-menerus melainkan ada jeda waktu yang cukup tenang. Contoh kebisingan jenis ini adalah suara di sekitar lapangan terbang
4. Kebisingan impulsif memiliki frekuensi melebihi 40 dBA dalam waktu yang sangat singkat dan memberikan efek kejut. Contoh kebisingan jenis ini adalah suara petasan
5. Kebisingan impulsif berulang-ulang sama dengan bising impulsif dan terjadi secara berulang-ulang. Contoh kebisingan jenis ini adalah mesin alat tempa pada perusahaan alat berat.

Menurut (Ibnu dalam Rahma, 2020) tingkat kebisingan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya:

1. Jarak

Semakin jauh sumber bunyi dengan pendengar maka bunyi yang sampai akan semakin lemah. Faktor jarak antara suatu sumber bunyi dengan bangunan dapat mengurangi tingkat kebisingan yang sampai ke pendengar

2. *Barrier*

Barrier atau penghalang antara sumber bunyi dan pendengar dapat mempengaruhi tingkat kebisingan yang diterima. Jenis penghalang yang dapat digunakan dapat berupa vegetasi atau tanaman maupun bangunan peredam bising. Sebaran dari sumber bunyi dapat terpotong karena adanya *barrier* pada area tertentu.

1.6.6 Baku Mutu Kebisingan

Baku mutu kebisingan adalah batas maksimal tingkat kebisingan yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan dari usaha atau kegiatan sehingga tidak menyebabkan gangguan kesehatan pada manusia. Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 48 Tahun 1996 tentang baku mutu tingkat kebisingan kawasan pemukiman dapat dilihat pada tabel 1

Tabel 1. Baku mutu tingkat kebisingan

No	Peruntukan Kawasan/Lingkungan Kesehatan	Tingkat Kebisingan dB(A)
	Peruntukan Kawasan	
1.	Perumahan dan Pemukiman	55
2.	Perdagangan dan Jasa	70
3.	Perkantoran dan Perdagangan	65
4.	Ruang Terbuka Hijau	50
5.	Industri	70
6.	Pemerintahan dan Fasilitas Umum	60
7.	Rekreasi	70
8.	Khusus	
	• Bandar udara	
	• Stasiun kereta api	
	• Pelabuhan laut	60
	• Cagar budaya	70
	Lingkungan Kegiatan	
1.	Rumah Sakit atau sejenisnya	55
2.	Sekolah atau sejenisnya	55
3.	Tempat ibadah atau sejenisnya	55

Sumber: Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 48, 1996

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 tentang Kesehatan Lingkungan, dalam melakukan pencegahan kebisingan ditetapkan kriteria kebisingan berdasarkan kawasan sebagai berikut:

Tabel 2. Baku Mutu Kebisingan Kawasan

No	Parameter Kebisingan	Baku Mutu
1	Perumahan dan Pemukiman	55 dBA
2	Perdagangan dan Jasa	70 dBA
3	Perkantoran	65 dBA
4	Ruang Terbuka Hijau	50 dBA
5	Industri	70 dBA
6	Pemerintahan dan Fasilitas Umum	60 dBA
7	Tempat Rekreasi	70 dBA
8	Stasiun Kereta Api	60 dBA
9	Pelabuhan Laut	70 dBA
10	Rumah Sakit dan Sejenisnya	55 dBA
11	Sekolah dan Sejenisnya	55 dBA
12	Tempat Ibadah atau Sejenisnya	55 dBA

Sumber: Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023

1.6.7 Dampak Kebisingan

Kebisingan dapat menimbulkan beberapa dampak diantaranya gangguan komunikasi, gangguan psikologis, gangguan tidur, dan stres. World Health Organization (WHO) pada tahun 2015 menjelaskan paparan kebisingan yang berlebihan dalam jangka waktu lama, baik secara terus menerus maupun hanya sesekali namun dengan intensitas yang tinggi dapat menyebabkan penurunan hingga kerusakan fungsi pendengaran yang disebut ketulian atau Noise Induced Hearing Loss (NIHL). Gejala ketulian biasanya muncul secara perlahan dan akan semakin buruk ketika terus-menerus terpapar kebisingan.

Menurut (Tigor dalam Sampouw, 2023) terdapat dua jenis dampak kebisingan pada manusia, yaitu:

1. Dampak auditorial

Dampak auditorial terbagi menjadi tingkat keparahan tertentu yaitu bersifat sementara dan dapat disembuhkan *Temporary Treshold Shift* (TTS) dan sifat permanen *Permanent Treshold Shift* (PTS). (Salami, 2015) menjelaskan bahwa efek kebisingan di tempat kerja atau industri dapat menyebabkan kerusakan pendengaran diantaranya, yaitu:

a. Ketulian

Kerusakan pendengaran jenis ini terjadi secara mekanis karena terhalangnya transmisi suara untuk sampai ke bagian dalam telinga yang biasa disebut dengan istilah *conductive hearing loss* dimana terjadinya kerusakan sel-sel rambut pada koklea yang terdapat di bagian dalam telinga

b. Noise Induced Hearing Loss (NIHL)

Gejala NIHL dapat dikenali dengan adanya penurunan kemampuan masyarakat untuk mendengarkan suara karena terlalu sering mendengarkan suara dengan frekuensi tinggi dalam waktu yang lama. Apabila telah ada gejala yang timbul dapat dilakukan penanganan sebelum terlambat yang dapat berakibat turunya fungsi pendengaran secara keseluruhan.

c. Tinnitus

Tinnitus merupakan suatu gejala awal turunya fungsi pendengaran. Gejala yang dapat dikenali adalah adanya sensasi desis, dengung atau dentang pada pendengaran yang terjadi ketika terpapar kebisingan dengan intensitas tinggi.

d. Gangguan komunikasi

Kebisingan di tempat kerja dapat mengganggu komunikasi. Tingkat suara yang diterima 10 dB lebih tinggi daripada tingkat suara sekitar dapat membuat komunikasi berjalan lancar.

2. Dampak non-auditorial

a. Gangguan fisiologis

Menurut Departemen Kesehatan RI (2003) banyak gangguan dapat disebabkan oleh kebisingan frekuensi tinggi, terutama pada kebisingan dengan intensitas terputus-putus dan tiba-tiba. Beberapa dampak yang dapat ditimbulkan yaitu peningkatan tekanan darah, denyut jantung, dan pembentukan pembuluh darah

kecil terutama pada tangan dan kaki, serta dapat menyebabkan pucat dan gangguan sensoris

b. Gangguan psikologis

Paparan kebisingan secara terus-menerus merupakan salah satu sumber stres di tempat kerja yang dapat mempengaruhi kinerja karyawan. Jika gangguan tidak ditangani dapat menyebabkan kesulitan berkonsentrasi dan tidur, mudah marah, kepala pusing, dan cepat lelah.

1.6.8 Pengukuran Kebisingan

Pengukuran kebisingan dilakukan untuk mengetahui intensitas dan frekuensi kebisingan di lokasi tertentu. Standar yang digunakan untuk melakukan pengukuran kebisingan lingkungan terdapat pada Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 48 Tahun 1996, dijelaskan bahwa pengukuran sampel kebisingan dilakukan selama 10 menit dalam periode 24 jam yang terbagi menjadi pengukuran pada Ls (kebisingan siang hari), Lm (kebisingan malam hari), dan Lsm (kebisingan siang dan malam hari) (Zuherman, 2023).

Waktu pengukuran 24 jam dilakukan dengan cara pada siang hari tingkat aktivitas paling tinggi selama 16 jam (Ls) yaitu pada selang waktu 06.00 – 22.00 dan aktivitas malam hari selama 8 jam (Lm) pada selang waktu 22.00 – 06.00. setiap pengukuran harus dapat mewakili selang waktu tertentu dengan menetapkan paling sedikit 4 waktu pengukuran pada siang hari dan 3 waktu pengukuran pada malam hari sebagai contoh:

- L1 diambil pada jam 07.00 mewakili jam 06.00 – 09.00
- L2 diambil pada jam 10.00 mewakili jam 09.00 – 11.00
- L3 diambil pada jam 15.00 mewakili jam 14.00 – 17.00
- L4 diambil pada jam 20.00 mewakili jam 17.00 – 22.00
- L5 diambil pada jam 23.00 mewakili jam 22.00 – 24.00
- L6 diambil pada jam 01.00 mewakili jam 24.00 – 03.00
- L7 diambil pada jam 04.00 mewakili jam 03.00 – 06.00

Berdasarkan SNI 8427:2017 penentuan titik lokasi pengukuran pada perumahan dapat dikategorikan berdasarkan sumber kebisingan. Adapun sumber bising yang dimaksud dapat berupa dinamis dari kendaraan dan juga statis seperti kawasan industri. Pada pengambilan sampel kebisingan untuk perumahan dan pemukiman dengan sumber bising dinamis dilakukan penentuan titik berdasarkan keterwakilan dari sumber bising utama. Adapun penentuan titik pengukuran dapat mengambil contoh

- Lokasi di halaman rumah yang terletak berhadapan langsung dengan jalan raya utama di luar kompleks perumahan
- Lokasi di halaman rumah yang terletak pada jalan utama kompleks perumahan
- Lokasi di halaman rumah yang terletak bukan pada jalan utama kompleks perumahan

1.6.9 Perhitungan Kebisingan

Perhitungan kebisingan dapat dianalisis dengan cara membuat distribusi frekuensi/tabel frekuensi dan menganalisis tingkat kebisingan dalam angka penunjuk seperti di bawah ini.

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.

- a. Jangkauan atau range adalah selisih nilai terbesar dengan nilai terkecil.

Dimana:

$$R = \text{Data max} - \text{Data min} \quad (1)$$

Data max = Data nilai terbesar

Data min = Data nilai terkecil

- b. Banyaknya kelas

$$k = 1 + 3,3 \log (n) \quad (2)$$

- c. Interval adalah data yang diperoleh dengan cara pengukuran, dimana jarak antara dua titik skala sudah diketahui. Interval dapat dianalisis dengan menggunakan persamaan

$$I = \frac{\text{max-min}}{k} = \frac{r}{k} \quad (3)$$

Dimana:

I = Interval

max = Nilai maximum data

min = Nilai minimum data

k = Banyaknya interval kelas

- d. Tanda kelas adalah titik tengah interval kelas. Tanda kelas diperoleh dengan cara membagi dua jumlah dari batas bawah dan batas atas suatu interval kelas, seperti pada persamaan

$$\text{titik tengah} = \frac{BB+BA}{2} \quad (4)$$

Dimana:

BB = Batas bawah suatu interval kelas

BA = Batas atas suatu interval kelas

2. Tingkat Kebisingan dalam Angka Penunjuk

Pengukuran dengan sistem angka penunjuk yang paling banyak digunakan adalah angka penunjuk ekivalen (*equivalent index* (Leq)). Angka penunjuk ekivalen adalah tingkat kebisingan yang berubah-ubah (fluktuatif) yang diukur selama waktu tertentu dan besarnya setara dengan tingkat kebisingan tunak (*steady*) yang diukur pada selang waktu yang sama.

Sistem angka penunjuk yang banyak dipakai adalah angka penunjuk presentasi. Sistem pengukuran ini menghasilkan angka tunggal yang menunjukkan presentasi tertentu dari tingkat kebisingan yang muncul selama waktu tersebut. Presentasi yang mewakili tingkat kebisingan minoritas adalah yang muncul 10% dari keseluruhan

data (Leq_{90}) dan tingkat kebisingan mayoritas yang muncul adalah 99% dari keseluruhan data (Leq_1). Persentase rata-rata kebisingan yang muncul selama periode pengukuran diwakili oleh Leq_{50} . Khusus pada jalan raya Leq_{90} menampilkan kebisingan latar belakang yaitu kebisingan yang banyak terjadi dan Leq_{10} menampilkan kebisingan maksimum yang terjadi (Halim et al., 2022)

a. Leq_{90}

Tingkat kebisingan mayoritas yang muncul adalah 10% dari data pengukuran (Leq_{90}) dengan persamaan

$$\text{Nilai } A = 10\% \times N \quad (5)$$

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

10%= hasil pengurangan dari 100%

N= jumlah data keseluruhan

$$\text{Nilai } Leq_{90} \text{ awal} = I (B_0) + (B_1) X = 0,1 \times I \times 100 \quad (6)$$

Dimana:

I = interval data

X= jumlah data yang tidak diketahui

B_0 = jumlah persen sebelum 90

B_1 = % setelah 90

$$Leq_{90} = I_0 + X \quad (7)$$

Dimana:

I_0 = interval akhir

b. Leq_{50}

Tingkat kebisingan yang muncul adalah 50% dari data pengukuran (Leq_{50}) dengan persamaan

$$\text{Nilai } A = 50\% \times N \quad (8)$$

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

50%= hasil pengurangan dari 100%

N= jumlah data keseluruhan

$$\text{Nilai } Leq_{50} \text{ awal} = I (B_0) + (B_1) X = 0,5 \times I \times 100 \quad (9)$$

Dimana:

I = interval data

X= jumlah data yang tidak diketahui

B_0 = jumlah persen sebelum 50

B_1 = % setelah 50

$$Leq_{50} = I_0 + X \quad (10)$$

Dimana:

I_0 = interval akhir

c. Leq_{10}

Tingkat kebisingan mayoritas yang muncul adalah 90% dari data pengukuran (Leq_{10}) dengan persamaan

$$\text{Nilai } A = 90\% \times N \quad (11)$$

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

90%= hasil pengurangan dari 100%

N= jumlah data keseluruhan

$$\text{Nilai } Leq_{10} \text{ awal} = I (B_0) + (B_1) X = 0,9 \times I \times 100 \quad (12)$$

Dimana:

I = interval data

X= jumlah data yang tidak diketahui

B₀ = jumlah persen sebelum 10

B₁ = % setelah 10

$$Leq_{10} = I_0 + X \quad (13)$$

Dimana:

I₀= interval akhir

d. Leq₁

Tingkat kebisingan mayoritas yang muncul adalah 90% dari data pengukuran (Leq₁) dengan persamaan

$$\text{Nilai } A = 90\% \times N \quad (14)$$

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

99%= hasil pengurangan dari 100%

N= jumlah data keseluruhan

$$\text{Nilai } Leq_{10} \text{ awal} = I (B_0) + (B_1) X = 0,99 \times I \times 100 \quad (15)$$

Dimana:

I = interval data

X= jumlah data yang tidak diketahui

B₀ = jumlah persen sebelum 1

B₁ = % setelah 1

$$Leq_1 = I_0 + X \quad (16)$$

Dimana:

I₀= interval akhir

e. Laeq

$$LAeq = Leq_{50} + 0,43 (Leq_1 - Leq_{50}) \quad (17)$$

Keterangan:

Leq = tingkat kebisingan ekuivalen

Leq₅₀ = angka penunjuk kebisingan 50%

Leq₁ = angka penunjuk kebisingan 1%

f. Leq Day

$$Leq \text{ day} = 10 \times \log(10) \times \left(\frac{1}{\text{jam/hari}} \right) \times 10^{(laeq_{10} \frac{1}{10})} + 10^{(laeq_{10} \frac{2}{10})} \quad (18)$$

1.6.10 Program *SoundPLAN*

SoundPLAN merupakan sebuah perangkat lunak yang digunakan dalam memprediksi, menilai, dan memetakan sebaran suara khususnya kebisingan yang dikembangkan sejak tahun 1986. Pada awalnya program *SoundPLAN* hanya bisa digunakan untuk memprediksi kebisingan lingkungan. Seiring berjalannya waktu, *SoundPLAN* terus dikembangkan hingga memiliki modul yang dapat digunakan untuk memprediksi suara pada aplikasi yang lain, misalnya pada kebisingan gedung dan kebisingan akustik ruangan. Pemetaan sebaran kebisingan digunakan untuk memastikan suatu wilayah bebas dari batas kebisingan. Seorang perencana dapat menguji skenario dan mengevaluasi bagaimana opsi terbaik untuk mengurangi kebisingan yang berlebihan pada wilayah tertentu untuk melindungi masyarakat ataupun pekerja dari efek bahaya kebisingan.

Perangkat *SoundPLAN* dapat mengidentifikasi beberapa indikator seperti sumber kebisingan, bentuk gedung, objek barrier, nilai kebisingan, jarak antara bangunan dan penyebaran kebisingan sehingga bentuk keluaran dari perangkat ini dapat berupa pemetaan sebaran kebisingan. *SoundPLAN* terhubung dengan *Open Street Map* pada *Google Maps* yang dapat digunakan sebagai masukan untuk gambaran peta, elevasi dan data geometri sehingga dapat digunakan untuk memodelkan pemetaan dengan visualisasi yang lebih akurat (Zuherman, 2023).

1.6.11 Pemodelan Prediksi Tingkat Kebisingan

Dalam memprediksi tingkat kebisingan pada suatu lokasi atau kawasan digunakan model tertentu tanpa melakukan pengukuran langsung.

1. Model ASJ-RTN:2018

Model ASJ-RTN merupakan pemodelan prediksi kebisingan yang dikembangkan oleh *Accoustical Society of Japan*. Model ASJ-RTN telah digunakan secara luas pada penelitian kebisingan oleh sumber jalan selama bertahun-tahun. Selain itu konsep ini juga terus dikembangkan untuk meningkatkan akurasi prediksi dan memperluas cakupan penerapannya. Perkembangan model ASJ-RTN telah mengalami banyak perubahan sejak 1998. Kegiatan penelitian yang lebih lanjut terus dilakukan dalam rangka peningkatan hasil prediksi adapun model yang telah dikembangkan diantaranya ASJ-RTN Model 2003, ASJ-RTN Model 2008, ASJ RTN-Model 2013, ASJ RTN-Model 2018.

Pada dasarnya setiap model yang baru merupakan pengembangan dari revisi model yang telah ada sebelumnya. Pada ASJ-RTN Model 2018 terpadat sedikit perubahan pada bagian klasifikasi kendaraan dan penambahan pilihan jenis perkerasan jalan yang dapat digunakan yaitu jenis aspal bergradasi campuran yang disebut Koukinou II. Selain itu indikator-indikator yang dipertimbangkan dalam penggunaan ASJ-RTN 2018 seperti klasifikasi kendaraan, jenis perkerasan jalan, ruas jalan khusus, kebisingan akibat struktur jembatan, dan kebisingan di belakang bangunan atau di belakang kompleks bangunan (Sakamoto, 2020).

Sumber kebisingan pada ASJ-RTN Model 2018 bersumber dari klasifikasi kendaraan pada jalan raya. Klasifikasi kategori kendaraan pada model ini mengutamakan karakteristik radiasi kebisingan tiap jenis kendaraan sehingga kekuatan kebisingan kendaraan dapat didapatkan melalui persamaan

$$Lwa = a + b \log V \quad (19)$$

Pada persamaan di atas nilai V diwakili oleh kecepatan kendaraan dan nilai a dan b dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3. Nilai a dan b klasifikasi jenis kendaraan

Vehicle	Steady traffic flow section (40 V 140 km/h)		Non-steady traffic flow section (10 V 60 km/h)	
	a	b	a	b
Light Vehicle	45,8	30	82,3	10
Heavy Vehicle	52,2	30	88,8	10
Motorcycle	49,6	30	85,2	10

Sumber: Sakamoto (2020)

2. Model FTA:2018

Kebisingan dan getaran terkadang merupakan salah satu kekhawatiran utama mengenai dampak proyek transportasi terhadap masyarakat sekitar dan menjadi salah satu elemen penilaian dampak lingkungan untuk proyek transportasi umum. Sistem transportasi yang seringkali di tempatkan di dekat pusat populasi karena menjadi kebutuhan masyarakat luas dapat menyebabkan kebisingan di sekitar pemukiman terdekat. Berangkat dari hal tersebut *Federal Transit Administration* (FTA) dan *Federal Highway Administration* (FHWA) mengembangkan model dan panduan penilaian kebisingan.

Model FTA:2018 merupakan pemodelan prediksi kebisingan yang dikembangkan oleh *Federal Transit Administration*, Departemen Transportasi Pemerintahan Amerika Serikat. Pemodelan prediksi kebisingan yang dikembangkan oleh FTA digunakan untuk jalur kereta api, jalur bus, jalur lalu lintas, jalan raya, perkantoran dan pemukiman. Model yang dikembangkan oleh FTA memenuhi kriteria untuk prediksi tingkat kebisingan jalur kereta api dengan kondisi lingkungan yang kompleks (Antoinette Quagliata, Meghan Ahearn, 2018).

1.6.12 Analisa Regresi

Analisa regresi merupakan suatu proses statistik untuk mengestimasi hubungan antara variabel-variabel, yaitu berupa teknik-teknik memodelkan dan melakukan analisis beberapa variabel atas dasar bentuk hubungan antara satu variabel tak bebas dan satu atau lebih variabel bebas, (Amstrong, 2012). Berdasarkan teori dasar akustik menyebutkan bahwa suatu intensitas bunyi atau tekanan bunyi diukur menggunakan skala logaritma dengan satuan desibel (dBA). Skala logaritma dibutuhkan karena sensasi pendengaran manusia mempunyai rentang intensitas bunyi yang sangat lebar. Intensitas bunyi yang sampai ke pendengaran dipengaruhi oleh jarak titik dari sumber bunyi dan konstanta akustik. Hasil dari pengukuran yang

dilakukan terhadap koordinat titik pengukuran dimodelkan dengan model (Hidayat, E.P; Purwonugroho, 2012)

Menurut Wardika dalam (Rahma, 2020) Regresi adalah metode pengukuran hubungan dua variabel atau lebih yang dinyatakan dengan bentuk hubungan atau fungsi. Untuk menentukan bentuk hubungan (regresi) diperlukan pemisahan antara variabel bebas (X) dan variabel tak bebas (Y). Regresi dapat dinyatakan sebagai fungsi bentuk regresi tergantung pada fungsi yang menunjangnya atau tergantung persamaannya. Persamaan umum regresi logaritma yaitu:

$$y = f(x) \quad (20)$$

$$y = a + b(x) \quad (21)$$

Dalam persamaan regresi terdapat *multiple R*. *multiple R* adalah ukuran untuk mengukur tingkat (keeratan) hubungan linear antara variabel terikat dengan variabel bebas. Menurut Sugiyono (2013) terdapat kriteria *multiple R* yang dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 4. Kriteria Analisa Regresi

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,00 – 0,199	Sangat Lemah
0,20 – 0,399	Lemah
0,40 – 0,599	Sedang
0,60 – 0,799	Kuat
0,80 – 1,00	Sangat Kuat

Sumber: Sugiyono (2013)

1.6.13 Uji Normalitas

Uji normalitas adalah salah satu metode uji yang digunakan untuk mengetahui data yang akan dianalisis berdistribusi normal atau tidak sehingga selanjutnya dapat dilakukan pemilihan metode analisis yang sesuai (Suardi, 2019). Secara fundamental, data yang terdistribusi normal dapat digunakan dua metode yaitu;

1. Uji Kolmogorov-Smirnov

Uji ini dilakukan untuk mengetahui sebaran data acak dan spesifik pada suatu populasi. Pengujian yang dilakukan biasanya digunakan pada sampel-sampel besar dimana uji Kolmogorov-Smirnov menghasilkan performa yang baik sehingga disarankan menggunakan uji ini untuk data di atas 50 sampel. Dalam pengujian data dikatakan terdistribusi normal apabila nilai signifikansi $> 0,05$ (sig $> 0,05$) dan tidak normal apabila nilai signifikansi $< 0,05$ (sig $< 0,05$).

2. Uji Shapiro Wilk

Uji normalitas menggunakan *Shapiro Wilk* adalah uji yang dilakukan untuk mengetahui sebaran data acak suatu sampel kecil sehingga disarankan untuk menggunakan uji Shapiro Wilk untuk sampel data kurang dari 50. Dalam pengujian suatu data dikatakan terdis terdistribusi normal apabila nilai signifikansi $> 0,05$ (sig $> 0,05$) dan tidak normal apabila nilai signifikansi $< 0,05$ (sig $< 0,05$).

1.6.14 Uji *Paired Sample T-Test*

Uji *paired sample test* atau sering disebut uji t sampel berpasangan. Uji *paired sample test* untuk data berpasangan membandingkan dua variabel untuk suatu grup sampel tunggal. Kriteria data uji *paired sample test* adalah data untuk tiap pasang yang diuji dalam skala interval atau rasio dan yang terdistribusi normal. Adapun pedoman pengambilan keputusan dalam uji *paired sample test* berdasarkan nilai signifikansi sebagai berikut.

1. Jika nilai signifikansi (*Sig.*) < 0,05 maka terdapat perbedaan yang signifikan dalam suatu data yang berarti terdapat pengaruh.
2. Jika nilai signifikansi (*Sig.*) > 0,05 maka tidak terdapat perbedaan yang signifikan dalam suatu data yang berarti tidak ada pengaruh

1.6.15 Uji *Root Mean Square Error*

Uji *Root Mean Square Error* atau lebih dikenal dengan uji RMSE merupakan suatu metode pengujian yang paling sering digunakan untuk menguji data faktual dan data ramalan. Menurut Mahmud et al (2017) uji RMSE dilakukan untuk validasi data antara hasil perhitungan tingkat kebisingan dan hasil prediksi tingkat kebisingan. Metode uji RMSE menggunakan persamaan matematis untuk melihat nilai kuadrat rata-rata antara data faktual dan data ramalan. Persamaan RMSE dapat dilihat sebagai berikut

$$RMSE = \frac{\sqrt{\sum(Y-Y_i)^2}}{n} \quad (22)$$

1.6.16 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya terkait tingkat kebisingan kereta api pada kawasan permukiman yang telah dirangkum oleh penulis sebagai berikut:

Tabel 5. Penelitian Terdahulu

Penulis			Judul		Rangkuman
Farhan (2024)	Nuha	Afif	Analisis Tingkat Kebisingan Lingkungan di Stasiun Kereta Api Tugu Daerah Istimewa Yogyakarta		Penelitian yang dilakukan memilih titik pengukuran sebanyak 5 titik mengacu pada SNI 8247:2017. Pengambilan sampel dapat diwakilkan minimal 7 data selama 24 jam (Lsm), pengukuran siang hari (Ls) dari jam 06.00-22.00 mewakili L1- L4 selanjutnya pengukuran malam hari (Lm) dari jam 22.00-06.00 mewakili L5-L7. Pada pengujian ini besarnya intensitas kebisingan yang didapat dari perhitungan Lsm berada diatas ambang batas di semua titik pengukuran sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia nomor 2 tahun 2023 untuk pengukuran udara ambien dan Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 2011 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Faktor Kimia di Tempat Kerja untuk pengukuran area kerja. Pola kontur kebisingan berdasarkan analisis software surfer menunjukkan intensitas bising tertinggi berada di Pintu Timur Stasiun Tugu sebesar 78,04 dBA, sedangkan intensitas kebisingan terendah berada di Parkiran Barat sebesar 70,07 dBA.
Nur Zuherman (2023)	Insyani		Pengaruh Kebisingan Terhadap Kenyamanan Masyarakat Sekitar Rel Kereta Api (Studi Kasus: Rel Kereta Api Mall Boemi Kedaton dan Hos Cokroaminoto		Tingkat kebisingan maksimum kereta api tertinggi di lokasi 1 sebesar 89,56 dBA dan lokasi 2 sebesar 87,01 dBA. Tingkat kebisingan siang dan malam hari (Lsm) lokasi 1 sebesar 67,18 dBA dan lokasi 2 sebesar 64,5 dBA. Nilai kebisingan yang didapat melebihi baku tingkat kebisingan pada KMNLH nomor 48 tahun 1996, yaitu sebesar 55 dB. Hal ini menyebabkan gangguan kesehatan masyarakat yang cukup serius, seperti gangguan tidur, stress, hipertensi bahkan ketulian. Oleh karena itu, diperlukan solusi untuk mengurangi kebisingan dengan

Penulis	Judul	Rangkuman
Stefanus Martin Sampouw (2023)	Perencanaan Reduksi Kebisingan Lingkungan di Permukiman Bantaran Rel Kereta Api Kelurahan Tambun & Kelurahan Mekarsari, Kecamatan Tambun Selatan, Kabupaten Bekasi Akibat Aktivitas Kereta Api	membuat peredam atau <i>Noise Barrier</i> secara alami dan buatan. Pemetaan kebisingan dengan menggunakan <i>software soundPLAN</i> Berdasarkan penelitian yang dilakukan didapat nilai kebisingan 97,8 dBA – 100,3 dBA pada jarak 2,5 meter, 94,1 dBA - 95,6 dBA pada jarak 5 meter, 88,4 dBA – 90 dBA pada jarak 10 meter, 82,7 dBA – 86,1 dBA pada jarak 15 meter. Semakin dekat permukiman dengan sumber bising, maka intensitas paparan kebisingan akan semakin tinggi. Oleh karena itu direncanakan pengendali bising berupa instalasi <i>noise barrier</i> dengan material aluminium ketebalan 6.35 mm. <i>Noise barrier</i> direncanakan terletak 1,5 meter dari sumber bising dan memiliki tinggi 3,5 meter. <i>Noise barrier</i> mampu mereduksi kebisingan dengan mendapatkan nilai <i>Transmission Loss</i> sebesar 11,239 dBA dan nilai atenuasi sebesar 10,7 dBA
Hasto Wondo Susilo & Aditya Mahatidanar Hidayat (2023)	Analisis Tingkat Kebisingan Kereta Api Babaranjang dan Persepsi Masyarakat di Area Pemukiman Kota Bandar Lampung	Pada penelitian ini menunjukkan tingkat Kebisingan Siang Malam Hari (Lsm) pada permukiman yang berjarak 15 m dari jalur rel adalah sebesar 69.53 dBA. Tingkat Kebisingan Siang Malam Hari (Lsm) pada permukiman yang berjarak 30 m dari jalur kereta api adalah sebesar 66.03 dBA. Tingkat Kebisingan Siang Malam Hari (Lsm) pada permukiman yang berjarak 60 m dari jalur kereta api adalah sebesar 62.73 dBA. Sedangkan pada pemukiman yang berada pada jarak 90 meter dari rel adalah sebesar 60.74 dBA. Nilai ini melampaui baku tingkat kebisingan yang ditetapkan dalam SK Menteri Lingkungan Hidup No. Kep-48/MENLH/11/1996, tentang Baku Tingkat Kebisingan, yaitu 55 dBA dengan toleransi 3 dBA
Sukma Rahma (2020)	Laksita Analisis Kebisingan Akibat Perlintasan Kereta Api di Area Pemukiman	Hasil penelitian menunjukkan tingkat kebisingan pada lokasi penelitian diantaranya; Lokasi dengan <i>barrier</i> tembok memiliki kebisingan sebesar 119,27 dBA. Lokasi dengan rambu palang memiliki kebisingan sebesar 128,63 dBA. Lokasi tanpa penghalang di Surabaya memiliki kebisingan sebesar 107,67 dBA. Lokasi tanpa penghalang di Nganjuk memiliki kebisingan sebesar 129,21 dBA.

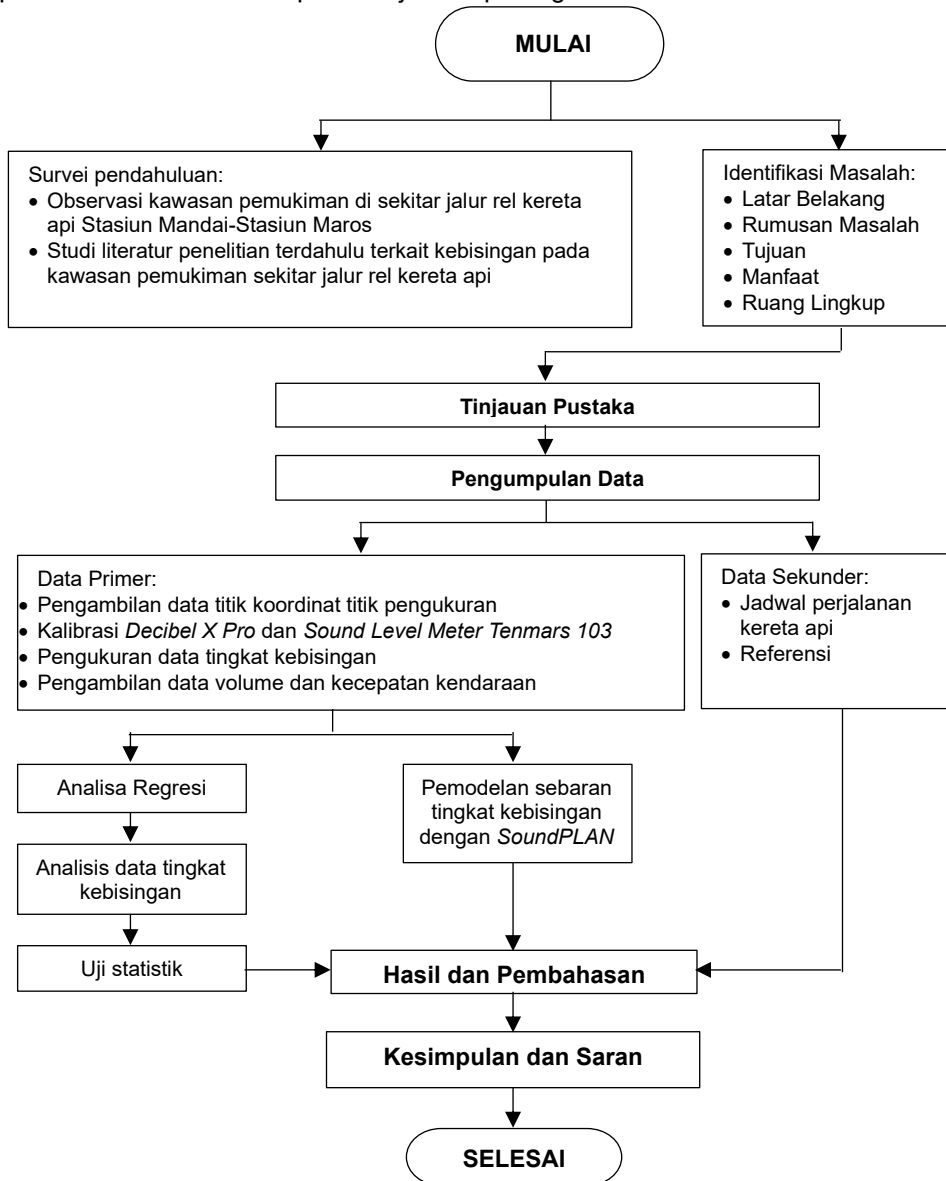
Penulis	Judul	Rangkuman
Fahrudin Ahmad & Agus Margiantono (2021)	Analisis Kebisingan Lingkungan Pada Lintasan Kereta Api Double Track "Stasiun Alastuo-Jamus"	Acuan mitigasi yang dipilih menggunakan pemasangan <i>barrier</i> buatan berupa penghalang yang mampu mereduksi kebisingan antara 15 – 30 dBA, atau dengan pemasangan jendela berkaca ganda atau <i>triple</i> pada masing-masing rumah penduduk yang mampu mereduksi 15 dBA.
Achmad (2020)	Studi Pengaruh Kebisingan Terhadap Pemukiman di Jalur Kereta Api Antara Stasiun Yogyakarta – Stasiun Maguwo	Pada penelitian ini pengujian dilakukan pada dua waktu yaitu siang dan malam, hasil dari pengujian di rata-rata kemudian dibandingkan dengan baku standart mutu sesuai dengan kepMenLH no.48 tahun 1996. Selain itu untuk mengetahui mitigasi yang dapat dilakukan setelah melakukan pengujian kebisingan di jalur double track tersebut. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa intensitas kebisingan yang berada pada sisi kanan dan kiri rel double track masih diatas standart baku nilai ambang kebisingan sesuai dengan Kepmen LH no 48 tahun 1996 (80 dB)
Zahidah Mahroini (2019)	Persebaran Tingkat Kebisingan Kereta Api dan Upaya Masyarakat Menghadapi Kebisingan di Pemukiman Rel Kereta Api Kelurahan Kelintang Gayungan Kota Surabaya	Data tingkat kebisingan yang diperoleh menunjukkan bahwa 100% data melewati baku mutu kebisingan yang ditetapkan oleh KepMenLH No. 48 Tahun 1996 untuk kawasan pemukiman sebesar 55 dB. Hasil uji regresi untuk radius 0 – 50 m menunjukkan bahwa adanya pengaruh sebesar 74% (<i>Adjusted R Square</i> , 0,914), sedangkan nilai uji regresi radius 50 – 100 m menunjukkan adanya pengaruh sebesar 69% (<i>Adjusted R Square</i> , 0,914). Dari hasil pengurangan tingkat kebisingan tanpa kereta api dengan menggunakan <i>barrier</i> yang paling efektif untuk mengurangi tingkat kebisingan adalah pengurangan <i>barrier</i> yang menggunakan material <i>brick</i> atau bata

Penulis	Judul	Rangkuman
Fresi Yulian Putri Tias Aji (2017)	Analisa Kebisingan Lingkungan Akibat Kereta Api pada Pemukiman yang di lewati Jalur <i>Double Track</i>	72.06 dB (A) sedangkan pada jarak 6 meter antara 71.1-65.15 dB(A). Waktu malam hari pada jarak 3 meter antara 70.69-68.23 dB(A) sedangkan pada jarak 6 meter antara 67.69-61.59 dB(A). Upaya yang dilakukan oleh mayoritas responden adalah berhenti sejenak saat kereta melintas Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tingkat kebisingan siang malam (Lsm) pada pemukiman yang berjarak 15 m dari jalur rel adalah sebesar 69 dBA. Sedangkan pada pemukiman yang berada pada jarak 11 meter dari rel adalah sebesar 70-72 dBA. Nilai ini melampaui baku tingkat kebisingan, yaitu 55 dBA dengan toleransi 3 dBA. Dari hasil simulasi, Lsm di pemukiman akan turun menjadi 58 dBA pada jarak 180 m tanpa diberi penghalang (<i>barrier</i>). Pemasangan penghalang (<i>barrier</i>) pada jarak 1,5 m dari rel, setinggi 4 m dengan material "<i>cinder concrete</i>" dapat mereduksi tingkat kebisingan menjadi 58 dBA
Dedik Tri Istiantara	Analisis Tingkat Kebisingan Stasiun Kereta Api (Studi Kasus di Stasiun Madiun dan Yogyakarta)	Pada penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat kebisingan dan melihat hubungannya dengan tingkat stres kerja terhadap karyawan PT Kereta Api Indonesia (Persero). Tingkat Kebisingan Siang Malam Hari (Lsm) pada permukiman yang berjarak 15 m dari jalur rel adalah sebesar 69.53 dBA. Tingkat Kebisingan Siang Malam Hari (Lsm) pada permukiman yang berjarak 30 m dari jalur kereta api adalah sebesar 66.03 dBA. Tingkat Kebisingan Siang Malam Hari (Lsm) pada permukiman yang berjarak 60 m dari jalur kereta api adalah sebesar 62.73 dBA. Sedangkan pada pemukiman yang berada pada jarak 90 meter dari rel adalah sebesar 60.74 dBA. Nilai ini melampaui baku tingkat kebisingan yang ditetapkan dalam SK Menteri Lingkungan Hidup No. Kep-48/MENLH/11/1996, tentang Baku Tingkat Kebisingan, yaitu 55 dBA dengan toleransi 3 dBA

BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Kerangka Penelitian

Adapun kerangka pikir penelitian analisis tingkat kebisingan pada kawasan pemukiman sekitar rel dapat ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 1. Kerangka Pikir Penelitian

2.2 Rancangan Penelitian

Penelitian analisis tingkat kebisingan di kawasan pemukiman sekitar jalur rel kereta api stasiun mandai dilakukan di pemukiman Griya Sinar Cendana yang berada di Dusun Ongkoe, Desa Tellumpocoe, Kecamatan Mandai, Kabupaten Maros. Penelitian dilakukan dengan beberapa tahapan dimulai dengan studi literatur terkait penelitian terdahulu dan studi pendahuluan untuk melakukan observasi pada pemukiman-pemukiman yang tersebar di kawasan jalur kereta api. Namun pemukiman ini yang berada paling dekat dan padat dari jalur kereta api pada Kabupaten Maros. Selain itu pada lokasi ini terdapat perlintasan jalan yang memotong jalur kereta api sehingga memungkinkan aktivitas kendaraan yang cukup padat di daerah tersebut.

Penelitian dimulai dengan penentuan titik lokasi dan pengambilan titik koordinat kemudian dilanjutkan dengan pengukuran tingkat kebisingan. Pengukuran tingkat kebisingan berlangsung selama 3 hari dengan 6 titik lokasi pengukuran yang dilakukan serentak baik pengukuran saat kereta tidak melintas dan saat kereta melintas menggunakan aplikasi *Decibel X Pro*. Metode pengukuran kebisingan dilakukan berdasarkan SNI 8427:2017 tentang pengukuran kebisingan lingkungan. Selain pengukuran tingkat kebisingan dilakukan pengukuran volume kendaraan dan jumlah klakson menggunakan aplikasi *traffic counter*, serta pengukuran kecepatan kendaraan yang melalui titik pengukuran selama pengukuran berlangsung menggunakan *speed gun*.

Pengambilan data berlangsung selama 10 menit saat kereta tidak melintas dan 1 menit saat kereta melintas. Pengukuran saat kereta melintas dilakukan berdasarkan sampainya muka gerbong kereta pada patok yang telah ditentukan dan berakhirnya gerbong pada patok selanjutnya, dimana jarak antar patok tersebut adalah 100 meter. Pembacaan nilai kebisingan adalah setiap detik sehingga diperoleh 600 data dan 60 data yang selanjutnya akan dianalisis untuk membandingkan tingkat kebisingan yang diperoleh dan baku mutu yang telah ditetapkan

2.3 Waktu dan Lokasi Penelitian

2.3.1 Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan dalam rentang waktu 3 hari yang dimulai pada 11 -13 Juli 2024. Pengambilan data dilakukan hari Kamis dan jum'at yang mewakili hari kerja serta hari Sabtu sebagai hari libur. Penentuan waktu didasarkan oleh hasil wawancara masyarakat sekitar yang dominan beraktifitas pada hari kerja. Adapun hari pengukuran dapat didefinisikan sebagai berikut

- Hari 1 adalah hari Kamis, 11 Juli 2024 yang mewakili hari kerja
- Hari 2 adalah hari jum'at, 12 Juli 2024 yang mewakili hari kerja
- Hari 3 adalah hari Sabtu, 13 Juli 2024 yang mewakili hari libur

Pengukuran data kebisingan dilakukan selama aktivitas 16 jam dimana setiap pengukuran mewakili rentang waktu tertentu pada saat tidak ada kereta yang melintas. Adapun waktu pengambilan data adalah sebagai berikut:

- L1 diukur pada pagi hari interval pukul 06.00–09.00 WITA diwakili oleh pukul 07.00 WITA
- L2 diukur pada siang hari interval pukul 09.00–14.00 WITA diwakili oleh pukul 10.00 WITA
- L3 diukur pada sore hari interval pukul 14.00–17.00 WITA diwakili oleh pukul 15.00 WITA
- L4 diukur pada malam hari interval pukul 17.00–20.00 WITA diwakili oleh pukul 19.00 WITA

Pengukuran data kebisingan yang mewakili saat adanya kereta melintas dilakukan sesuai dengan jadwal kereta melintas di titik lokasi pengukuran. Dalam satu hari terdapat 4 jadwal kereta yang melintasi titik pengukuran. Waktu pengambilan data saat kereta melintas disesuaikan saat kereta tepat melintas pada lokasi titik pengukuran. Waktu pengukuran saat kereta melintas adalah sebagai berikut:

- K1 diukur pada pagi hari pukul 08.21 WITA
- K1 diukur pada siang hari pukul 12.39 WITA
- K1 diukur pada siang hari pukul 13.51 WITA
- K1 diukur pada malam hari pukul 18.09 WITA

2.3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di pemukiman sekitar Stasiun kereta api Mandai yang secara administratif terletak di Desa Tellumpoccoe, Kecamatan Mandai, Kabupaten Maros, provinsi Sulawesi Selatan. Lokasi penelitian dipilih setelah melaksanakan survei pendahuluan yang mengidentifikasi padatnya pemukiman dan jarak rumah yang cukup dekat dari rel kereta api dibandingkan pemukiman lain di area stasiun Mandai-stasiun Maros. Oleh karena itu penentuan titik lokasi yang berada di desa Tellumpoccoe dengan jumlah penduduk 7.560 jiwa dipilih berdasarkan fungsi strategis dan kepadatan penduduk sekitar rel sepanjang kabupaten Maros, selain itu lokasi ini juga dilalui oleh *track* atau lintasan rel kereta api yang berisiko tingginya tingkat kebisingan di lokasi tersebut.

Penentuan titik dilakukan berdasarkan SNI 8427:2017 yang terdapat pada Lampiran 10 serta dilakukan wawancara dan survei tingkat kebisingan pada area sisi kanan dan kiri rel kereta api. Kedua sisi rel dipilih menjadi lokasi titik pengukuran karena terdapat perbedaan kepadatan rumah dan tipe pemukiman. Sisi kiri rel merupakan kompleks perumahan yang cukup padat dan pada sisi kanan rel merupakan pemukiman kampung yang menjadi jalan penghubung antar desa dimana lebar jalannya yang lebih besar dari jalan yang ada di daerah kompleks perumahan. Setelah melakukan survei titik 15 meter dipilih karena menjadi jarak terdekat antara rel kereta api dengan rumah warga. Selain itu, pada jarak 15 meter tersebut suara saat kereta api melintas sangat terdengar dan dirasakan oleh pemilik

rumah. Jarak 50 dan 70 meter dipilih karena termasuk kawasan yang padat dan saat kereta melintas masih terdengar samar-samar pada jarak 50 meter namun pada jarak 70 meter hanya pada saat tertentu seperti saat tidak ada kendaraan yang melintasi area tersebut. Titik lokasi pengukuran di pemukiman wilayah desa Tellumpocoe dapat dilihat pada Lampiran 7 dan di bawah ini



Gambar 2. Lokasi Penelitian

Pengukuran tingkat kebisingan pada kawasan pemukiman sekitar rel kereta api dilakukan pada 6 titik lokasi pada sisi kanan dan sisi kiri rel kereta api dengan jarak yang bervariasi. Setiap jarak titik pengukuran pada kedua sisi rel kereta disamakan untuk melihat perbandingan tingkat kebisingan yang akan muncul dengan kondisi lingkungan yang berbeda serta situasi saat kereta tidak melintas dan saat melintas. Adapun jarak setiap titik adalah sebagai berikut

Tabel 6. Jarak titik lokasi pengukuran

Lokasi			Jarak setiap titik (m)					
			Sisi Kiri Rel			Sisi Kanan Rel		
			Titik 1	Titik 3	Titik 5	Titik 2	Titik 4	Titik 6
Perumahan	Griya	Sinar	15	50	70			
Cendana								
Jalan Damai	Ongkoe					15	50	70

Sumber: Hasil Pengamatan (2024)

Berdasarkan jarak titik pengukuran dari rel kereta api yang telah diambil, dilakukan juga pengambilan titik koordinat setiap titik pengukuran. Pengambilan titik koordinat didapatkan melalui *smartphone* dan juga dapat dilihat melalui *Google Earth*

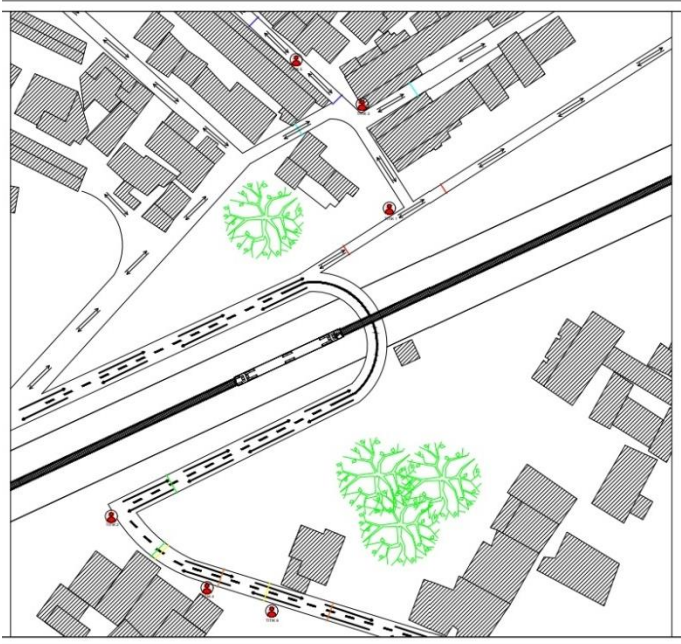
Pro. Adapun titik koordinat setiap titik lokasi pengukuran dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 7. Titik Koordinat Lokasi Pengukuran

Lokasi	Koordinat		Keterangan
	Latitude	Longitude	
Titik 1	5°2'53.23"S	119°31'53.90"E	Jalan perumahan berjarak 15 meter dari sisi kiri rel kereta api
Titik 2	5°2'56.23"S	119°31'51.74"E	Jalan dusun berjarak 15 meter dari sisi kanan rel kereta api
Titik 3	5°2'53.27"S	119°31'53.25"E	Jalan perumahan berjarak 50 meter dari sisi kiri rel kereta api
Titik 4	5°2'56.69"S	119°31'52.56"E	Jalan dusun berjarak 50 meter dari sisi kanan rel kereta api
Titik 5	5°2'51.90"S	119°31'52.70"E	Jalan perumahan berjarak 70 meter dari sisi kiri rel kereta api
Titik 6	5°2'56.67"S	119°31'53.44"E	Jalan dusun berjarak 70 meter dari sisi kanan rel kereta api

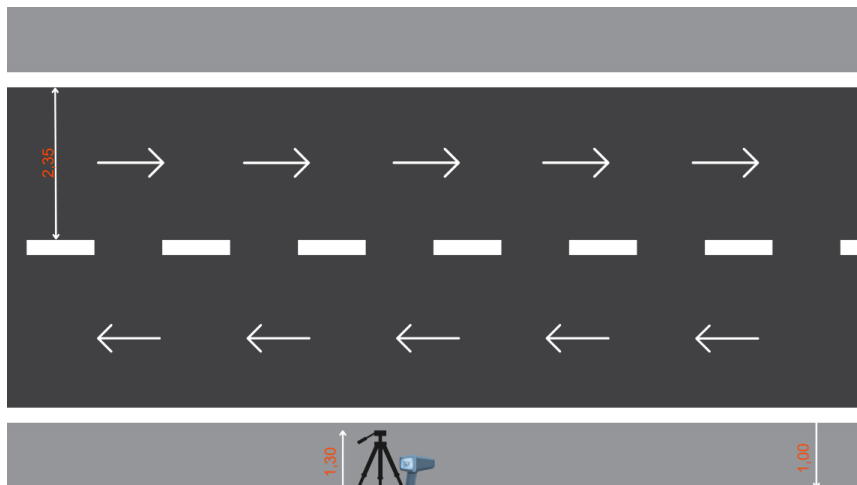
Sumber: *GPS Coordinate* (2024)

Setelah didapatkan titik koordinat lokasi pengukuran sebagai data primer dalam penelitian yang akan dilanjutkan dengan pengumpulan data. Simulasi dalam pengambilan data dapat ditampilkan melalui peta situasi pengukuran yang dapat menggambarkan garis besar kondisi setiap titik saat pengukuran berlangsung. Adapun situasi pengukuran terbagi menjadi saat kereta tidak melintas dan saat kereta melintas. Adapun peta situasi lokasi pengukuran yang dipilih dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3. Peta Situasi Lokasi Pengukuran

Berdasarkan peta situasi seluruh titik lokasi pengukuran tingkat kebisingan berada di pinggir jalan lingkungan dan jalan pemukiman. Lokasi penempatan alat diletakkan di depan rumah warga pada jarak 1 meter dari badan jalan agar tidak mengganggu pengguna jalan dan hasil pengukuran tingkat kebisingan yang didapatkan sesuai. Penempatan alat pengukuran dilakukan berdasarkan SNI 8427:2017 yang dipasang dengan tinggi 1,2 hingga 1,5 meter dari permukaan jalan. Oleh karena itu sketsa lokasi pengukuran dan penempatan alat dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4. Sketsa Lokasi Pengukuran

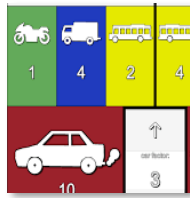
2.4 Alat Pengukuran

Alat pengukuran yang digunakan pada penelitian ini menggunakan beberapa jenis alat (perangkat keras) dan *software* (perangkat lunak) yang dapat dilihat sebagai berikut:





9



10



11

Keterangan

1. Tripod penyangga agar alat tetap stabil
2. *Sound Level Meter Tenmars 103* alat ukur tingkat kebisingan
3. *Decibel X Pro* alat ukur tingkat kebisingan
4. Aplikasi *Sound Level Meter Rev-01* sebagai media pemindah data hasil pengukuran SLM
5. *Stopwatch* hp alat mengukur jangka waktu pengukuran
6. Laptop dengan *software Microsoft Excel* sebagai perangkat pengolahan data kebisingan
7. *Speed gun* alat mengukur kecepatan kendaraan
8. Rompi sebagai tanda pengenal peneliti selama melaksanakan pengukuran
9. *Roll meter* alat mengukur panjang jalanan
10. Aplikasi *traffic counter* untuk menghitung kendaraan
11. Aplikasi SoundPLAN sebagai pemodelan sebaran tingkat kebisingan

2.5 Metode Pengumpulan Data

Data dikumpulkan dengan dua cara, yaitu secara langsung dan tidak langsung. Data secara langsung adalah data primer dan data tidak langsung adalah data sekunder. Data primer memiliki berbagai tahapan untuk dikumpulkan sedangkan data sekunder dilakukan pengumpulan data yang telah ada dari berbagai sumber.

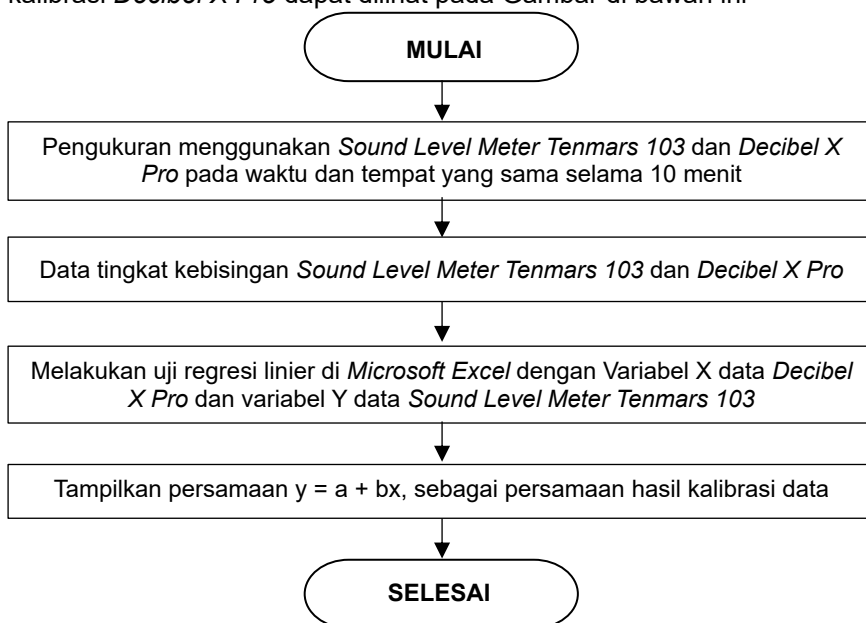
2.5.1 Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh melalui pengambilan data atau pengukuran secara langsung di lapangan. Pada penelitian ini terdapat beberapa data primer yang dibutuhkan, tahapan pengumpulan data primer yang dibutuhkan diantaranya adalah:

1. Kalibrasi

Setelah melakukan penentuan titik pengukuran dilanjutkan dengan melakukan kalibrasi data pada aplikasi *Decibel X Pro* terhadap data *Sound Level Meter Tenmars 103*. Kalibrasi bertujuan untuk membandingkan antara alat standar ukur yang ada dengan alat pengukuran yang akan digunakan. Langkah-langkah seperti kalibrasi digunakan untuk mengurangi risiko penyimpangan data saat melakukan pengukuran data tingkat kebisingan di lapangan. Adapun penggunaan aplikasi *Decibel X Pro* yaitu karena keterbatasan alat yang tersedia pada 6 titik

pengukuran, maka dari itu digunakan *Decibel X Pro* pada 6 *device*. Adapun tahap kalibrasi *Decibel X Pro* dapat dilihat pada Gambar di bawah ini



Gambar 5. Tahapan Kalibrasi *Decibel X Pro*

Setelah melakukan uji regresi linier antara data *Decibel X Pro* dan data *Sound Level Meter Tenmars 103*, maka terbentuk persamaan regresi sebagai hasil kalibrasi data yang selanjutnya akan disubstitusi dengan data tingkat kebisingan yang diperoleh pada setiap *device* yang digunakan dalam pengambilan data. Adapun persamaan regresi yang diperoleh dapat dilihat sebagai berikut

Tabel 8. Persamaan regresi

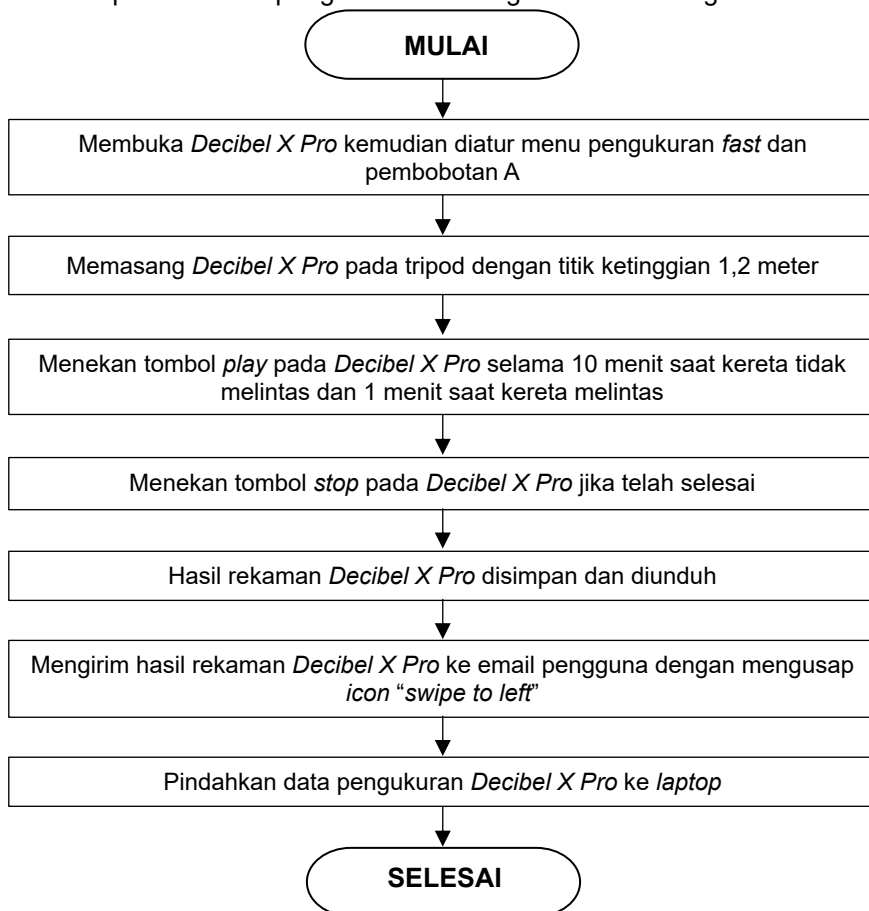
<i>Device</i>	Persamaan Regresi
1	$y = 43,828 + 0,272 x$
2	$y = 39,351 + 0,341 x$
3	$y = 37,954 + 0,265 x$
4	$y = 58,305 + 0,170 x$
5	$y = 39,690 + 0,401 x$
6	$y = 56,561 + 0,170 x$

Sumber: Hasil Analisis (2024)

2. Pengukuran tingkat kebisingan menggunakan aplikasi *Decibel X Pro*

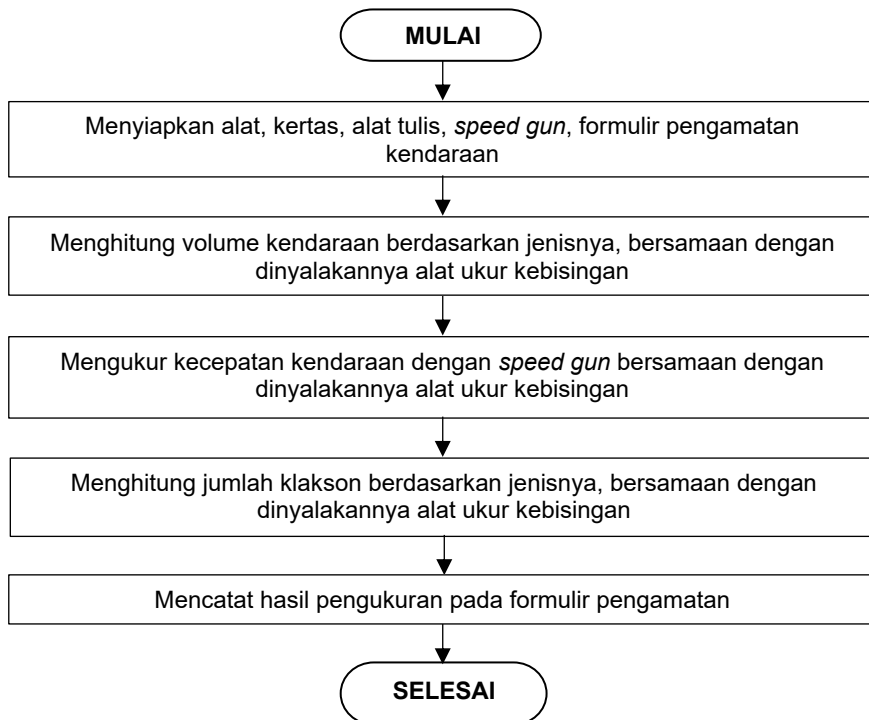
Pengukuran dilakukan sesuai dengan lampiran Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.48 tahun 1996 tentang baku mutu tingkat kebisingan. Pengukuran kebisingan lingkungan dilakukan sebanyak empat interval untuk mewakili tingkat kebisingan di siang hari yaitu kebisingan saat kereta tidak melintas, serta empat interval yang mewakili saat kereta melintas. Pengukuran dengan empat interval waktu saat kereta tidak melintas digunakan sebagai tingkat

kebisingan di siang hari dengan minimal waktu pengambilan data yaitu empat interval. Selain itu pemilihan waktu tersebut disesuaikan dengan jadwal melintasnya kereta sebanyak empat kali dan hanya melintas pada waktu siang hari. Waktu pengukuran dilakukan 10 menit setiap empat interval untuk pengukuran saat kereta tidak melintas. Sedangkan untuk pengukuran saat kereta melintas disesuaikan dengan jadwal kereta yang melintasi titik pengukuran dengan pengambilan data selama satu menit. Pengukuran saat kereta melintas menyesuaikan dengan jarak tertentu seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3 dimana diberikan beberapa tanda dengan jarak antar tiap penanda 100 meter sehingga saat bagian depan gerbong melintasi tanda pengukuran mulai maka pengukuran tingkat kebisingan dimulai. dan ketika ujung belakang gerbong telah melewati tanda pengukuran berhenti maka pengukuran telah selesai atau dihentikan dan akan dilanjutkan pada jadwal kereta selanjutnya. Pengukuran saat kereta melintas dilakukan selama satu menit setiap empat interval jadwal kereta melintas. Adapun tata cara pengukuran kebisingan adalah sebagai berikut:



Gambar 6. Tahapan Pengambilan Data Tingkat Kebisingan

3. Pengambilan data volume kendaraan, kecepatan kendaraan dan jumlah klakson
Data volume kendaraan, kecepatan kendaraan dan jumlah klakson diambil bersamaan dengan dimulainya pengukuran tingkat kebisingan. Adapun pengukuran data kendaraan yang melalui titik pengukuran dibedakan berdasarkan jenisnya diantara lain sepeda motor, kendaraan ringan (mobil), kendaraan berat (truk/bus) dan kereta. Adapun metode pengambilan data volume kendaraan, kecepatan kendaraan, dan jumlah klakson disajikan dalam Gambar berikut.



Gambar 7. Tahapan Pengambilan Data Volume Kendaraan

2.5.2 Data Sekunder

Data sekunder merupakan data-data pendukung penelitian. Data sekunder diperoleh berdasarkan data-data yang telah ada sebelumnya dan didapatkan melalui berbagai kajian literatur. Adapun data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini adalah

1. Data jumlah penduduk desa Tellumpocoe
2. Jadwal operasional kereta api
3. Buku, jurnal dan referensi lainnya

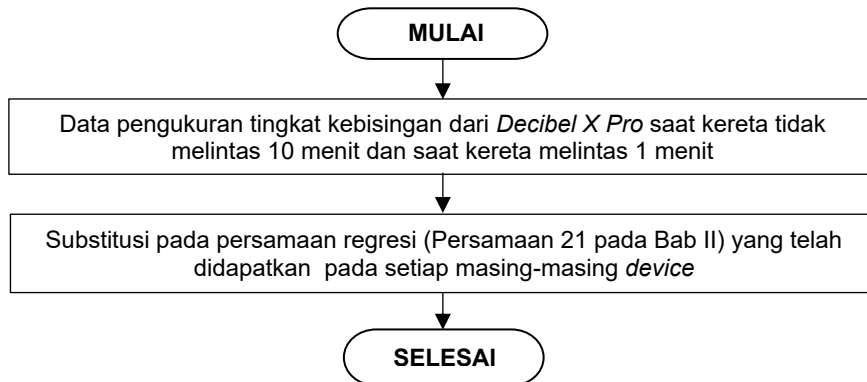
2.6 Metode Analisis Data

Data-data yang telah terkumpul baik yang didapatkan melalui pengukuran langsung di lapangan maupun yang dikumpulkan melalui berbagai referensi selanjutnya akan

dianalisis. Adapun analisis yang dilakukan adalah analisa regresi pada setiap data tingkat kebisingan *Microsoft Excel* serta analisis tingkat kebisingan melalui *Microsoft Excel*. Selain dilakukan prediksi menggunakan aplikasi *SoundPLAN* dengan memakai model prediksi kebisingan yang selanjutnya akan menghasilkan peta sebaran tingkat kebisingan. Adapun tahapan analisis data dalam penelitian ini diuraikan sebagai berikut

2.6.1 Analisa Regresi

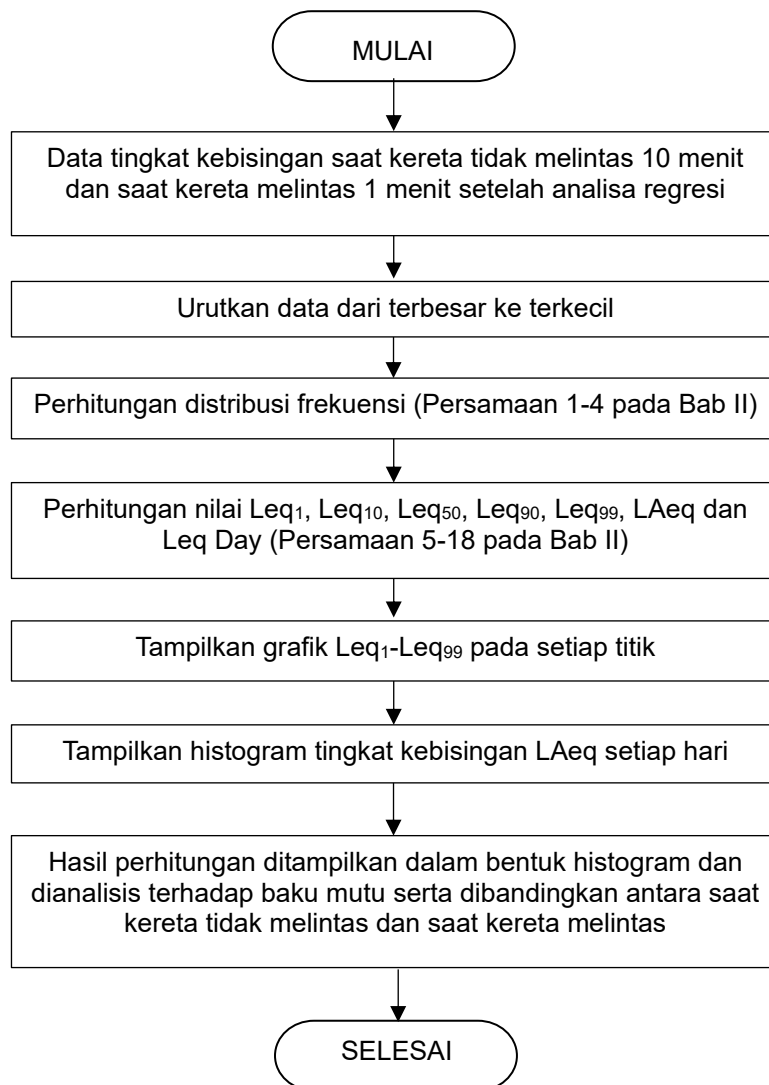
Tahapan analisis tingkat kebisingan dimulai dengan melakukan substitusi data pengukuran dari *Decibel X Pro* pada persamaan regresi yang telah dibuat sebelumnya melalui kalibrasi antara *Sound Level Meter Tenmars 103* dan *Decibel X Pro* pada setiap *device*. Adapun metode analisis data tingkat kebisingan dimulai dengan melakukan substitusi ke dalam persamaan regresi yang telah dibuat sebelumnya. Adapun tahapan analisa regresi yang didapatkan adalah sebagai berikut



Gambar 8. Analisa Regresi

2.6.2 Analisis Tingkat Kebisingan

Setelah melakukan substitusi data pada persamaan regresi maka data tingkat kebisingan selanjutnya dianalisis dengan perhitungan nilai tingkat kebisingan menggunakan persamaan matematis yang terdapat pada Bab II pada persamaan 1-15. Tahapan analisis data tingkat kebisingan dilakukan pada program *Microsoft Excel* yang dimulai dari distribusi frekuensi hingga perhitungan kebisingan angka penunjuk. kemudian disajikan dalam grafik. Adapun tahapan perhitungan yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar di bawah ini



Gambar 9. Tahapan Analisis Data Tingkat Kebisingan

2.6.3 Pemodelan Prediksi Sebaran Tingkat Kebisingan Menggunakan *SoundPLAN*

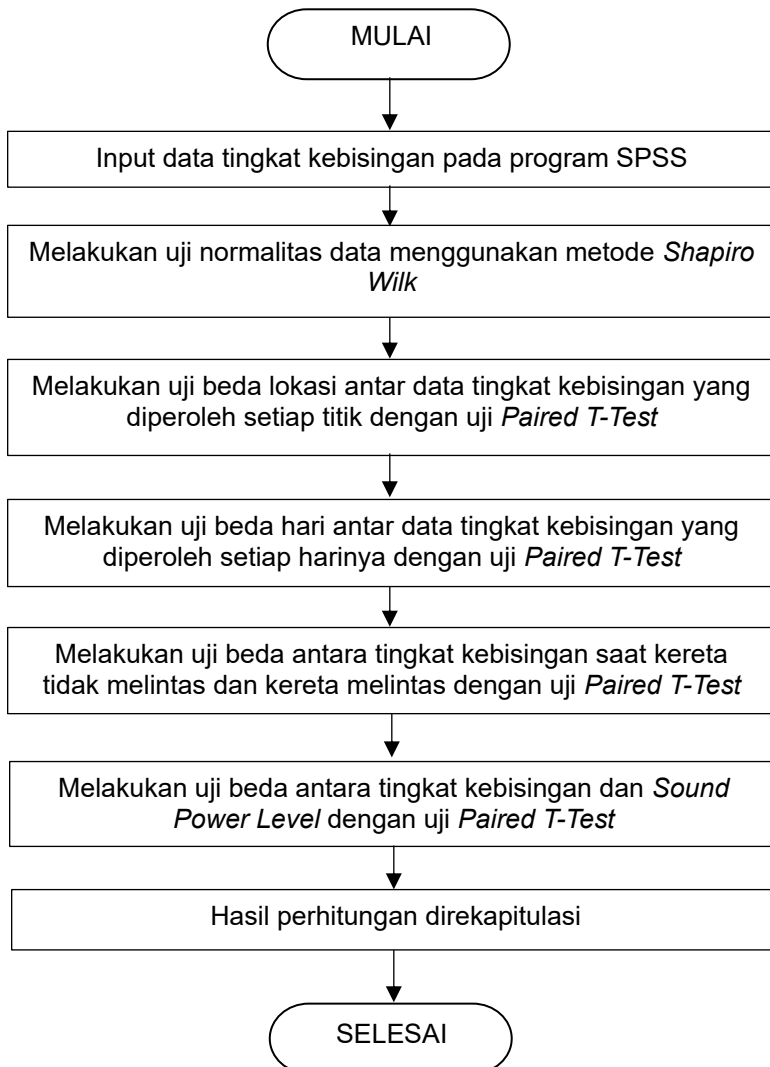
Setelah memperoleh data saat pengukuran, dilakukan pemodelan prediksi kebisingan yang berdampak bagi kawasan pemukiman sekitar rel kereta api menggunakan program *SoundPLAN* 9.0 di *laptop*. Pemodelan prediksi tingkat kebisingan menggunakan model ASJ RTN 2018 untuk kebisingan yang diasumsikan bersumber dari jalan raya serta model FTA: 2018 digunakan untuk tingkat kebisingan yang diasumsikan berasal dari aktivitas di sekitar rel kereta api. Adapun tahapan pemodelan prediksi kebisingan menggunakan program *SoundPLAN* 9.0 dapat dilihat pada Gambar berikut



Gambar 10. Tahapan Pemodelan *SoundPLAN*

2.6.4 Uji Statistik Menggunakan Program SPSS

Setelah memperoleh tingkat kebisingan dilakukan uji statistik menggunakan program SPSS untuk melihat hubungan antara tingkat kebisingan yang muncul serta faktor-faktor yang menentukannya. Di antaranya antara tingkat kebisingan dengan jarak atau titik lokasi pengukuran, tingkat kebisingan dengan hari pengukuran, tingkat kebisingan dengan volume kendaraan yang melintas serta tingkat kebisingan saat pengukuran langsung dan prediksi yang didapatkan. Adapun tahapan dalam pengujian statistik adalah



Gambar 11. Tahapan Uji Statistik