

**PEMODELAN SPASIAL SEBARAN KEBISINGAN
PADA AREA PT PLN NUSANTARA POWER UNIT LAYANAN
PUSAT LISTRIK TENAGA DIESEL (ULPLTD) KOTA BANDA
ACEH**

TUGAS AKHIR

Diajukan oleh:

**TEUKU RAFI INSAN KAMIL
210702080
Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH,
2026 M/1448 H**

LEMBAR PERSETUJUAN

**PEMODELAN SPASIAL SEBARAN KEBISINGAN
PADA AREA PT PLN NUSANTARA POWER UNIT LAYANAN PUSAT
LISTRIK TENAGA DIESEL (ULPLTD) KOTA BANDA ACEH**

TUGAS AKHIR

Diajukan Kepada Fakultas Sains dan
Teknologi Universitas Islam Negeri
(UIN) Ar-Raniry Banda Aceh
Sebagai Salah Satu Beban Studi Memperoleh Gelar
Sarjana (S1) Dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Oleh:

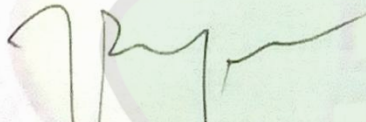
TEUKU RAFI INSAN KAMIL

NIM. 210702080

**Mahasiswa Fakultas Sains dan
Teknologi Program Studi Teknik
Lingkungan**

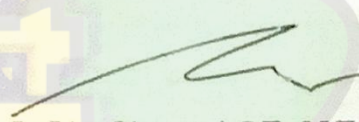
Disetujui untuk dimunaqasyahkan oleh:

Pembimbing I,



Dr. Ir. Juliansyah Harahap, S.T., M.Sc., JPM.
NIP. 1989031020190310

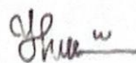
Pembimbing II,



Ir. Lisa Ginavatri, S.T., M.T

AR - RANIRY

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Lingkungan



Husnawati Yahya, M.Sc.
NIP. 198311092014032002

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**PEMODELAN SPASIAL SEBARAN KEBISINGAN
PADA AREA PT PLN NUSANTARA POWER UNIT LAYANAN PUSAT
LISTRIK TENAGA DIESEL (ULPLTD) KOTA BANDA ACEH**

Telah Diuji Oleh Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
Dinyatakan Lulus Serta Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi
Program Sarjana (S-1) Dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Pada Hari/Tanggal: Jumat, 14 Agustus 2026
Jumat, 1 Rabi'ul Awal 1448H

di Darussalam, Banda Aceh

Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir

Ketua,

Sekretaris,

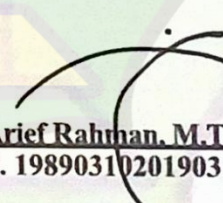

Dr. Ir. Juliansyah Harahap, S.T., M.Sc., IPM.
NIP. 198207312014031001


Ir. Lisa Ginayatri, S.T., M.T

Penguji I

Penguji II

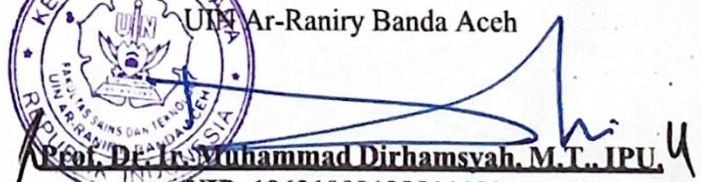

T. Muhammad Ashari, M.Sc.
NIP. 198302022015031002


Arief Rahman, M.T.
NIP. 198903102019031012

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Ar-Raniry Banda Aceh




Prof. Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, M.T., IPU.
NIP. 196210021988111001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Nama : Teuku Rafi Insan Kamil
NIM : 210702080
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh
Judul Skripsi : Pemodelan spasial sebaran kebisingan pada area PT PLN Nusantara power unit layanan pusat listrik tenaga diesel (ULPLTD) Kota Banda Aceh

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam penulisan Skripsi ini, saya:

1. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini;
2. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh maupun di perguruan tinggi lainnya;
3. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing;
4. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
5. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya; dan
6. Tidak memanipulasi dan memalsukan data.

Bila di kemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Banda Aceh, 14 Agustus 2026
Yang membuat pernyataan,



Teuku Rafi Insan Kamil

ABSTRAK

Nama : Teuku Rafi Insan Kamil
Nim : 210702080
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Pemodelan Spasial Sebaran Kebisingan Pada Area PT PLN
Nusantara Power Unit Layanan Pusat Listrik Tenaga
(ULPLTD) Kota Banda Aceh
Tanggal Sidang : 14 Agustus 2026
Jumlah Halaman : 66
Pembimbing I : Dr. Ir. Juliansyah Harahap, S.T., MSc., IPM., APEC Eng.
Pembimbing II : Ir. Lisa Ginayatri, S.T., M.T.
Kata Kunci : Kebisingan, Pemodelan Spasial, Sistem Informasi
Geografis (SIG), Pembangkit Listrik, Greenbelt.

Operasional PLTD berpotensi menimbulkan kebisingan berintensitas tinggi yang berdampak negatif terhadap kesehatan pekerja dan kenyamanan masyarakat. Penelitian ini bertujuan mengukur tingkat kebisingan eksisting dan memodelkan sebaran spasialnya di PT PLN Nusantara Power ULPLTD Kota Banda Aceh. Pengukuran dilakukan pada 8 titik (pabrik dan pemukiman) menggunakan *Sound Level Meter* (SLM) selama 10 menit dengan interval 5 detik. Nilai *Equivalent Continuous Noise Level* (L_{eq}) dianalisis dan dimodelkan menjadi peta kontur Sistem Informasi Geografis (SIG) melalui interpolasi *Inverse Distance Weighting* (IDW). Hasilnya, intensitas kebisingan berkisar 61,92–95,14 dBA, dengan total L_{eq} mencapai 87,59 dB. Tingkat ini melampaui baku mutu Permenaker No. 5/2018 dan KepMen LH No. 48/1996. Peta memvisualisasikan konsentrasi bising tertinggi di pusat mesin yang merambat gradual ke pemukiman. Kesimpulannya, distribusi kebisingan dipengaruhi signifikan oleh jarak, kondisi lingkungan, dan hambatan fisik, sehingga mengonfirmasi mendesaknya tindakan pengendalian fisik di batas area guna mereduksi paparan kebisingan.

ABSTRACT

Name : Teuku Rafi Insan Kamil
ID Number Student : 210702080
Department : Environmental Engineering
Title : Spatial Modeling of Noise Distribution at the PT PLN
Nusantara Power Diesel Power Plant Service Unit
(ULPLTD) in Banda Aceh City
Date Of Session : 14 August 2026
Number Of Page : 66
Advisor I : Dr. Ir. Juliansyah Harahap, S.T., MSc., IPM., APEC Eng.
Advisor II : Ir. Lisa Ginayatri, S.T., M.T.
Keyword : Noise, Spatial Modeling, Geographic Information System
(GIS), Power Plant, Greenbelt.

PLTD operations potentially generate high-intensity noise that negatively impacts workers' health and community comfort. This study aims to measure existing noise levels and model their spatial distribution at PT PLN Nusantara Power ULPLTD Banda Aceh City. Measurements were conducted at 8 points (factory and residential) using a Sound Level Meter (SLM) for 10 minutes at 5-second intervals. The Equivalent Continuous Noise Level (L_{eq}) was analyzed and modeled into a Geographic Information System (GIS) contour map via Inverse Distance Weighting (IDW) interpolation. Results show noise intensity ranging from 61.92 to 95.14 dBA, with a total L_{eq} of 87.59 dB. These levels exceed the Permenaker No. 5/2018 and KepMen LH No. 48/1996 standards. The map visualizes peak noise at the generators, propagating gradually to residential areas. Conclusively, noise distribution is significantly influenced by distance, environmental conditions, and physical barriers, confirming the urgent need for physical control measures at the area boundaries to reduce noise exposure.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh. Segala puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Swt., atas limpahan rahmat dan karunia-nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. *Selawat* dan salam, selalu tercurahkan kepada Baginda Nabi Muhammad Saw., yang telah membawa umat manusia ke alam yang penuh dengan cahaya keilmuan.

Tidak lupa pula terima kasih sebesar-besarnya penulis ucapkan kepada ayahanda dan ibunda tercinta, T. Sarjis dan Mariani atas doa, bimbingan, motivasi, nasihat dan segala bentuk bantuan yang telah diberikan kepada penulis.

Alhamdulillah berkat petunjuk dan pertolongan Allah Swt., penulis bisa menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Pemodelan Spasial Sebaran Kebisingan Pada Area PT PLN Nusantara Power Unit Layanan Pusat Listrik Tenaga Diesel (ULPLTD) Kota Banda Aceh”. Penyusunan tugas akhir ini dilakukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi dan memperoleh gelar sarjana Teknik Lingkungan di Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini melalui proses yang sangat panjang, mulai dari konsultasi, hingga sudah memasuki tahap dari perkuliahan. Penulis juga menyadari bahwa penulisan tugas akhir ini dapat tercipta karena adanya dukungan serta banyak pihak yang telah turut membantu, membimbing, memberi saran dan juga motivasi. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

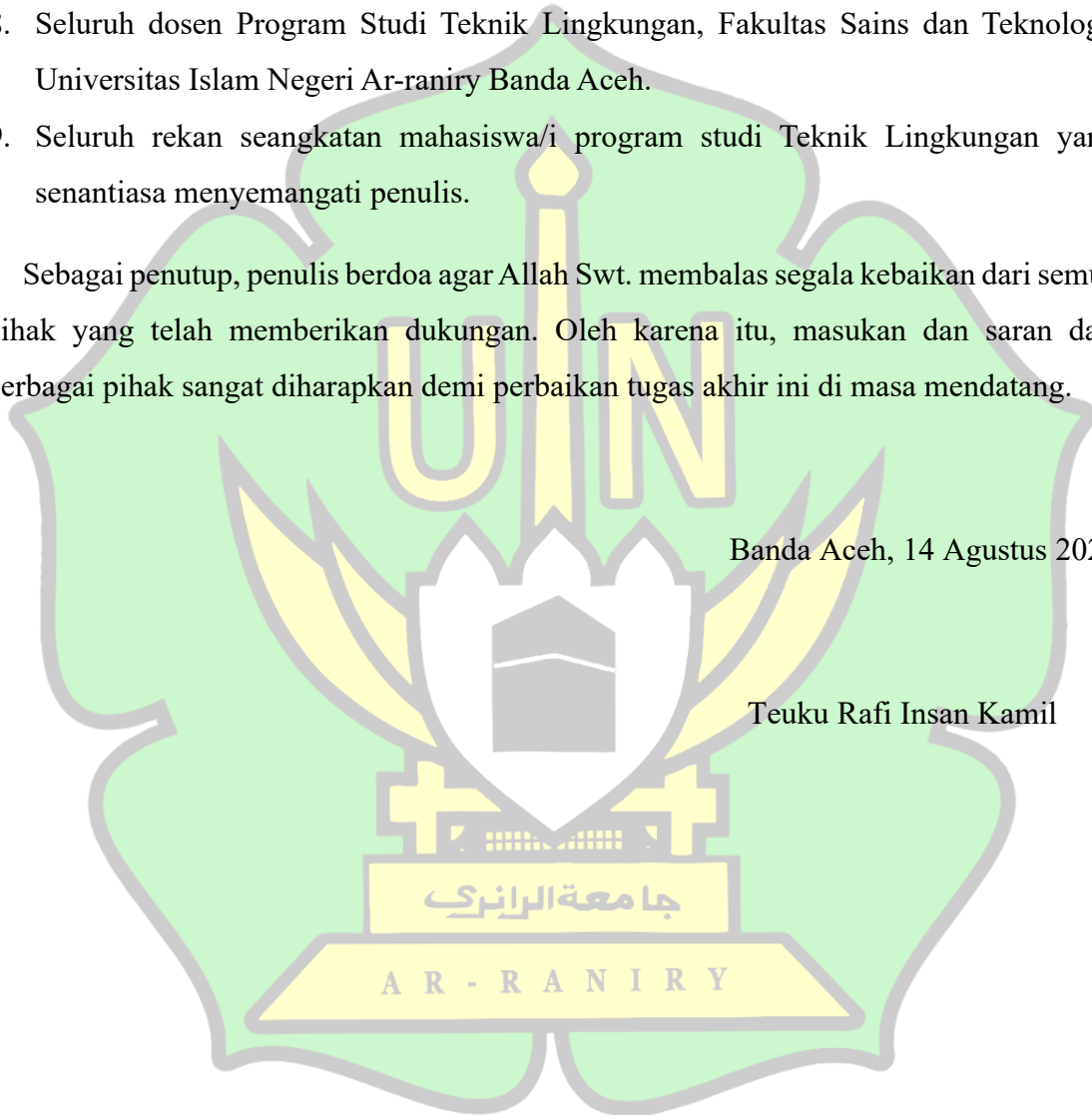
1. Bapak Prof. Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, MT., IPU. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
2. Ibu Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc. selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
3. Bapak Arief Rahman, S.T., M.T., selaku Dosen Penasehat Akademik penulis yang telah banyak memberi arahan dan dukungan kepada penulis selama perkuliahan.
4. Bapak Aulia Rohendi, S.T., M.Sc. selaku Sekretaris Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

5. Bapak Dr. Ir. Juliansyah Harahap, S.T., M.Sc., IPM., APEC Eng. selaku Dosen Pembimbing I Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-raniry Banda Aceh.
6. Ir. Lisa Ginayatri, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Arraniry Banda Aceh.
7. Ibu Firda Elvia, S.Pd., yang telah membantu dalam proses administrasi.
8. Seluruh dosen Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-raniry Banda Aceh.
9. Seluruh rekan seangkatan mahasiswa/i program studi Teknik Lingkungan yang senantiasa menyemangati penulis.

Sebagai penutup, penulis berdoa agar Allah Swt. membalas segala kebaikan dari semua pihak yang telah memberikan dukungan. Oleh karena itu, masukan dan saran dari berbagai pihak sangat diharapkan demi perbaikan tugas akhir ini di masa mendatang.

Banda Aceh, 14 Agustus 2026

Teuku Rafi Insan Kamil



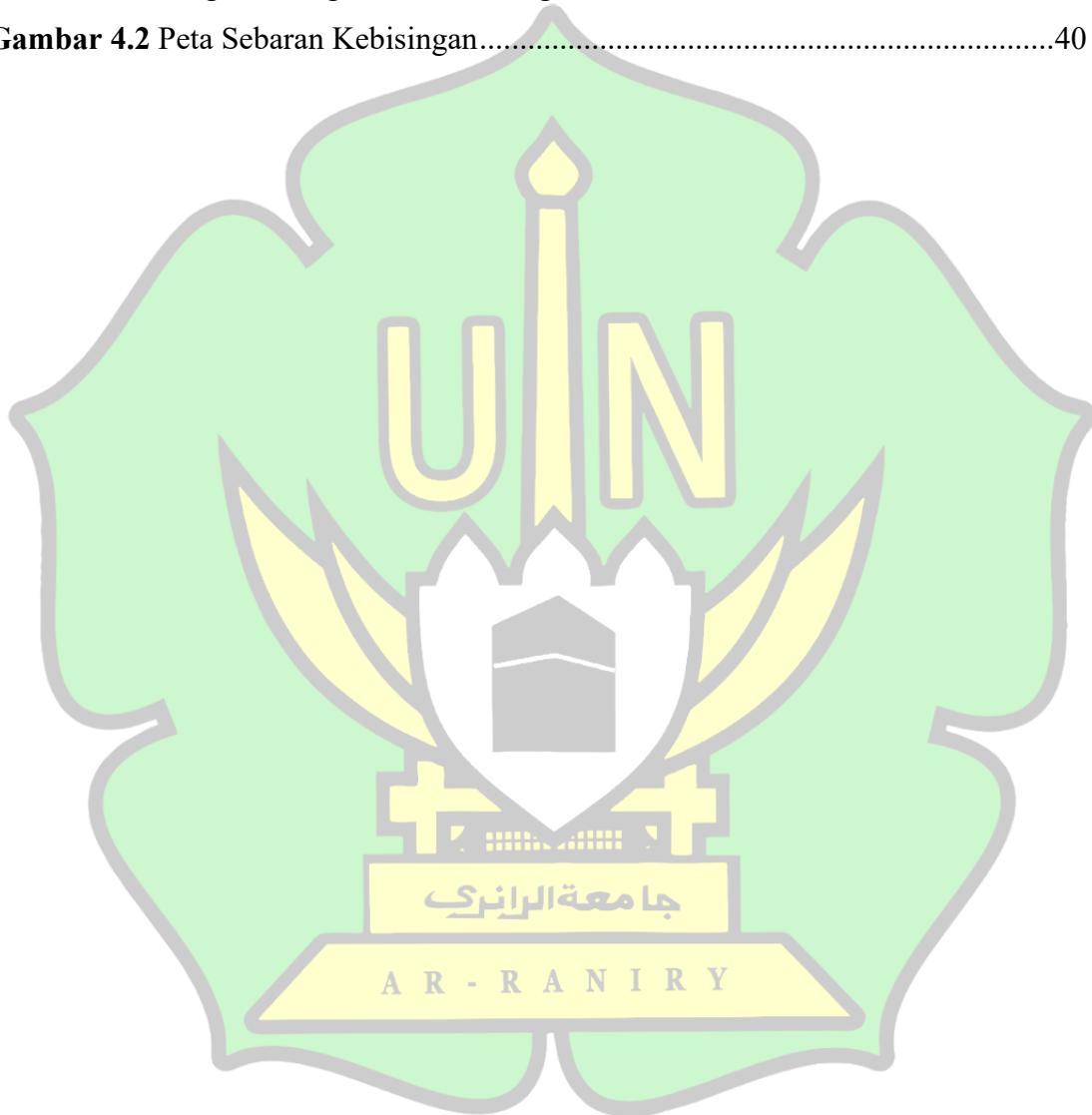
DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Masalah.....	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Kebisingan.....	6
2.1.1 Sumber Kebisingan	7
2.1.2 Tingkatan Kebisingan	7
2.1.3 Jenis- jenis Kebisingan.....	8
2.1.4 Dampak Kebisingan	10
2.2 Nilai Ambang Batas Kebisingan pada Kawasan Industri	11
2.2.1 Baku Mutu Tingkat Kebisingan	12
2.2.2 Standar Kebisingan Internasional	13
2.3 Pengukuran Kebisingan	14
2.3.1 Satuan Desibel (dB)	15
2.3.2 Metode Pengukuran Tingkat Kebisingan.....	16
2.3.3 Metode Analisis Spasial Kebisingan dengan GIS.....	18
2.4 Penelitian Terdahulu	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	24
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	24

3.2	Metode Pengumpulan Data	28
3.2.1	Data Primer	28
3.2.2	Data Sekunder	29
3.3	Metode Pengolahan Data	30
3.4	Metode Analisis Data	31
3.4.1	Analisis Kondisi Eksisting Kebisingan di PT PLN (ULPLTD).....	31
3.4.2	Analisis dan Pemodelan Kebisingan	31
3.5	Metode Penyajian Data	31
3.6	Prosedur Pengukuran Lapangan.....	32
3.7	Tahapan Pelaksanaan Tugas Akhir	33
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1	Hasil Pengukuran Kebisingan Eksisting	35
4.1.1	Fluktuasi Tingkat Kebisingan Aktual (Leq).....	37
4.2	Pemodelan Spasial Sebaran Kebisingan	38
4.3.1	Visualisasi Peta Kontur Kebisingan (<i>Noise Map</i>).....	39
4.3.2	Analisis dan Dampak Kebisingan	41
4.3	Arahan Pengendalian dan Mitigasi Kebisingan	42
4.4.1	Pengendalian Administratif dan Manajemen K3	43
4.4.2	Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD).....	44
4.4.3	Rekomendasi Mitigasi Berbasis Vegetasi (<i>Green Belt</i>).....	45
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	46
5.1	Kesimpulan	46
5.2	Saran.....	46
DAFTAR PUSTAKA		48
LAMPIRAN		50

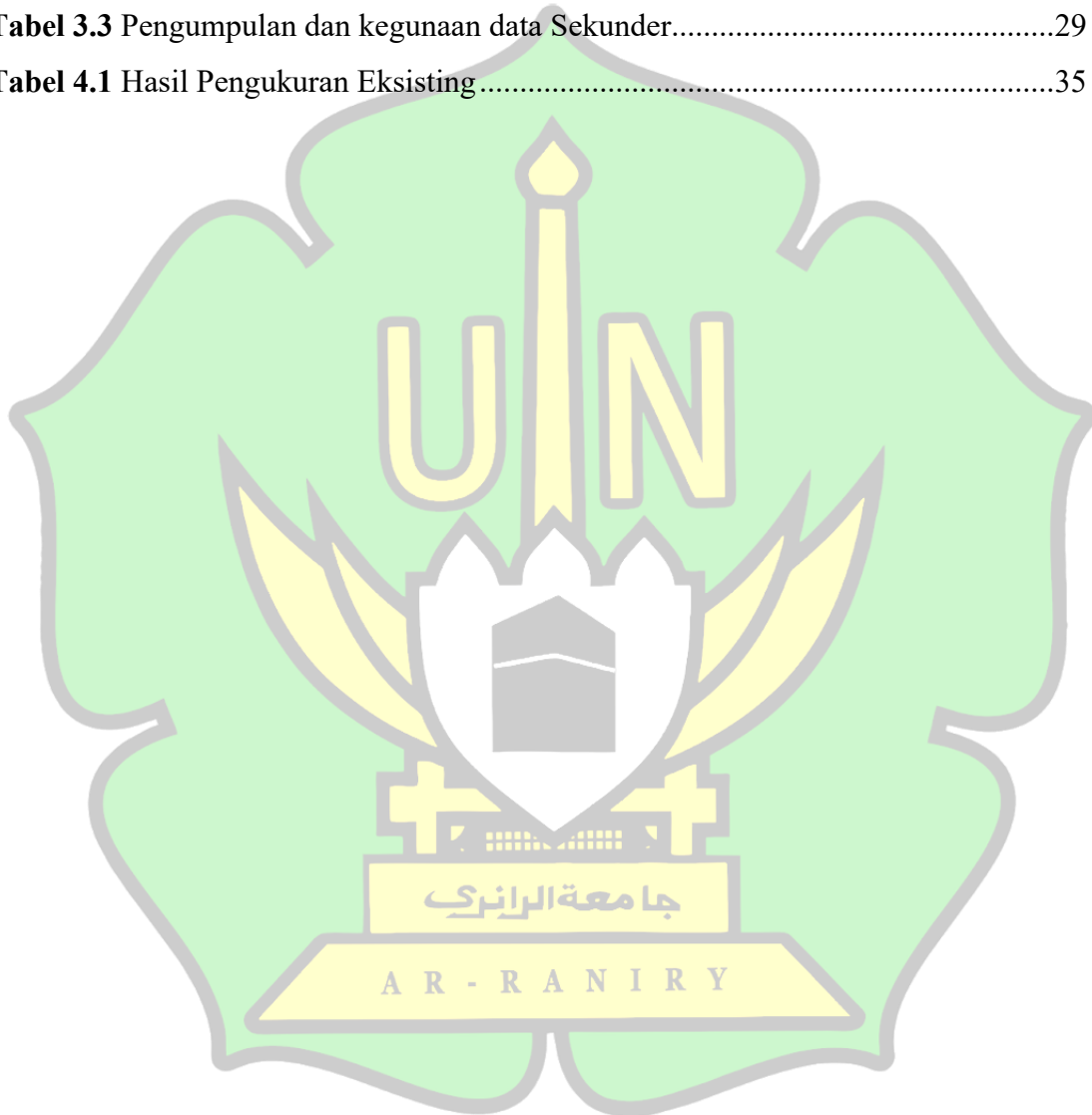
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tingkatan Kebisingan	8
Gambar 2.2 Karakteristik Respon SLM untuk Perbedaan A, B, dan C	16
Gambar 3.1 Lokasi dan Tempat Penelitian.....	26
Gambar 4.1 Diagram Pengukuran Kebisingan	36
Gambar 4.2 Peta Sebaran Kebisingan.....	40



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 NAB Kebisingan Menurut Permenaker Nomor 5 Tahun 2018.	12
Tabel 2.2 Baku Mutu Tingkat Kebisingan.....	12
Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu	21
Tabel 3.1 <i>TimeLine</i> Perencanaan Penyusunan Tugas Akhir.....	27
Tabel 3.2 Pengumpulan dan kegunaan data primer	28
Tabel 3.3 Pengumpulan dan kegunaan data Sekunder.....	29
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Eksisting.....	35



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam era industrialisasi dan percepatan pertumbuhan ekonomi, pembangunan infrastruktur serta sarana pendukung seperti Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) menjadi elemen krusial untuk memenuhi kebutuhan energi masyarakat dan sektor industri. Namun demikian, pengoperasian fasilitas tersebut juga menimbulkan konsekuensi lingkungan yang perlu dikelola secara profesional dan bertanggung jawab. Salah satu faktor fisik yang memerlukan perhatian khusus melalui upaya mitigasi adalah kebisingan. Kebisingan (*noise pollution*) didefinisikan sebagai suara yang tidak diinginkan (*unwanted sound*) yang dihasilkan dari aktivitas produksi maupun penggunaan peralatan kerja, dapat menimbulkan dampak baik bersifat auditorik maupun non-auditorik, seperti gangguan komunikasi, penurunan konsentrasi, stres, hingga risiko kehilangan pendengaran.

Perkembangan industri dan teknologi yang berlangsung pesat telah mendorong peningkatan kebutuhan energi listrik secara signifikan. Untuk memenuhi permintaan tersebut, diperlukan peningkatan kapasitas serta pengelolaan yang efisien terhadap pembangkit listrik yang telah beroperasi, termasuk Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD). PLTD berfungsi dengan memanfaatkan mesin diesel sebagai *prime mover* atau penggerak utama yang mengonversi energi mekanik menjadi energi listrik melalui putaran rotor generator. Meskipun demikian, aktivitas operasional mesin pembangkit atau generator juga berpotensi menjadi sumber kebisingan. Secara umum, sumber kebisingan pada PLTD dapat diklasifikasikan ke dalam tiga kelompok utama, yaitu kebisingan yang berasal dari kerja mesin, getaran (*vibration*) akibat gesekan atau benturan antar-komponen seperti piston dan roda gigi, serta kebisingan yang dihasilkan oleh aliran udara, gas, maupun fluida pada saluran pipa dan sistem pembuangan gas (Tobing *dkk.*, 2024).

Kebisingan merupakan salah satu bentuk polusi lingkungan yang sulit untuk dieliminasi, khususnya polusi suara yang dihasilkan oleh aktivitas industri modern. Pengoperasian mesin dalam proses produksi berpotensi menjadi sumber utama kebisingan. Apabila tingkat kebisingan melebihi ambang batas baku mutu yang telah ditetapkan, hal tersebut dapat menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan individu

yang terpapar, terutama dalam meningkatkan risiko gangguan pendengaran atau ketulian. Paparan kebisingan secara terus-menerus dapat menyebabkan ketidaknyamanan fisik, mengganggu proses komunikasi, serta berpotensi menimbulkan gangguan pendengaran permanen. Selain itu, tingkat kebisingan yang melampaui standar juga dapat berdampak pada penurunan konsentrasi, rasa lelah, serta keluhan fisiologis seperti sakit kepala (Anas dkk., 2024).

Tingkat gangguan pendengaran memiliki keterkaitan yang signifikan dengan besarnya intensitas suara yang diterima oleh individu. Paparan kebisingan dengan intensitas melebihi 85 dB berpotensi menimbulkan kerusakan pendengaran. Meskipun dampak kebisingan terhadap kesehatan sangat beragam, gangguan pendengaran merupakan efek yang paling sering dijumpai. Berdasarkan data dari *World Health Organization* (2018), lebih dari 430 juta orang atau sekitar 5% populasi dunia mengalami gangguan pendengaran. Selain itu, kebisingan juga dapat menyebabkan berbagai efek kesehatan lain seperti stres, tinnitus (denging pada telinga), gangguan tidur, hingga gangguan pada sistem kardiovaskular. Di lingkungan kerja, paparan kebisingan menjadi faktor utama penyebab gangguan pendengaran yang dapat berakibat pada ketulian sementara maupun permanen (Ilmidin dkk., 2025).

Berdasarkan data dari *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH), sekitar 22 juta pekerja setiap tahunnya berisiko mengalami gangguan non-auditorik akibat paparan kebisingan di lingkungan kerja. Di Indonesia, tingkat kebisingan di tempat kerja diperkirakan berkisar antara 30% hingga 50%. Kondisi ini menunjukkan bahwa proporsi signifikan tenaga kerja terpapar kebisingan yang berpotensi menimbulkan gangguan non-auditorik. Pada tahun 2007, tercatat sekitar 23 ribu individu mengalami gangguan tersebut akibat paparan suara dari mesin yang menghasilkan intensitas melebihi Nilai Ambang Batas (NAB) (Ardianty, 2021).

Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) PT PLN Nusantara Power Unit Lueng Bata merupakan salah satu instalasi penyedia energi listrik yang beroperasi di Provinsi Aceh. Lokasi pembangkit ini berada di Jalan Lintas Sumatera, Gampong Lueng Bata, Kecamatan Lueng Bata, Kota Banda Aceh. PLTD tersebut memiliki kapasitas terpasang sebesar ± 58 MW dan mulai beroperasi sejak tahun 1981 dengan total 13 unit mesin pembangkit. Dalam perkembangannya, suplai energi listrik untuk wilayah Kota Banda Aceh kini terintegrasi melalui Gardu Induk 150 kV yang menjadi bagian dari sistem

interkoneksi Sumatera Bagian Utara. Melalui sistem ini, pasokan daya yang dialirkan ke Banda Aceh berkisar antara 60 MW hingga 160 MW. Saat ini, PLTD Lueng Bata berfungsi sebagai pembangkit cadangan (*backup power plant*), dengan enam unit mesin dalam proses perbaikan dan tujuh unit lainnya tetap dioperasikan sebagai sumber daya listrik alternatif bagi kebutuhan kota.

Saat ini, isu kebisingan di lingkungan industri, khususnya di area PT PLN Nusantara Power ULPLTD Kota Banda Aceh, menjadi permasalahan yang perlu segera mendapat perhatian serius. Lokasi pembangkit listrik yang berdekatan dengan kawasan permukiman penduduk serta fasilitas publik menjadikannya sebagai sumber potensial paparan kebisingan yang dapat memengaruhi kualitas hidup masyarakat, kesehatan, maupun produktivitas para pekerja. Meskipun PT PLN Nusantara Power ULPLTD Kota Banda Aceh saat ini berfungsi sebagai pembangkit cadangan, aktivitas operasional mesin yang masih beroperasi tetap menghasilkan tingkat intensitas suara yang tinggi dan tidak dapat diabaikan. Apabila tidak dilakukan upaya mitigasi, paparan kebisingan yang berlangsung secara terus-menerus berpotensi menimbulkan dampak serius, seperti gangguan pendengaran, stres kerja, kelelahan, gangguan tidur, hingga penurunan konsentrasi dan produktivitas, baik bagi pekerja di dalam area industri maupun masyarakat di sekitarnya.

Penetapan standar Nilai Ambang Batas (NAB) kebisingan, baik secara nasional melalui Peraturan Menteri Ketenagakerjaan (Permenaker) Nomor 5 Tahun 2018 maupun secara internasional berdasarkan rekomendasi *World Health Organization* (WHO, 2018), menegaskan bahwa pengawasan dan pengendalian tingkat kebisingan merupakan aspek penting dalam upaya menjaga keselamatan, kesehatan, serta kenyamanan lingkungan. Meskipun demikian, hingga saat ini data spasial yang secara detail menggambarkan distribusi intensitas kebisingan di area pembangkit tersebut masih sangat terbatas. Oleh karena itu, diperlukan analisis yang lebih mendalam dengan menggunakan pendekatan spasial berbasis *Geographic Information System* (GIS), yang memiliki kemampuan untuk memvisualisasikan persebaran kebisingan secara informatif melalui peta kontur. Hasil pemetaan ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan, tidak hanya sebagai referensi akademis, tetapi juga sebagai dasar ilmiah bagi pihak manajemen PT PLN maupun pemerintah daerah dalam merumuskan kebijakan pengendalian kebisingan,

pengelolaan tata ruang yang berkelanjutan, serta upaya perlindungan masyarakat dari dampak kebisingan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, maka rumusan masalah dari penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana Tingkat kebisingan yang dihasilkan di area PT PLN Nusantara Power ULPLTD Kota Banda Aceh?
2. Bagaimana pemodelan sebaran spasial tingkat kebisingan di sekitar area PT PLN Nusantara Power ULPLTD?

1.3 Tujuan Masalah

Berdasarkan uraian pada bagian latar belakang, maka tujuan dari penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Mengukur dan menentukan tingkat kebisingan di area PT PLN Nusantara Power ULPLTD.
2. Untuk membuat model kontur sebaran kebisingan untuk memvisualisasikan zona dengan tingkat paparan yang berbeda pada area PT PLN Nusantara Power ULPLTD.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka manfaat dari penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Menyediakan data ilmiah yang dapat dijadikan landasan untuk pengembangan model pengelolaan kebisingan di area pembangkit listrik, sehingga dapat memperkaya wawasan ilmu dalam bidang Teknik Lingkungan.
2. Menjadi pedoman bagi manajemen PT PLN Nusantara Power dalam merumuskan kebijakan pengendalian kebisingan yang efisien untuk meningkatkan kesehatan dan keselamatan kerja (K3) bagi para karyawan.

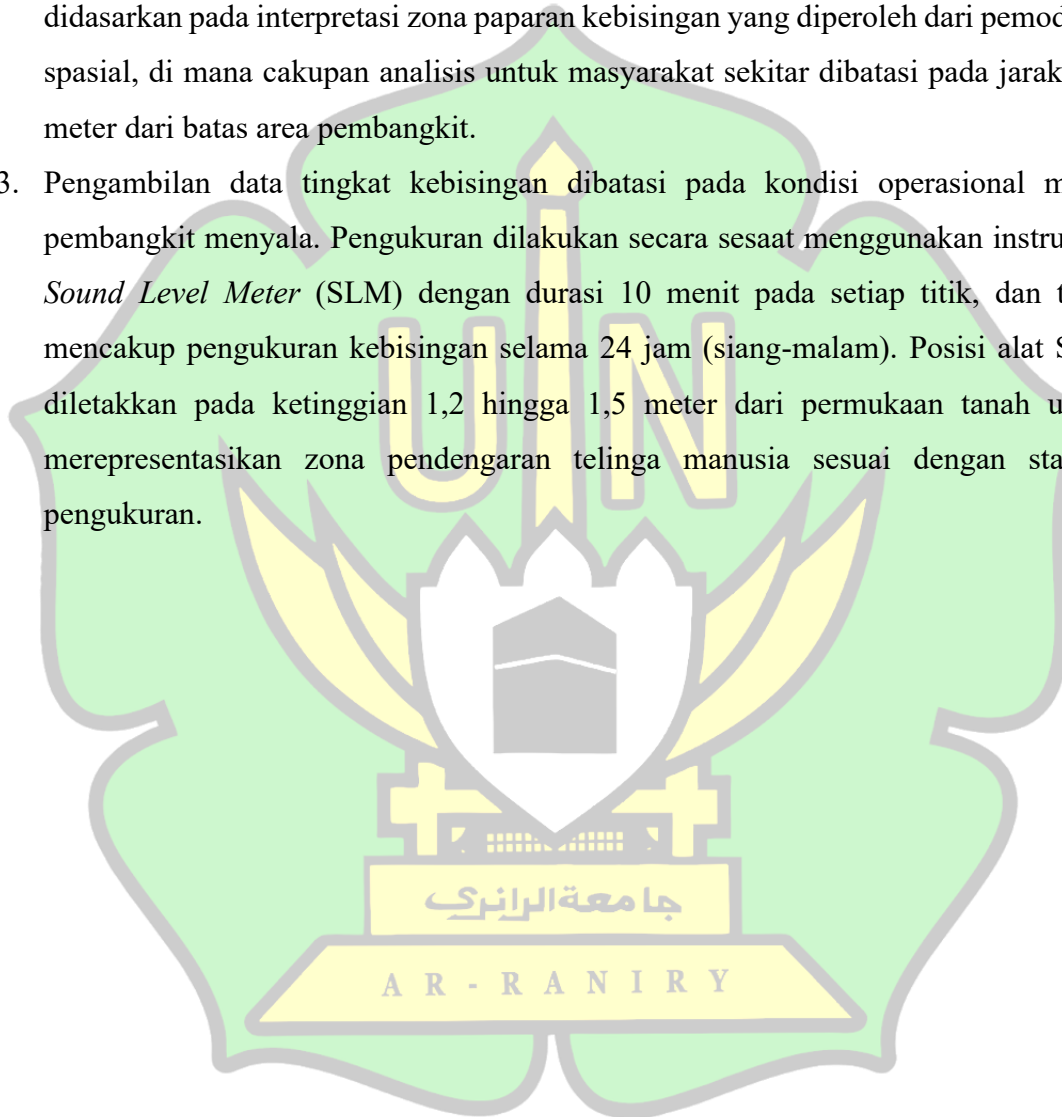
1.5 Batasan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka batasan masalah dari penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilaksanakan di wilayah PT PLN Nusantara Power ULPLTD Kota Banda Aceh, yang mencakup area internal pembangkit serta radius tertentu di sekitarnya yang berpotensi terpengaruh oleh kebisingan. Pemilihan lokasi ini

didasarkan pada pertimbangan jarak dekat dengan pemukiman masyarakat dan fasilitas publik.

2. Penelitian ini juga mencakup identifikasi potensi dampak kebisingan terhadap pekerja di dalam area pembangkit serta masyarakat di sekitarnya, terutama terkait dengan gangguan pendengaran, kenyamanan, komunikasi, dan kesehatan lingkungan. Namun, data mengenai dampak tersebut bersifat deskriptif dan didasarkan pada interpretasi zona paparan kebisingan yang diperoleh dari pemodelan spasial, di mana cakupan analisis untuk masyarakat sekitar dibatasi pada jarak 200 meter dari batas area pembangkit.
3. Pengambilan data tingkat kebisingan dibatasi pada kondisi operasional mesin pembangkit menyala. Pengukuran dilakukan secara sesaat menggunakan instrumen *Sound Level Meter* (SLM) dengan durasi 10 menit pada setiap titik, dan tidak mencakup pengukuran kebisingan selama 24 jam (siang-malam). Posisi alat SLM diletakkan pada ketinggian 1,2 hingga 1,5 meter dari permukaan tanah untuk merepresentasikan zona pendengaran telinga manusia sesuai dengan standar pengukuran.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kebisingan

Kebisingan merupakan suara yang tidak diinginkan karena tidak sesuai dengan konteks ruang dan waktu, sehingga berpotensi mengganggu kenyamanan maupun kesehatan manusia. Sumber kebisingan umumnya berasal dari objek yang bergetar. Getaran yang terjadi mengganggu kestabilan molekul udara di sekitarnya, sehingga molekul-molekul tersebut turut bergetar dan membentuk gelombang suara. Frekuensi suara diukur berdasarkan jumlah getaran per detik yang dikenal dengan satuan *Hertz* (Hz), yaitu banyaknya gelombang yang mencapai telinga setiap detik. Secara umum, kebisingan merupakan kombinasi dari berbagai gelombang sederhana dengan frekuensi yang berbeda-beda, di mana nada kebisingan ditentukan oleh variasi frekuensi tersebut. Intensitas suara atau jumlah energi yang melewati suatu satuan luas dinyatakan dalam skala logaritmik desibel (dB), yang dibandingkan terhadap kekuatan dasar sebesar 0,0002 dyne/cm²—yakni ambang suara dengan frekuensi 1000 Hz yang dapat didengar oleh telinga normal. Rentang frekuensi yang mampu didengar manusia berkisar antara 16 hingga 20.000 Hz, sedangkan frekuensi percakapan umumnya berada pada kisaran 250 hingga 4000 Hz. Di antara rentang tersebut, suara dengan frekuensi tinggi merupakan yang paling berpotensi menimbulkan bahaya bagi pendengaran (Theodorus S *dkk.*, 2018).

Kebisingan atau *noise* pada dasarnya merupakan suara yang tidak diinginkan oleh manusia karena sifatnya yang mengganggu dan tidak sesuai dengan kenyamanan lingkungan. Selain itu, kebisingan termasuk dalam kategori bahaya fisik yang umum ditemukan di lingkungan kerja dan dapat menimbulkan dampak kesehatan, khususnya pada sistem pendengaran. Permasalahan ini sering dijumpai di sektor industri berskala besar, salah satunya pada industri semen seperti PT Lafarge Cement Indonesia (PT LCI) – Lhoknga Plant. PT LCI – Lhoknga Plant merupakan perusahaan yang bergerak di bidang produksi semen dan berlokasi di wilayah barat Indonesia, tepatnya di Provinsi Aceh. Dalam kegiatan operasionalnya, perusahaan ini memanfaatkan berbagai mesin dan peralatan utama seperti *silos*, *cement mill*, *crusher*, *raw mill*, serta peralatan lainnya yang hampir seluruhnya menghasilkan suara bising selama proses produksi berlangsung. Mesin dan alat yang menimbulkan kebisingan tersebut meningkatkan tingkat paparan suara bagi pekerja, sehingga dapat memperbesar risiko gangguan kesehatan akibat

kebisingan. Berdasarkan Keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor Kep. 51/MEN/1999, batas intensitas kebisingan maksimum untuk waktu paparan selama delapan jam per hari adalah sebesar 85 dB, sedangkan untuk tingkat kebisingan yang melebihi batas tersebut, durasi paparan yang diizinkan akan semakin singkat (Harahap, 2016).

2.1.1 Sumber Kebisingan

Sumber kebisingan umumnya berasal dari aktivitas operasional mesin yang digunakan dalam berbagai bidang industri. Secara umum, kebisingan dapat diartikan sebagai suara yang menimbulkan gangguan terhadap pendengaran, baik yang bersumber dari objek bergerak maupun yang bersifat statis. Bunyi bising dapat muncul dari beragam kegiatan, seperti aktivitas industri, perdagangan, konstruksi, penggunaan alat pembangkit tenaga, transportasi, maupun kegiatan domestik. Dalam konteks industri, sumber kebisingan dapat dikelompokkan menjadi tiga jenis utama, yaitu:

1) Mesin

Kebisingan yang ditimbulkan oleh operasi mesin-mesin produksi di lingkungan pabrik atau industri.

2) Vibrasi

Kebisingan yang muncul akibat getaran yang ditimbulkan oleh gesekan, benturan, atau ketidakseimbangan gerakan pada komponen mesin. Fenomena ini umumnya terjadi pada bagian seperti roda gigi, roda gila, batang torsi, piston, kipas, dan bantalan.

3) Pergerakan udara, gas, dan cairan

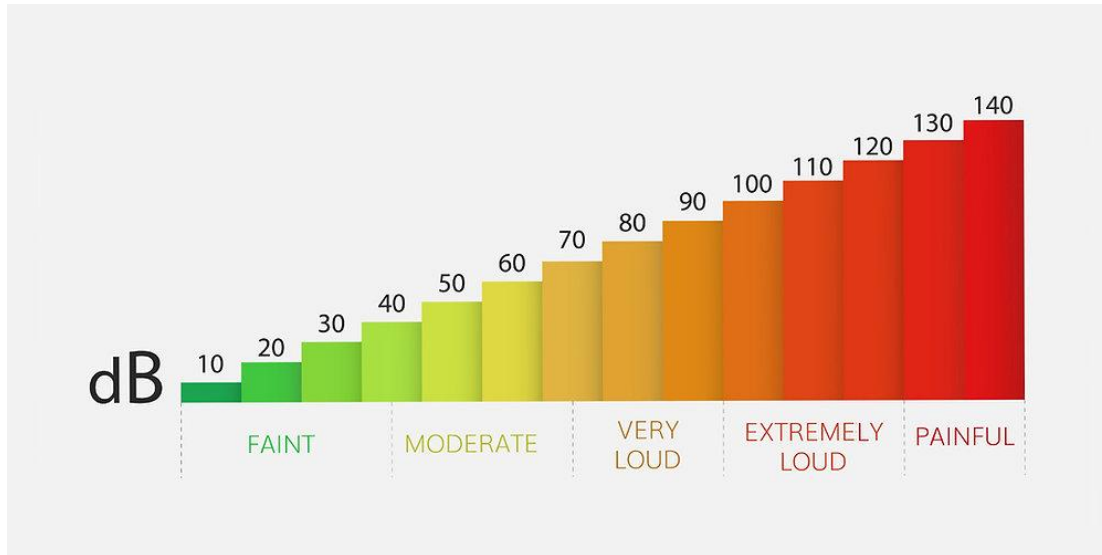
Jenis kebisingan ini dihasilkan oleh pergerakan fluida (udara, gas, maupun cairan) dalam proses industri, misalnya pada sistem pipa penyalur, saluran gas buang, *jet*, maupun *flare boom* (Nasution, 2019).

2.1.2 Tingkatan Kebisingan

Menurut *World Health Organization* (WHO, 2018), tingkat kebisingan diklasifikasikan ke dalam tiga kategori berdasarkan intensitas desibel (dB), yaitu: (1) kategori aman dengan rentang 0–75 dB, (2) ambang batas bahaya pada kisaran 75–85 dB, dan (3) kategori berbahaya apabila melebihi 85 dB. Seiring perkembangan zaman, berbagai teknologi tepat guna telah dikembangkan untuk mendukung aktivitas manusia dalam kehidupan sehari-hari, termasuk dalam upaya mengatasi berbagai permasalahan yang muncul di era modern. Kemajuan pesat di bidang elektronika turut ditandai oleh

perkembangan komponen yang semakin efisien, fungsional, dan praktis dalam bentuk fisiknya. Melalui penerapan teknologi elektronika tersebut, diharapkan dapat dihasilkan perangkat yang mampu meningkatkan efisiensi waktu kerja sekaligus berkontribusi dalam upaya perlindungan kesehatan pendengaran (Hamzah Hardi *dkk.*, 2022).

Gambar 2.1 Tingkatan Kebisingan



(Sumber: *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)*)

2.1.3 Jenis- jenis Kebisingan

Kebisingan dapat dibedakan ke dalam beberapa kategori berdasarkan karakteristik dan pola kemunculannya, yaitu sebagai berikut:

1. Kebisingan Kontinu dengan Spektrum Frekuensi Luas (*Steady State, Wide Band Noise*), Jenis kebisingan ini memiliki intensitas suara yang relatif stabil dan mencakup berbagai frekuensi. Contohnya adalah bunyi yang dihasilkan oleh kipas angin atau mesin berputar secara konstan.
2. Kebisingan Kontinu dengan Spektrum Frekuensi Sempit (*Steady State, Narrow Band Noise*), Merupakan kebisingan yang memiliki frekuensi dominan pada rentang tertentu. Contoh umum dari jenis ini adalah suara yang ditimbulkan oleh gergaji sirkuler atau katup gas saat beroperasi.
3. Kebisingan Terputus-Putus (*Intermittent Noise*), Tipe kebisingan yang tidak muncul secara teratur dan cenderung terjadi secara acak, seperti suara lalu lintas di jalan raya atau suara pesawat yang lepas landas dan mendarat di bandara.

4. Kebisingan Impulsif (*Impact or Impulsive Noise*), Jenis kebisingan yang memiliki durasi sangat singkat, di mana puncak tekanan suara tercapai dalam waktu kurang dari 35 milidetik dan menurun hingga 20 dB dalam kurun waktu di bawah 550 milidetik. Contohnya termasuk suara tembakan, ledakan, atau dentuman keras.
5. Kebisingan Impulsif Berulang, Kebisingan yang muncul secara berulang dengan intensitas yang relatif lebih rendah dibanding impuls tunggal. Contoh umumnya adalah bunyi mesin tempa atau mesin pukul di lingkungan industri. (Peppy Herawati, 2016).

Menurut Sari *dkk* (2023) kebisingan di lingkungan kerja dapat diklasifikasikan ke dalam dua kelompok utama, yaitu kebisingan tetap dan kebisingan tidak tetap.

1. Kebisingan Tetap (*Steady Noise*)

Jenis kebisingan ini dapat dibedakan menjadi dua kategori, yaitu:

- a. Kebisingan dengan Frekuensi Terputus (*Discrete Frequency Noise*), yakni kebisingan yang terdiri atas nada-nada tunggal pada berbagai frekuensi, seperti bunyi mesin atau kipas yang berputar.
- b. Kebisingan Lebar (*Broad Band Noise*), yaitu kebisingan dengan rentang frekuensi yang lebih luas, mencakup kombinasi antara frekuensi terputus dan beragam frekuensi lainnya.

2. Kebisingan Tidak Tetap (*Unsteady Noise*)

Tipe kebisingan ini dibagi menjadi tiga bentuk, yaitu:

- a. Kebisingan Fluktuatif (*Fluctuating Noise*), yaitu kebisingan yang mengalami perubahan intensitas secara terus-menerus dalam rentang waktu tertentu.
- b. Kebisingan Terputus-Putus (*Intermittent Noise*), yang ditandai dengan perubahan tingkat kebisingan yang tidak beraturan, misalnya kebisingan lalu lintas di jalan raya.
- c. Kebisingan Impulsif (*Impulsive Noise*), yaitu kebisingan berdurasi sangat singkat dengan intensitas tinggi, seperti suara ledakan, tembakan, atau benturan keras (Sari *dkk.*, 2023).

2.1.4 Dampak Kebisingan

a. Dampak Terhadap Pekerja

Kebisingan di lingkungan kerja telah terbukti menimbulkan berbagai dampak negatif terhadap kesehatan dan kinerja pekerja, antara lain sebagai berikut:

1. Gangguan Pendengaran:

Paparan kebisingan dengan intensitas melebihi 85 dBA secara terus-menerus dapat menyebabkan gangguan pendengaran, baik bersifat sementara maupun permanen. Pekerja yang beraktivitas di sekitar mesin pencuci batu bara dilaporkan lebih rentan mengalami penurunan kemampuan pendengaran akibat tingginya tingkat kebisingan.

2. Penurunan Konsentrasi dan Produktivitas:

Yuliana *dkk.* (2022) mengemukakan bahwa pekerja yang terpapar kebisingan mengalami kesulitan dalam mempertahankan konsentrasi, lebih sering melakukan kesalahan kerja, serta memerlukan pengulangan komunikasi akibat terganggunya persepsi suara.

3. Gangguan Emosi dan Psikologis:

Menurut temuan Meilasari *dkk.* (2021), paparan kebisingan dapat memicu stres, kelelahan mental, iritabilitas (mudah marah), serta gangguan tidur pada pekerja di lingkungan industri.

4. Kelelahan Kerja:

Terdapat korelasi yang signifikan antara tingkat kebisingan dan tingkat kelelahan pada operator mesin. Yuliana *dkk.* (2022) melaporkan bahwa pekerja yang terpapar kebisingan mengalami penurunan stamina serta motivasi kerja.

5. Gangguan Kesehatan Fisik:

Paparan kebisingan dalam jangka panjang juga berpotensi meningkatkan tekanan darah dan menjadi salah satu faktor risiko penyakit kardiovaskular. Abbasi *dkk.* (2011) dalam penelitiannya terhadap penduduk Kota Kerman, Iran, menemukan adanya hubungan antara kebisingan lingkungan dan peningkatan risiko gangguan sistem kardiovaskular.

b. Dampak Terhadap Pemukiman Sekitar

Kebisingan tidak hanya memberikan dampak negatif bagi para pekerja di lingkungan industri, tetapi juga memengaruhi masyarakat yang bermukim di sekitar area tersebut. Dampak yang ditimbulkan antara lain sebagai berikut:

1. Gangguan Tidur dan Istirahat:

Kristiyanto (2013) dalam penelitiannya terhadap masyarakat yang tinggal di sekitar area bandara menemukan bahwa paparan kebisingan dengan intensitas tinggi secara signifikan menurunkan kualitas tidur dan mengganggu waktu istirahat penduduk di sekitarnya.

2. Penurunan Kualitas Hidup:

Abbasi *dkk.* (2011) menyatakan bahwa kebisingan berlebih di lingkungan tempat tinggal dapat menurunkan tingkat kenyamanan, mengganggu interaksi sosial, serta menimbulkan keluhan fisik seperti sakit kepala dan stres ringan pada masyarakat yang terpapar.

3. Gangguan Proses Belajar:

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa anak-anak yang tinggal di wilayah dengan tingkat kebisingan tinggi cenderung mengalami kesulitan dalam memahami materi pembelajaran akibat terganggunya konsentrasi. Meskipun penelitian yang dikutip tidak menjelaskan secara rinci, temuan ini sejalan dengan literatur mengenai pengaruh kebisingan terhadap kinerja kognitif.

4. Gangguan Komunikasi:

Yuliana *dkk.* (2022) melaporkan bahwa kebisingan dari mesin di sekitar area pembangkit menyebabkan kesulitan komunikasi, baik dalam interaksi langsung maupun melalui media seperti telepon, bagi masyarakat dan pekerja di sekitarnya.

2.2 Nilai Ambang Batas Kebisingan pada Kawasan Industri

Nilai Ambang Batas (NAB) berfungsi sebagai pedoman dalam pengendalian kebisingan di tempat kerja untuk mencegah timbulnya gangguan pendengaran pada pekerja. Berdasarkan Permenaker Nomor 5 Tahun 2018 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja, NAB merupakan tingkat intensitas kebisingan rata-rata yang masih dapat diterima oleh tenaga kerja tanpa menyebabkan gangguan kesehatan, dengan waktu paparan maksimum delapan jam setiap hari atau empat puluh jam dalam satu minggu kerja..

Tabel 2.1 NAB Kebisingan Menurut Permenaker Nomor 5 Tahun 2018.

Waktu Pemajangan per Hari		Intensitas kebisingan db
8	Jam	85
4		88
2		91
1		94
30	Menit	97
15		100
7,5		103
3,75		106
1,88		109
0,94		112
28,12	Detik	115
14,06		118
7,03		121
3,52		124
1,76		127
0,88		130
0,44		133
0,22		136
0,11		139

(Sumber: Peraturan Menteri Ketenagakerjaan RI No. 5 Tahun 2018.)

2.2.1 Baku Mutu Tingkat Kebisingan

Baku mutu kebisingan merupakan batas tertinggi tingkat suara yang diperbolehkan untuk dikeluarkan ke lingkungan akibat suatu aktivitas atau kegiatan usaha, yang bertujuan untuk mencegah dampak negatif terhadap kesehatan manusia serta menjaga kualitas dan kenyamanan lingkungan sekitar. Ketentuan ini diatur dalam Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor KEP-48/MENLH/11/1996 tentang Baku Tingkat Kebisingan, yang ditetapkan pada 25 November 1996. Dalam regulasi tersebut, tingkat kebisingan diukur menggunakan satuan desibel (dB) dan digunakan sebagai acuan dalam penentuan standar kebisingan untuk berbagai peruntukan kawasan dan aktivitas lingkungan (Balirante et al., 2020).

Tabel 2.2 Baku Mutu Tingkat Kebisingan

No	Peruntukan Kawasan/Lingkungan Kegiatan	Tingkat Kebisingan dB(A)
1	Perumahan dan	55

	Pemukiman	
2	Perdagangan dan Jasa	70
3	Perkantoran dan Perdagangan	65
4	Ruang Terbuka Hijau	50
5	Industri	70
6	Bandar Udara	75
7	Pemerintahan dan Fasilitas Umum	60
8	Rekreasi	70
9	Rumah Sakit dan Sejenisnya	55
10	Sekolah atau Sejenisnya	55
11	Tempat Ibadah atau Sejenisnya	55

(Sumber : Kep.Men-48/MEN.LH/11/1996)

2.2.2 Standar Kebisingan Internasional

Selain regulasi nasional, berbagai standar internasional juga dijadikan acuan penting dalam penelitian mengenai kebisingan. *World Health Organization* (WHO, 2018) menetapkan bahwa batas tingkat kebisingan untuk kawasan permukiman adalah sebesar 55 dB(A) pada siang hari dan 45 dB(A) pada malam hari. Sementara itu, *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) merekomendasikan batas paparan kebisingan sebesar 85 dB(A) untuk durasi kerja delapan jam per hari sebagai nilai ambang batas bagi pekerja di lingkungan industri. Jika dibandingkan, standar nasional di Indonesia—seperti yang tercantum dalam Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Nomor 5 Tahun 2018 dan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 48 Tahun 1996 pada dasarnya memiliki kesamaan, namun WHO memberikan penekanan lebih besar terhadap dampak jangka panjang kebisingan pada masyarakat umum, bukan hanya terhadap tenaga kerja. Hal ini menegaskan pentingnya penelitian kebisingan yang mempertimbangkan perspektif nasional dan internasional agar menghasilkan analisis yang lebih menyeluruh dan komprehensif.

2.3 Pengukuran Kebisingan

Alat yang digunakan untuk mengukur tingkat kebisingan di lingkungan kerja terdiri dari beberapa jenis instrumen, masing-masing dengan fungsi dan karakteristik tersendiri, antara lain:

1) *Sound Level Meter*

Alat ini digunakan untuk mengukur tingkat kebisingan pada rentang 30–130 dB(A) dengan frekuensi antara 20–20.000 Hz. Komponen utama SLM meliputi mikrofon, penguat (*amplifier*), serta unit penunjuk elektronik. Alat ini memiliki 3 skala pengukuran utama, yaitu:

a. Skala A

digunakan untuk menunjukkan sensitivitas tertinggi terhadap frekuensi rendah dan tinggi, menyerupai respons pendengaran manusia pada intensitas yang rendah.

b. Skala B

digunakan untuk menilai tingkat kepekaan telinga pada bunyi dengan intensitas sedang.

c. Skala C

digunakan untuk mengukur bunyi dengan intensitas tinggi. Selain itu, alat ini dapat dilengkapi dengan *Octave Band Analyzer* untuk analisis frekuensi lebih lanjut.

2) *Octave Band Analyzer*

Alat ini berfungsi untuk menganalisis distribusi frekuensi dari suatu sumber kebisingan. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan filter-filter yang disusun berdasarkan pita oktaf (*octave bands*).

3) *Narrow Band Analyzer*

Alat ini digunakan untuk melakukan analisis frekuensi secara lebih mendetail, sering disebut juga sebagai analisis spektrum sempit (*narrow spectrum analysis*), guna mengidentifikasi karakteristik bunyi secara spesifik.

4) *Tape Recorder* Kualitas tinggi

Alat ini berfungsi untuk merekam bunyi yang bersifat tidak kontinu atau terputus-putus. Rekaman yang dihasilkan kemudian dianalisis di laboratorium. Perangkat ini mampu mencatat frekuensi dalam rentang 20 Hz hingga 20 kHz.

5) *Impact Noise Analyzer*

Digunakan untuk mengukur kebisingan yang bersifat impulsif, yaitu kebisingan yang timbul secara tiba-tiba dalam durasi yang sangat singkat, seperti suara benturan atau ledakan.

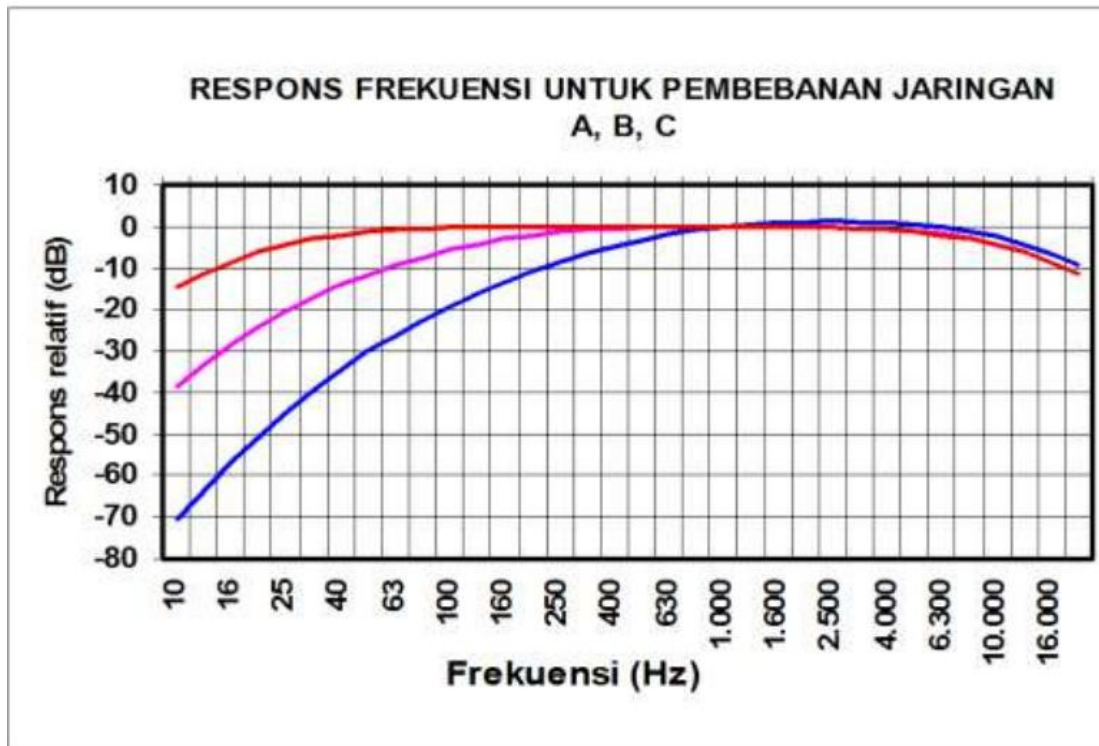
6) *Noise Logging Dosimeter*

Alat ini digunakan untuk menganalisis kebisingan dalam periode waktu panjang, biasanya selama 24 jam. Hasil pengukuran kemudian diolah menggunakan komputer untuk menghasilkan grafik atau profil tingkat kebisingan harian (Feidihal, 2007).

2.3.1 Satuan Desibel (dB)

Desibel (dB) merupakan satuan logaritmik yang digunakan untuk menyatakan tingkat intensitas bunyi atau tekanan suara (Basuki, 1986). Dalam pengukurannya, dikenal beberapa jenis skala desibel, yaitu dBA, dBB, dan dBC, yang masing-masing disesuaikan dengan rentang frekuensi tertentu untuk merepresentasikan respons pendengaran manusia terhadap berbagai tingkat kebisingan. Dalam praktik pengukuran, tingkat kebisingan umumnya dinyatakan dalam satuan dBA (Harris, 1991). Pengukuran kebisingan menggunakan *sound level meter* dengan skala A dianggap memberikan hasil yang representatif meskipun tidak sepenuhnya akurat dalam menggambarkan persepsi pendengaran manusia (Basuki, 1986). Skala A digunakan untuk menunjukkan bahwa telinga manusia memiliki tingkat sensitivitas yang berbeda terhadap berbagai frekuensi suara (Harris, 1991). Nilai kebisingan yang diukur dengan beban skala A atau dBA mencerminkan tekanan suara yang paling sesuai dengan respons subjektif pendengaran manusia dewasa. Selain itu, *sound level meter* umumnya dilengkapi dengan dua mode pengukuran, yakni respons lambat (*slow response*) dan respons cepat (*fast response*). Kedua mode tersebut digunakan untuk menilai tingkat sensitivitas alat terhadap perubahan fluktuasi suara serta mengidentifikasi nilai maksimum dari tekanan bunyi (Satoto, 2018). Perbedaan karakteristik antara skala dBA, dBB, dan dBC dapat diamati pada ilustrasi berikut:

Gambar 2.2 Karakteristik Respon SLM untuk Perbedaan A, B, dan C



2.3.2 Metode Pengukuran Tingkat Kebisingan

Pengukuran kebisingan di lingkungan kerja dilakukan dengan menggunakan alat *Sound Level Meter* (SLM). Sebelum pengukuran dilakukan, perlu dipahami bahwa intensitas bunyi didefinisikan sebagai jumlah energi suara yang melewati suatu bidang tegak lurus setiap detik. Secara umum, terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengukur tingkat kebisingan pada lokasi kerja, yaitu:

1. Pengukuran dengan titik sampling

Metode ini diterapkan ketika tingkat kebisingan pada suatu area diperkirakan telah melampaui nilai ambang batas pada satu atau beberapa titik pengukuran. Teknik titik sampling juga digunakan untuk menilai intensitas kebisingan yang ditimbulkan oleh peralatan sederhana, seperti generator atau kompresor. Dalam pelaksanaannya, jarak antara sumber bunyi dan alat ukur harus dicatat secara tepat, misalnya pada posisi tiga meter dari sumber suara dengan ketinggian sekitar satu meter. Selain itu, posisi dan arah mikrofon pada alat pengukur perlu diatur dengan benar agar hasil pengukuran tetap konsisten dan dapat dibandingkan secara akurat.

2. Pengukuran dengan peta kontur

Metode ini digunakan untuk menggambarkan distribusi kebisingan di suatu area secara visual melalui peta kontur. Peta tersebut umumnya menggunakan sistem kode warna untuk menunjukkan tingkat intensitas kebisingan: warna hijau menandakan tingkat di bawah 85 dBA, kuning menunjukkan rentang antara 85–90 dBA, dan oranye mewakili intensitas di atas 90 dBA. Pendekatan ini sangat berguna untuk menilai sebaran spasial kebisingan serta membantu dalam proses mitigasi di lingkungan kerja.

3. Pengukuran menggunakan aplikasi handphone

Metode ini memiliki prinsip kerja serupa dengan *Sound Level Meter*, namun berbeda pada aspek perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan. Agar hasilnya akurat, aplikasi ponsel perlu dikalibrasi agar tingkat sensornya sebanding dengan alat ukur kebisingan konvensional. Proses kalibrasi dilakukan dengan menyesuaikan nilai desibel yang muncul pada layar ponsel terhadap hasil yang ditunjukkan oleh *Sound Level Meter* pembanding. Menurut Pusat Penelitian dan Pengembangan Kalibrasi, Instrumentasi, dan Metrologi (PPI KIM), kalibrasi aplikasi ponsel dapat dilakukan dengan menambahkan penyesuaian sebesar 0–6 dBA sesuai perbedaan hasil pengukuran. Langkah praktisnya yaitu dengan menempatkan *Sound Level Meter* di samping ponsel, kemudian membuka menu pengaturan pada aplikasi, memilih opsi kalibrasi, dan menyesuaikan nilai berdasarkan selisih yang terdeteksi. (Erliana & Suhada Sinaga, 2020).

Metode pengukuran tingkat kebisingan yang dijelaskan dalam Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor KEP-48/MENLH/11/1996 meliputi dua pendekatan utama, yaitu:

1. Pengukuran Sederhana

Pada metode ini, pengambilan data dilakukan menggunakan *Sound Level Meter* selama durasi 10 menit. Pembacaan tingkat kebisingan dilakukan secara berkala setiap 5 detik untuk memperoleh nilai intensitas bunyi dalam satuan desibel (dB).

2. Pengukuran Langsung

Pendekatan ini menggunakan *Integrating Sound Level Meter* yang dilengkapi dengan fasilitas pengukuran *LTM5* atau *Leq* (Equivalent Continuous Noise Level). Proses pengukuran berlangsung selama 10 menit dengan interval pembacaan setiap 5 detik untuk mendapatkan nilai rata-rata kebisingan secara kontinu.

2.3.3 Metode Analisis Spasial Kebisingan dengan GIS

Perkembangan teknologi pemetaan berbasis *Geographic Information System* (GIS) telah memberikan peningkatan signifikan terhadap akurasi dan pemahaman dalam analisis kebisingan. Melalui GIS, data hasil pengukuran lapangan dapat diolah menjadi peta distribusi spasial, sehingga tingkat kebisingan pada suatu wilayah dapat divisualisasikan secara lebih jelas dan informatif. Dalam konteks penelitian kebisingan, metode ini umumnya dilakukan dengan mengukur intensitas suara pada beberapa titik pengamatan, mencatat koordinat GPS di setiap lokasi, kemudian mengolah data tersebut menggunakan perangkat lunak pemetaan seperti *ArcGIS*.

Berbagai penelitian di Indonesia telah mulai menerapkan metode ini. Misalnya, studi yang dilakukan oleh Yunita dkk. (2022) di Universitas Syiah Kuala berhasil memetakan tingkat kebisingan pada tiga titik persimpangan utama dengan menggunakan perangkat lunak *ArcGIS*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat kebisingan berada pada kisaran 81–88 dB(A), yang telah melampaui ambang batas kebisingan untuk kawasan pendidikan, yakni sebesar 55 dB(A). Temuan ini menunjukkan bahwa penerapan GIS efektif dalam menggambarkan persebaran kebisingan secara visual melalui peta kontur, serta mempermudah analisis terhadap zona-zona yang memiliki tingkat paparan kebisingan tinggi. (Yunita dkk., 2022).

Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Fariz (2022) dalam *Jurnal Envirotek* menyoroti bahwa penerapan GIS dalam pemetaan kebisingan di Indonesia masih menghadapi keterbatasan, khususnya pada aspek metode interpolasi yang digunakan. Sebagian besar penelitian masih menggunakan interpolasi sederhana seperti *Inverse Distance Weighting* (IDW), padahal metode lain seperti *Kriging* dapat menghasilkan visualisasi yang lebih detail dan akurat. Kondisi ini menunjukkan bahwa masih terdapat peluang untuk melakukan pengembangan lebih lanjut dalam penerapan metode analisis spasial kebisingan berbasis (Ridho Fariz, 2022).

Secara keseluruhan, berbagai hasil penelitian tersebut menegaskan bahwa penggunaan GIS dalam analisis kebisingan tidak hanya berfungsi untuk menyajikan data numerik, tetapi juga mampu menghasilkan representasi visual yang komunikatif. Melalui peta kontur kebisingan, hasil penelitian menjadi lebih mudah dipahami oleh pihak manajemen, pemerintah daerah, maupun masyarakat, sehingga dapat mendukung proses

pengambilan keputusan dalam pengendalian kebisingan di lingkungan perkotaan maupun industri.

2.4 Penelitian Terdahulu

Berikut ini adalah Tabel **2.3** yang berisi penelitian terdahulu yang dijadikan referensi dalam penelitian ini



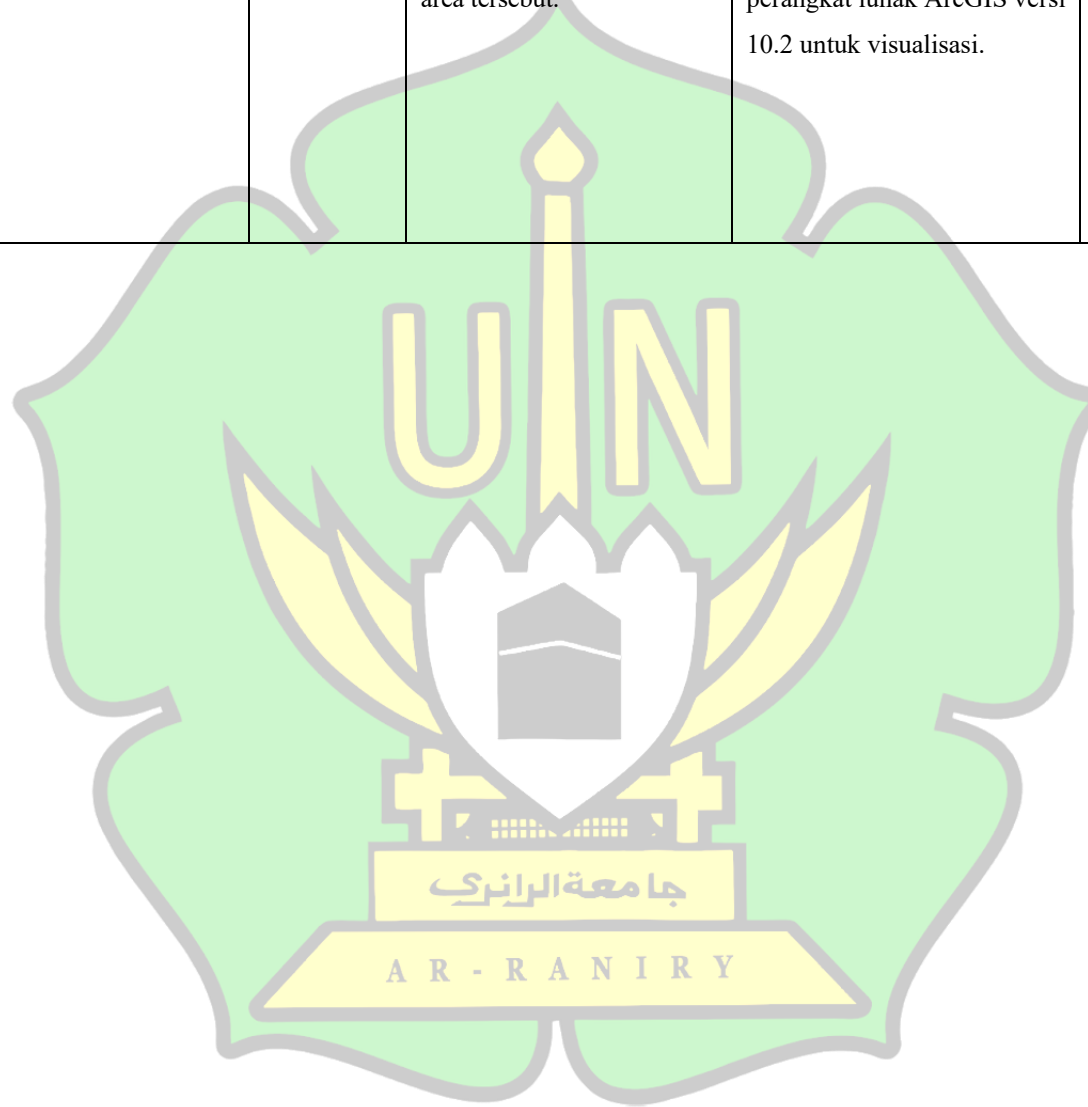
Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Tahun Penelitian	Permasalahan	Metode Pengolahan Yang digunakan	Hasil Penelitian
1	Adian Aristia Anas, Zakaria, Yeggi Darnas, dan Nurhadia Humaira.	AnalisaTingkat Kebisingan di Area Kerja PLTD Rema Kabupaten Gayo Lues.	2024	Tingginya tingkat polusi kebisingan yang berasal dari mesin operasional. Tingkat kebisingan yang berlebihan ini berpotensi merusak sistem pendengaran serta mengganggu efektivitas komunikasi antar karyawan saat mereka berada di dalam area kerja.	Analisis deskriptif kuantitatif, pemetaan tingkat kebisingan, serta pengumpulan data primer dan sekunder.	karyawan PLTD Rematerhadap kebisingandi dalam wilayah kerjadidapatkan H_0 (diterima), serta kebisingan di ruang mesin tidak mempenagruhi karyawan.
2	M Ikmalul Huda, Wahyudin, Erlan Siswandi, dan Azwaruddin.	Pemetaan Tingkat Kebisingan Akibat Kegiatan OperAsional Mesin Pembangkit PT PLN (Persero) ULPL Ampenan di Daerah Tanjung Karang.	2022	Tingginya tingkat kebisingan yang dihasilkan dari operasional mesin pembangkit listrik milik PT PLN (Persero) ULPL Ampenan, serta mengganggu kesehatan pekerja dan masyarakat sekitar.	Penelitian ini dilakukan dengan metode survei, pengumpulan data, dan teknik analisis data.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat kebisingan di area produksi mencapai 100,9 dB, jauh di atas ambang batas yang ditetapkan. Kemudian, perlunya pengendalian kebisingan demi melindungi kesehatan dan kenyamanan lingkungan sekitar.

3	James Evert Adolf Liku, Miyanda Putri Siswanto, Komeyni Rusba.	Evaluasi Tingkat Kebisingan Di Pt Pln Nusantara Power Up Kaltim Teluk.	2024	tingkat kebisingan di area boiler PLTU PT PLN Nusantara sangat tinggi, dan membuat para pekerja tidak nyaman serta menyebabkan kelelahan, gangguan komunikasi dan penurunan konsentrasi.	Penelitian ini menggunakan metode deskriptif dan evaluatif untuk menggambarkan kondisi paparan kebisingan di lingkungan kerja.	menunjukkan bahwa hampir seluruh titik pengukuran, baik di boiler unit 1 maupun unit 2, memiliki tingkat kebisingan yang melebihi ambang batas (94 dBA untuk 1 jam paparan), kecuali di elevasi 46 pada boiler unit 1 yang masih dalam batas aman (91,9 dBA). Jenis kebisingan yang dominan adalah masking noise, yang menyebabkan komunikasi verbal sulit dilakukan di area kerja
4	Eka Safitri Sillehu, Indriati Paskarini, Fatima Tatroman, dan Sahrir Sillehu.	Kebisingan dan Stres Kerja Karyawan PT PLN (Persero) Kairatu.	2022	Kurangnya evaluasi dan pengendalian lingkungan kerja, kebisingan yang terlalu tinggi sehingga mengganggu antar pekerja, serta mengganggu masyarakat sekitar.	metode observasional analitik dengan desain cross-sectional, dilakukan pengumpulan data kuisioner, dan analisis data menggunakan Uji Square.	asil penelitian menunjukkan adanya hubungan signifikan antara kebisingan dan stres kerja dengan nilai $p = 0,02$. semakin tinggi kebisingan di tempat kerja, semakin besar kemungkinan karyawan mengalami stres kerja.
5.	Jusmawandi.	Analisis Kebisingan Daerah Perkotaan (Studi Kasus Kawasan PLTD Kabupaten Fakfak).	2025	tingginya tingkat kebisingan sehingga berdampak negatif terhadap kenyamanan, kesehatan, serta interaksi	Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif dengan pendekatan SWOT analysis, serta didukung oleh	asil penelitian menunjukkan bahwa selain menghasilkan kebisingan tinggi, PLTD belum memiliki sistem peredam suara maupun

				sosial masyarakat sekitar.	pengukuran langsung menggunakan Sound Level Meter, observasi lapangan, dan wawancara masyarakat.	evaluasi lingkungan berkala. Namun, terdapat peluang besar untuk mitigasi melalui penerapan teknologi akustik, kerja sama dengan pemerintah daerah, dan peningkatan kesadaran masyarakat.
6.	Intan Maghfirah	Analisis Intensitas Kebisingan Pada Kedai Kopi Di Kota Banda Aceh	2023	Tingginya tingkat kebisingan di kedai kopi yang berpotensi mengganggu kenyamanan serta kesehatan pendengaran pengunjung dan karyawan. Hasil uji pendahuluan menunjukkan tingkat kebisingan di tiga lokasi penelitian telah melebihi baku mutu 70 dB(A).	Menggunakan metode deskriptif kuantitatif. Data primer dari pengukuran diolah untuk mendapatkan nilai Level Kebisingan Siang-Malam (LSM) yang kemudian dibandingkan dengan baku mutu kebisingan.	Puncak kebisingan di ketiga kedai kopi terpilih telah melewati baku mutu 70 dB(A) , dengan rincian: Ali Kopi mencapai 81,5 dB(A) , Pas Kopi 73,5 dB(A) , dan 2EM Kupi 72,8 dB(A). Intensitas kebisingan tertinggi sering terjadi pada hari kerja (Senin) dibandingkan hari libur.
7	Riki Musrizal	Analisis Persebaran Kebisingan di Area Gardu Induk PT. PLN (Persero) Kota Banda Aceh	2020	Kebisingan yang dihasilkan oleh tiga mesin transformator di Gardu Induk PT. PLN (Persero) Kota Banda Aceh berpotensi berdampak buruk pada kesehatan dan pendengaran para pekerja di	Metode kuantitatif dengan pengukuran langsung menggunakan <i>Sound Level Meter</i> . Data tingkat kebisingan yang diperoleh kemudian diolah dan dipetakan persebarannya menggunakan	Tingkat kebisingan tertinggi berada di area Transformator 2 yaitu sebesar 84,8 dB , sedangkan yang terendah di area Kantor Unit Pelayanan Transmisi sebesar 55,4 dB. Seluruh hasil pengukuran masih berada di bawah Nilai Ambang

				area tersebut.	perangkat lunak ArcGIS versi 10.2 untuk visualisasi.	Batas (NAB) 85 dB untuk 8 jam kerja per hari. Jam puncak kebisingan terjadi pada malam hari antara pukul 19:00-19:20.
--	--	--	--	----------------	--	---



BAB III

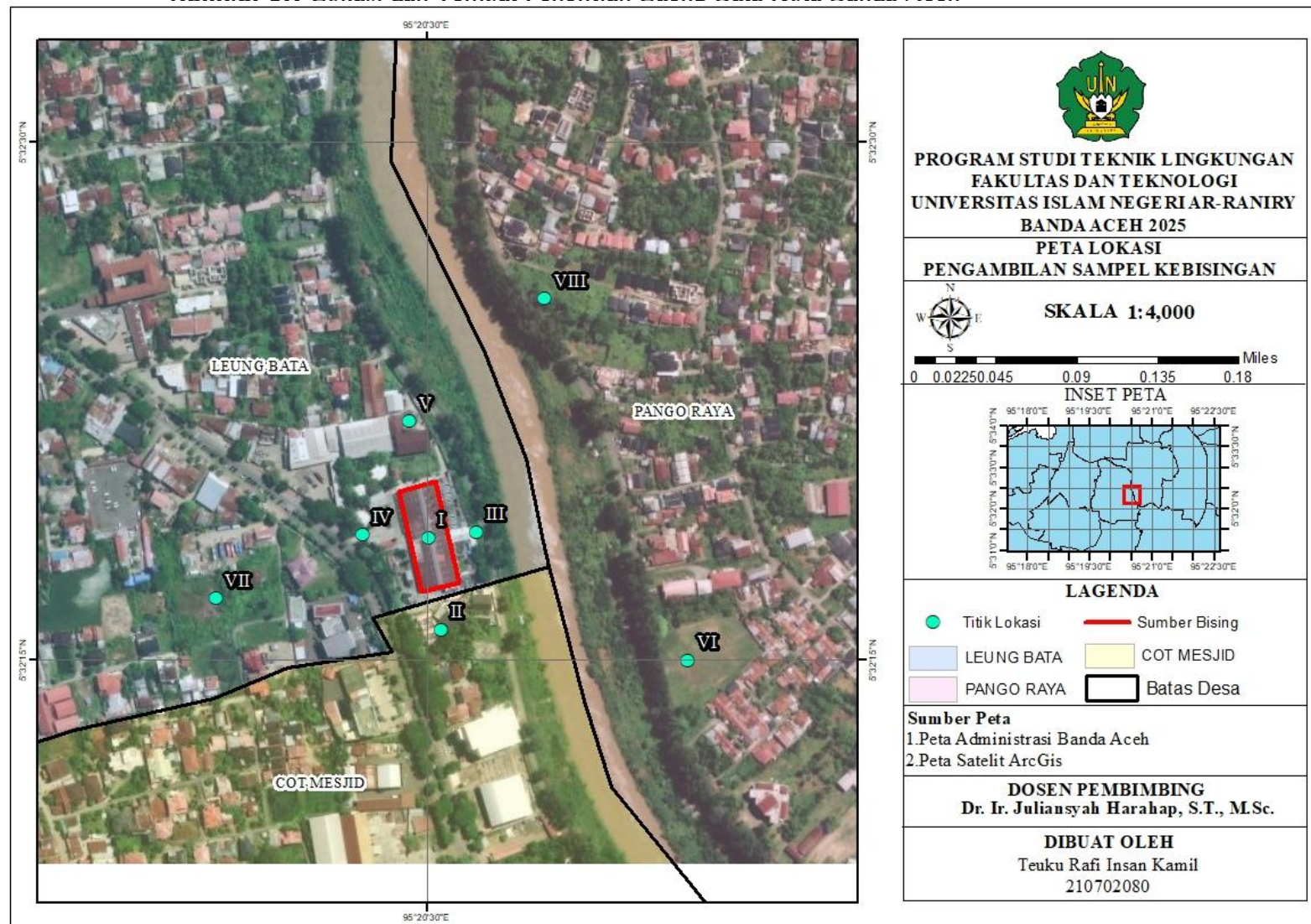
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di area PT PLN Nusantara Power ULPLTD Kota Banda Aceh yang berlokasi di Gampong Lueng Bata, Kecamatan Lueng Bata, Kota Banda Aceh. Secara geografis, lokasi penelitian berada pada koordinat 05°32'18,33" LU dan 95°20'29,69" BT. Lokasi ini dipilih karena merupakan salah satu pusat pembangkit listrik tenaga diesel dengan tingkat operasional yang tinggi serta berdekatan dengan kawasan permukiman penduduk dan fasilitas publik.

Pemilihan lokasi ini didasarkan pada karakteristik operasional PT PLN Nusantara Power ULPLTD yang berfungsi sebagai pusat pembangkit listrik dengan intensitas kerja tinggi. Kedekatan lokasi pembangkit dengan area permukiman dan fasilitas publik menjadikannya relevan sebagai objek penelitian. Kondisi tersebut berpotensi menimbulkan paparan kebisingan terhadap area sensitif di sekitarnya, sehingga analisis persebaran spasial kebisingan menjadi penting untuk memetakan jangkauan serta tingkat kebisingan yang dihasilkan selama aktivitas operasional berlangsung.

Gambar 3.1 Lokasi dan Tempat Penelitian Lueng Bata Kota Banda Aceh



3.2 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dalam penelitian ini mencakup dua jenis sumber data utama, yaitu data primer dan data sekunder. Kedua jenis data tersebut memiliki peran penting dalam mendukung upaya peneliti untuk menjawab rumusan masalah serta mencapai tujuan penelitian secara komprehensif.

3.2.1 Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh secara langsung di lapangan dari sumber pertama di lokasi penelitian. Dalam penelitian ini, data primer dikumpulkan melalui teknik pengukuran lapangan dan observasi langsung di area PT PLN Nusantara Power ULPLTD Kota Banda Aceh.

1. Pengukuran Lapangan: Dilakukan untuk mendapatkan data kuantitatif tingkat kebisingan menggunakan Sound Level Meter (SLM) pada titik-titik sampel yang telah ditentukan. Koordinat setiap titik juga dicatat menggunakan GPS untuk keperluan pemetaan spasial.
2. Observasi Langsung: Dilakukan untuk mengidentifikasi sumber-sumber utama kebisingan (misalnya, unit mesin genset, knalpot) dan mengamati kondisi lingkungan sekitar yang dapat memengaruhi penyebaran suara.

Berikut dapat dilihat pada Tabel 3.2 yaitu teknik pengumpulan dan kegunaan data primer dalam penelitian ini.

Tabel 3.2 Pengumpulan dan kegunaan data primer

No	Objek Data	Sumber Data	Kegunaan Data
1	Tingkat Kebisingan (dB)	Pengukuran langsung dengan <i>Sound Level Meter</i> di 8 titik sampel strategis di area PT PLN	Menjadi data utama untuk diolah menjadi nilai LAeq dan dianalisis sesuai tujuan penelitian pertama.

2	Lokasi Titik Sampel (Koordinat)	Pengukuran langsung dengan GPS atau penandaan pada citra satelit di setiap titik sampel.	Menjadi data spasial input untuk pemodelan dan pembuatan peta kontur kebisingan sesuai tujuan penelitian kedua.
3	Kondisi Operasional & Sumber Bising	Observasi langsung terhadap unit-unit mesin yang beroperasi di lokasi penelitian.	Membantu dalam interpretasi hasil pengukuran dan analisis sebaran kebisingan.

3.2.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari studi literatur, dokumen, dan sumber-sumber lain yang sudah ada. Studi literatur dilakukan untuk memperoleh landasan teori dan standar teknis yang relevan dengan analisis kebisingan dan pemetaan spasial.

Data sekunder yang digunakan meliputi peraturan pemerintah terkait baku mutu kebisingan, peta dasar area penelitian, serta jurnal dan penelitian terdahulu yang relevan. Rinciannya dapat dilihat pada Tabel 3.3

Tabel 3.3 Pengumpulan dan kegunaan data Sekunder

No	Objek Data	Sumber Data	Kegunaan Data
1	Baku Mutu Kebisingan	-Permenaker No. 5 Tahun 2018 -Kep.Men LH No. 48 Tahun 1996	Menjadi standar pembandingan untuk mengevaluasi apakah tingkat kebisingan di lokasi melebihi ambang batas yang diizinkan
2	Peta Dasar & Tata Letak Area	Dokumen internal perusahaan atau citra satelit (Google Earth).	Sebagai peta dasar untuk penentuan titik sampel dan visualisasi akhir peta kontur kebisingan.
3	Studi Literatur Terkait	Jurnal ilmiah, buku, dan laporan penelitian sebelumnya.	Membantu dalam interpretasi hasil pengukuran dan analisis sebaran kebisingan.

3.3 Metode Pengolahan Data

Data kebisingan yang telah dikumpulkan menggunakan Sound Level Meter (SLM) akan diolah untuk mendapatkan nilai Leq (*Equivalent Continuous Noise Level*). Mengapa Leq yang digunakan? Karena suara di area kerja tidak selalu konsisten, terkadang fluktuatif tergantung pada mesin yang beroperasi. Oleh karena itu, Leq berfungsi sebagai nilai rata-rata kebisingan yang setara, sehingga lebih mudah digunakan untuk analisis. Perhitungan Leq dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Leq = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{Li}{10}} \right)$$

dengan keterangan:

Leq = Equivalent Continuous Noise Level (dB(A))

Li = hasil pengukuran kebisingan pada interval ke-i (dB(A))

n = jumlah data hasil pengukuran

Langkah perhitungan Leq adalah sebagai berikut:

1. Mengumpulkan data hasil pengukuran kebisingan pada titik pengukuran dengan interval waktu tertentu (misalnya setiap 1 menit selama 15 menit).
2. Mengubah data hasil pengukuran Li ke bentuk energi dengan persamaan $10^{Li/10}$.
3. Menjumlahkan seluruh nilai energi hasil konversi, lalu membagi dengan jumlah data (n).
4. Mengubah hasil rata-rata energi tersebut ke bentuk desibel dengan menggunakan logaritma.
5. Nilai yang diperoleh merupakan Leq pada titik pengukuran tersebut.

Hasil perhitungan Leq kemudian dibandingkan dengan Nilai Ambang Batas (NAB) kebisingan berdasarkan Permenaker No. 5 Tahun 2018, yaitu 85 dB(A) untuk waktu paparan 8 jam per hari. Jika nilai $Leq \leq 85$ dB(A), maka tingkat kebisingan masih aman untuk pekerja. Namun, jika nilai $Leq > 85$ dB(A), maka tingkat kebisingan sudah melebihi NAB dan berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan akibat kebisingan.

3.4 Metode Analisis Data

3.4.1 Analisis Kondisi Eksisting Kebisingan di PT PLN (ULPLTD)

Untuk memperoleh gambaran yang akurat mengenai kondisi kebisingan di lapangan, data hasil pengukuran pada setiap titik sampel dihitung nilai *Equivalent Continuous Noise Level* (LAeq)-nya. Nilai LAeq digunakan karena intensitas kebisingan di lapangan bersifat fluktuatif, tergantung pada jumlah dan jenis mesin yang sedang beroperasi. Hasil perhitungan LAeq pada setiap titik pengamatan kemudian dibandingkan dengan *Nilai Ambang Batas* (NAB) kebisingan yang ditetapkan dalam Permenaker Nomor 5 Tahun 2018, yaitu sebesar 85 dB(A) untuk durasi paparan selama delapan jam kerja. Perbandingan ini digunakan untuk menentukan apakah tingkat kebisingan di area penelitian masih berada dalam kategori aman atau telah melampaui batas standar yang diizinkan. Untuk mempermudah interpretasi, hasil analisis disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

3.4.2 Analisis dan Pemodelan Kebisingan

Untuk menggambarkan persebaran tingkat kebisingan secara spasial, data dari setiap titik sampel yang telah dicatat koordinatnya menggunakan *Global Positioning System* (GPS) diolah lebih lanjut dengan perangkat lunak pemetaan seperti. Pengolahan data dilakukan menggunakan metode interpolasi, salah satunya yaitu *Inverse Distance Weighting* (IDW), yang berfungsi untuk memodelkan distribusi kebisingan di sekitar area penelitian. Hasil pengolahan ini menghasilkan peta kontur kebisingan dengan gradasi warna berbeda yang merepresentasikan tingkat intensitas kebisingan misalnya warna hijau untuk tingkat di bawah 85 dB, kuning untuk rentang 85–90 dB, dan merah untuk intensitas di atas 90 dB. Melalui visualisasi peta tersebut, dapat diidentifikasi zona-zona dengan tingkat kebisingan tinggi serta area yang berpotensi terdampak terhadap lingkungan sekitarnya.

3.5 Metode Penyajian Data

Dalam penelitian ini, data yang telah dikumpulkan akan disajikan dengan cara yang sederhana dan mudah dipahami. Hasil pengukuran tingkat kebisingan di setiap titik akan ditampilkan dalam bentuk tabel agar nilai desibel (dBA) yang diperoleh terlihat jelas. Selain itu, data juga akan divisualisasikan dalam bentuk grafik untuk menunjukkan perbandingan antar titik pengukuran serta pola perubahan kebisingan pada waktu yang berbeda (pagi, siang, malam).

Selanjutnya, untuk menunjukkan persebaran kebisingan di area PT PLN Nusantara Power ULPLTD Kota Banda Aceh, data akan diolah menggunakan aplikasi komputer (seperti Google Earth/ArcGIS) sehingga menghasilkan peta kontur kebisingan. Peta ini akan memperlihatkan zona-zona dengan warna yang berbeda sesuai dengan tingkat kebisingan, sehingga dapat diketahui area mana di dalam PLTD yang memiliki potensi bahaya kebisingan tinggi bagi pekerja maupun orang yang beraktivitas didalamnya.

Dengan cara ini, data penelitian tidak hanya disajikan dalam bentuk angka, tetapi juga divisualisasikan sehingga lebih mudah untuk dianalisis dan dapat langsung dibandingkan dengan baku mutu kebisingan yang berlaku.

3.6 Prosedur Pengukuran Lapangan

Penelitian ini mengukur tingkat kebisingan menggunakan *Sound Level Meter* (SLM) yang telah dikalibrasi sebelumnya. Sesuai dengan standar SNI 7231:2009, Alat diletakkan pada ketinggian sekitar $\pm 1,2-1,5$ meter di atas permukaan tanah untuk merepresentasikan ketinggian telinga manusia, sesuai dengan standar pengukuran kebisingan di lingkungan kerja.

Pengambilan data kebisingan untuk penelitian ini berlangsung selama tiga minggu. Di PT PLN Nusantara Power, pengukuran dilakukan pada hari tertentu disaat mesin pada industri tersebut untuk membandingkan intensitas kebisingannya. Sampel data diambil dari 8 titik strategis di area sekitar PLN tersebut, yaitu bagian depan, dalam, belakang, kiri, dan kanan.

Di setiap titik yang telah ditentukan, pengukuran dilakukan dengan prosedur sebagai berikut:

- *Sound Level Meter* diposisikan pada ketinggian 1,2–1,5 meter dari permukaan tanah, yang mewakili zona pendengaran rata-rata pekerja.
- Pengukuran dilakukan selama 10 menit di setiap sesi, dengan data tingkat kebisingan (dBA) dicatat setiap 5 detik untuk memperoleh total 120 data. Durasi 10 menit ini dipilih untuk mendapatkan nilai LAeq yang stabil dan representatif.
- Selama pengukuran, kondisi operasional seperti jumlah mesin yang aktif dan aktivitas signifikan lainnya akan dicatat untuk mendukung analisis data.

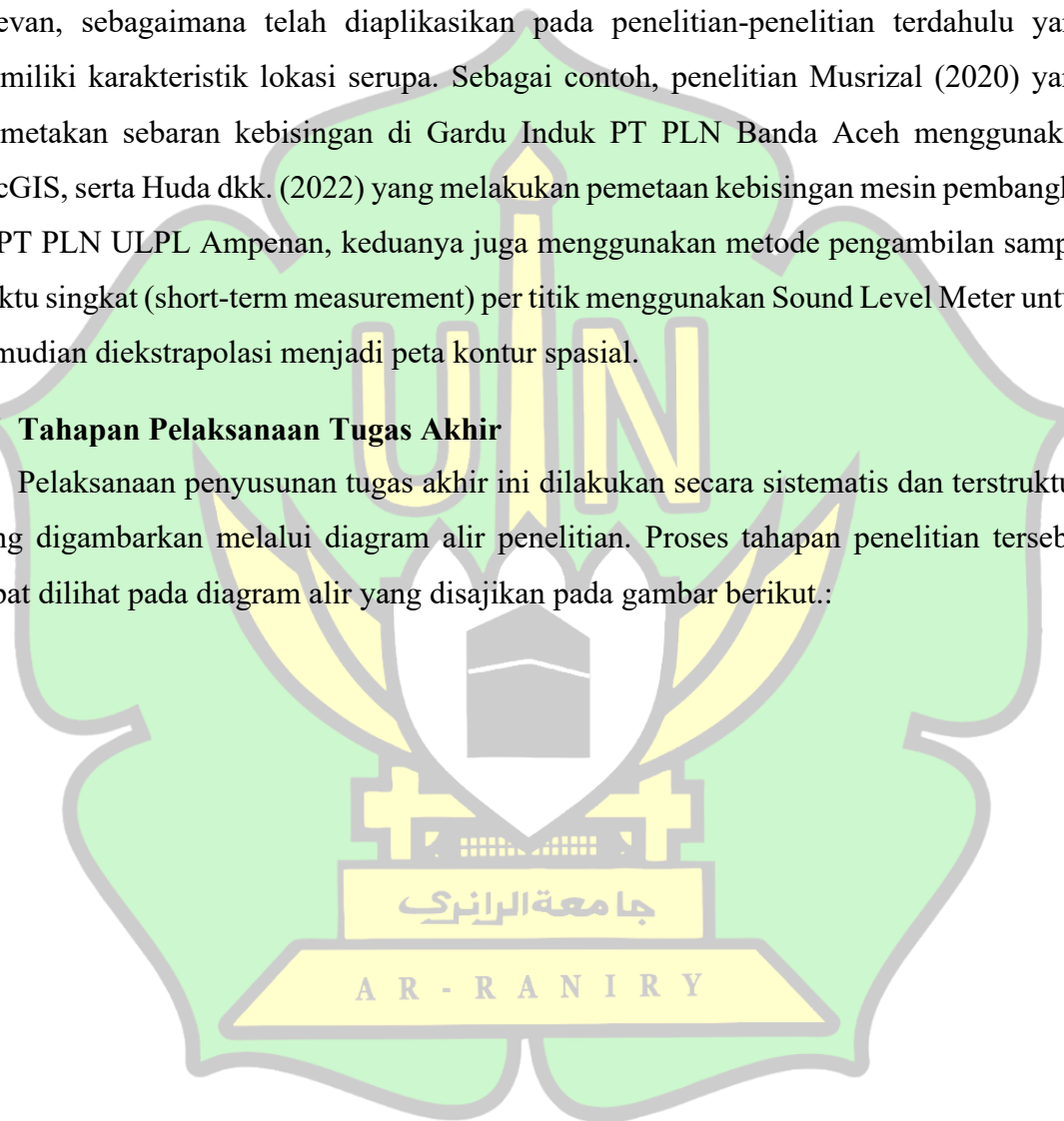
Pengambilan data dilakukan pada saat mesin dalam kondisi menyala untuk memperoleh hasil yang mencerminkan situasi operasional sebenarnya di lapangan. Pengukuran tingkat kebisingan dilakukan pada radius sekitar 200 meter dan disekitar area

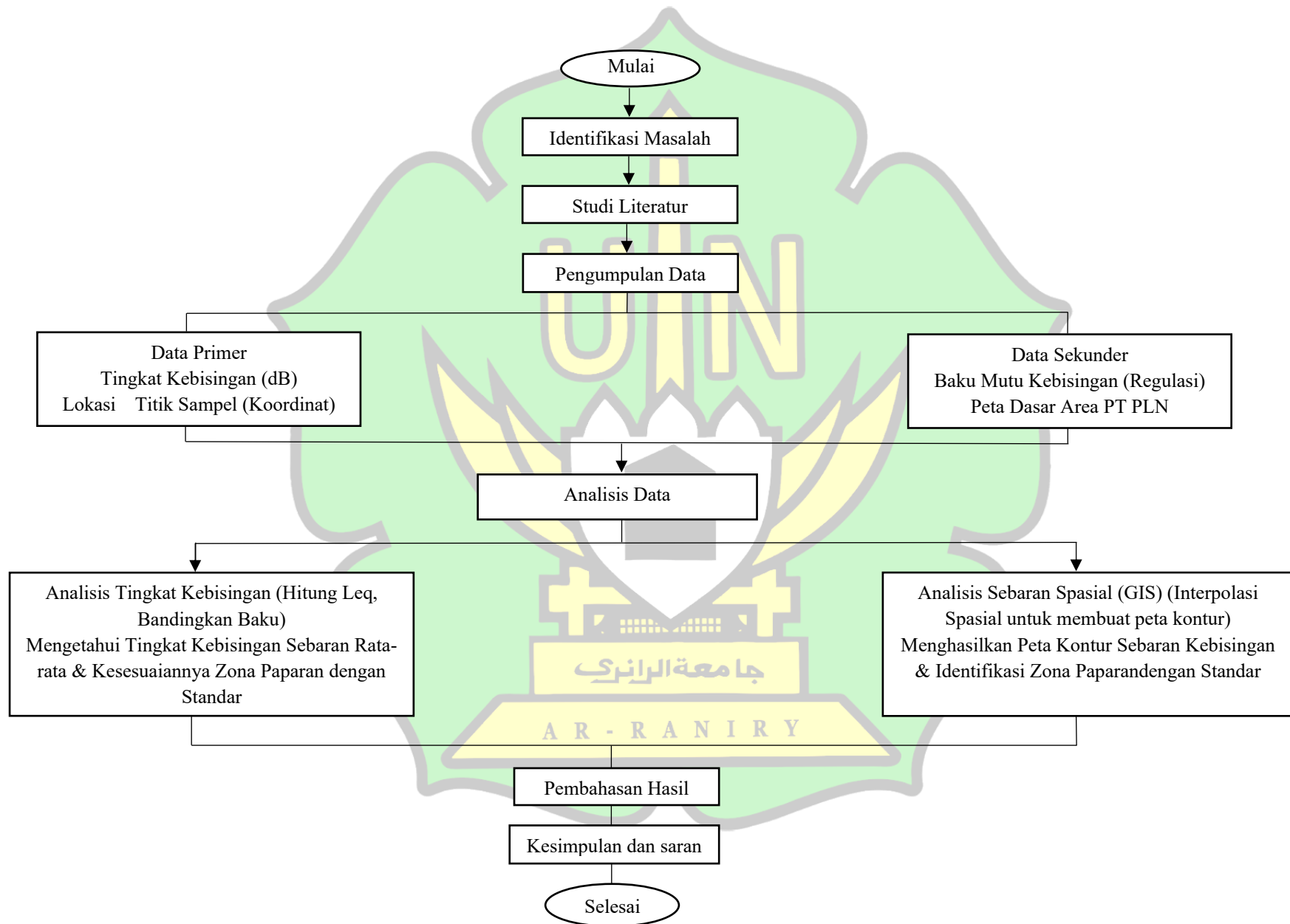
PT PLN dari sumber kebisingan utama, dengan mempertimbangkan jarak sebaran suara yang dapat memengaruhi area sekitar pembangkit. Penentuan jarak ini bertujuan agar hasil pengukuran yang diperoleh lebih representatif terhadap tingkat paparan kebisingan di lingkungan sekitar PT PLN Nusantara Power ULPLTD Kota Banda Aceh.

Pemilihan durasi pengukuran sesaat (10 menit per titik) untuk pemodelan spasial ini mengacu pada prosedur KepMen LH No. 48/1996. Pendekatan ini terbukti valid dan relevan, sebagaimana telah diaplikasikan pada penelitian-penelitian terdahulu yang memiliki karakteristik lokasi serupa. Sebagai contoh, penelitian Musrizal (2020) yang memetakan sebaran kebisingan di Gardu Induk PT PLN Banda Aceh menggunakan ArcGIS, serta Huda dkk. (2022) yang melakukan pemetaan kebisingan mesin pembangkit di PT PLN ULPL Ampenan, keduanya juga menggunakan metode pengambilan sampel waktu singkat (short-term measurement) per titik menggunakan Sound Level Meter untuk kemudian diekstrapolasi menjadi peta kontur spasial.

3.7 Tahapan Pelaksanaan Tugas Akhir

Pelaksanaan penyusunan tugas akhir ini dilakukan secara sistematis dan terstruktur, yang digambarkan melalui diagram alir penelitian. Proses tahapan penelitian tersebut dapat dilihat pada diagram alir yang disajikan pada gambar berikut.:





BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengukuran Kebisingan Eksisting

Pengukuran kebisingan dilakukan pada 1 lokasi area kerja di PT PLN Nusantara Power ULPLTD Kota Banda Aceh dengan jumlah titik pengukuran. Jumlah titik pengukuran kebisingan yang diambil sebanyak 8 titik dari 1 area kerja atau lokasi kerja di PT PLN Nusantara Power ULPLTD Kota Banda Aceh. Adapun nilai ambang batas pada Permenaker No. 5 Tahun 2018 sebesar 85 (dBA), digunakan sebagai batas kebisingan yang dapat diterima oleh pekerja selama 8 jam kerja per hari.

Dengan demikian, zona aman berada pada 85 (dBA) ke bawah ditandai dengan warna kuning hingga warna ungu. Sedangkan untuk zona tidak aman dan dibutuhkan alat pelindung diri berada pada 85 (dBA) ke atas dengan ditandai warna kuning hingga merah. Hasil pengukuran intensitas kebisingan di areal PT PLN Nusantara Power ULPLTD Kota Banda Aceh tersaji pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Eksisting

No	Titik Lokasi	Koordinat	Rata-rata (dBA)	Keterangan
1	Titik 1	5°32'18.90"N	95.14	Area Pabrik
2	Titik 2	5°32'14.62"N	86.67	Area Pabrik
3	Titik 3	5°32'19.02"N	88.92	Area Pabrik
4	Titik 4	5°32'22.74"N	73.57	Area Pabrik
5	Titik 5	5°32'22.19"N	76.95	Area Pabrik
6	Titik 6	5°32'15.42"N	64.08	Area Pemukiman
7	Titik 7	5°32'16.66"N	61.92	Area Pemukiman
8	Titik 8	5°32'25.40"N	62.72	Area Pemukiman

Sumber: Laporan harian peneliti

Berdasarkan hasil pengukuran yang telah dilakukan, diketahui dari 8 titik pengukuran kebisingan diperoleh kebisingan dengan kisaran antara 62,72 – 95,14 (dBA).

Titik pengukuran dengan nilai kebisingan terendah diperoleh di titik 8 dengan kebisingan 62,72 (dBA) dan titik kebisingan tertinggi diperoleh di titik 1 dengan kebisingan yang terukur sebesar 95,14 (dBA). Tingkat kebisingan yang terukur pada area PT PLN Nusantara Power Unit Layanan Pusat Listrik Tenaga Diesel (ULPLTD) Kota Banda Aceh berasal dari aktivitas operasional pembangkit, seperti mesin diesel generator, sistem pendingin, kompresor, pompa, serta peralatan pendukung lainnya. Pada saat kegiatan pengukuran dilakukan, seluruh unit pembangkit beroperasi dalam kondisi normal sehingga nilai kebisingan yang diperoleh dapat menggambarkan intensitas kebisingan sesaat dan digunakan sebagai dasar dalam pemodelan spasial sebaran kebisingan di area PT PLN Nusantara Power ULPLTD Kota Banda Aceh.



Gambar 4.1 Diagram Pengukuran Kebisingan

Secara umum, pola grafik menunjukkan bahwa tingkat kebisingan cenderung mengalami penurunan dari titik 1 menuju titik 8. Tingginya tingkat kebisingan pada titik 1, titik 2, dan titik 3 diduga disebabkan oleh kedekatan lokasi pengukuran dengan sumber kebisingan utama pembangkit, seperti mesin diesel generator, kompresor, pompa, dan peralatan pendukung operasional lainnya. Sementara itu, pada Titik 6 hingga Titik 8 terjadi penurunan intensitas kebisingan yang mengindikasikan semakin jauhnya lokasi pengukuran dari sumber kebisingan atau adanya penghalang yang dapat meredam penyebaran suara.

Nilai kebisingan pada titik 5 (76,95 (dBA) menunjukkan sedikit peningkatan dibandingkan titik 4 73,57 (dBA), yang kemungkinan disebabkan oleh keberadaan sumber kebisingan tambahan atau pantulan suara dari bangunan dan peralatan di sekitar

area pengukuran. Setelah itu, tingkat kebisingan kembali menurun pada Titik 6 dan titik 7 sebelum mengalami sedikit kenaikan pada titik 8.

Hasil ini menunjukkan bahwa sebaran kebisingan di area PT PLN Nusantara Power ULPLTD Kota Banda Aceh dipengaruhi oleh jarak terhadap sumber kebisingan dan kondisi lingkungan sekitar. Dalam konteks pemodelan spasial sebaran kebisingan, area di sekitar titik 1 hingga Titik 3 dapat dikategorikan sebagai zona dengan tingkat kebisingan tinggi, sedangkan area di sekitar titik 6 hingga titik 8 termasuk zona dengan tingkat kebisingan yang relatif lebih rendah. Informasi ini dapat digunakan sebagai dasar dalam penyusunan peta sebaran kebisingan serta rekomendasi mitigasi, seperti pemasangan penghalang suara dan penanaman vegetasi pada area yang memiliki tingkat kebisingan tinggi,

4.1.1 Fluktuasi Tingkat Kebisingan Aktual (Leq)

Data kebisingan yang telah dikumpulkan menggunakan *Sound Level Meter* (SLM) akan diolah untuk mendapatkan nilai Leq (*Equivalent Continuous Noise Level*). Perhitungan Leq dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Leq = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{Li}{10}} \right)$$

Identifikasi variabel

$n = 8$ (karena ada 8 data pengukuran)

$L1 = 95.14$

$L2 = 86.67$

$L3 = 88.92$

$L4 = 73.57$

$L5 = 76.95$

$L6 = 64.08$

$L7 = 61.92$

$L8 = 62.72$

Hitung nilai konversi energi ($10^{\frac{Li}{10}}$) untuk masing-masing data

$$\text{Data 1} = (10^{\frac{95,14}{10}}) = 10^{9,514} = 3.265.878.332$$

$$\text{Data 2} = (10^{\frac{86,67}{10}}) = 10^{8,667} = 464.515.275$$

$$\text{Data 3} = (10^{\frac{88,92}{10}}) = 10^{8,892} = 779.830.111$$

$$\text{Data 4} = (10^{\frac{73,57}{10}}) = 10^{7,357} = 22.749.121$$

$$\text{Data 5} = (10^{\frac{76,95}{10}}) = 10^{7,695} = 49.547.047$$

$$\text{Data 6} = (10^{\frac{64,08}{10}}) = 10^{6,408} = 2.558.600$$

$$\text{Data 7} = (10^{\frac{61,92}{10}}) = 10^{6,192} = 1.556.201$$

$$\text{Data 8} = (10^{\frac{62,72}{10}}) = 10^{6,272} = 1.871.987$$

$$\text{Total} = 3.265.878.332 + 464.515.275 + 779.830.111 + 22.749.121 + 49.547.047 + 2.558.600 + 1.556.201 + 1.871.987 = 4.589.009.257$$

Bagi dengan jumlah data ($\frac{1}{n}$ atau rata-rata linear)

$$\text{Rata-rata linear} = \frac{4.589.009.257}{8} = 573.626.157$$

Hitung logaritma lalu dikali dengan 10

$$L_{eq} = 10 \log_{10} (573.626.157)$$

$$L_{eq} = 10 \times 8,7586$$

$$L_{eq} = 87,59 \text{ dB}$$

4.2 Pemodelan Spasial Sebaran Kebisingan

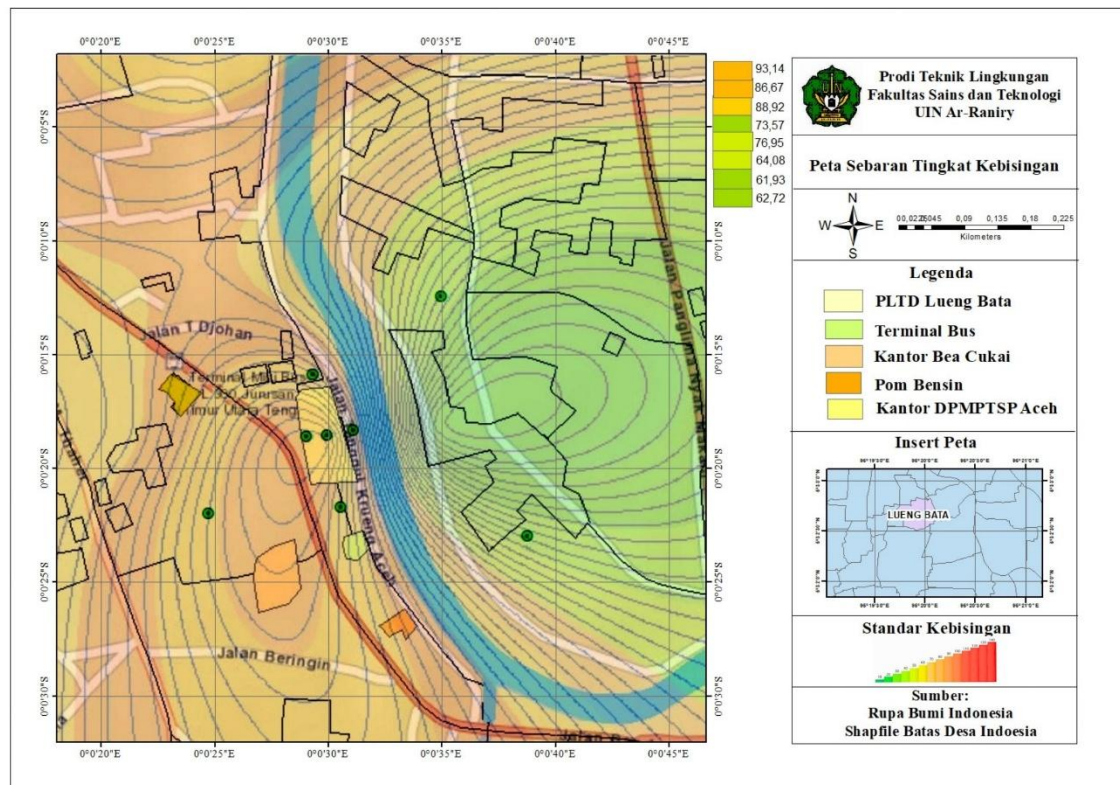
Pemodelan spasial sebaran kebisingan merupakan suatu pendekatan yang digunakan untuk menggambarkan distribusi tingkat kebisingan secara keruangan pada wilayah penelitian. Pemodelan ini dilakukan dengan memanfaatkan data hasil pengukuran tingkat kebisingan pada beberapa titik pengamatan yang kemudian diolah menggunakan metode interpolasi dalam Sistem Informasi Geografis (SIG). Melalui pendekatan tersebut, nilai kebisingan pada lokasi yang tidak dilakukan pengukuran secara langsung dapat diperkirakan sehingga menghasilkan gambaran distribusi kebisingan yang berasal dari aktivitas eksternal seperti lalu lintas kendaraan, jalur kereta api, fasilitas

publik/industri, atau aktivitas masyarakat, yang memasuki area hunian dan dapat mengganggu kenyamanan, kesehatan, dan kualitas hidup penghuninya (Fariz, 2022).

Dalam penelitian ini, pemodelan spasial dilakukan berdasarkan data tingkat kebisingan yang diperoleh dari delapan titik pengamatan yang tersebar pada area penelitian. Data tersebut kemudian diolah menggunakan perangkat lunak Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan metode kontur sehingga menghasilkan peta sebaran kebisingan (*noise map*). Perlu digarisbawahi bahwa peta kontur kebisingan yang dihasilkan melalui metode interpolasi spasial *Inverse Distance Weighting* (IDW) ini merupakan sebuah model pendekatan matematis. Pemodelan ini memvisualisasikan estimasi sebaran berdasarkan titik-titik sampel terukur, dan bukan merupakan representasi kondisi lapangan yang akurat 100%. Tingkat rambatan suara aktual tetap dipengaruhi secara dinamis oleh arah angin dan hambatan fisik sekunder. Berdasarkan pemodelan tersebut, zona sebaran dapat diklasifikasikan merujuk pada standar tingkat kebisingan *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH): area hijau (61-64 dBA) tergolong aman, area kuning (73-76 dBA) memasuki ambang batas bahaya, sedangkan area merah (86-95 dBA) masuk dalam kategori berbahaya yang mewajibkan intervensi fisik.

4.3.1 Visualisasi Peta Kontur Kebisingan (*Noise Map*)

Visualisasi peta kontur kebisingan (*noise map*) merupakan hasil pemodelan spasial yang menggambarkan distribusi tingkat kebisingan pada area penelitian. Peta ini disusun berdasarkan data pengukuran kebisingan pada beberapa titik pengamatan yang kemudian diinterpolasi sehingga menghasilkan pola sebaran kebisingan secara kontinu. Variasi tingkat kebisingan divisualisasikan menggunakan gradasi warna, dimana warna hijau menunjukkan tingkat kebisingan yang relatif rendah, warna kuning menunjukkan tingkat kebisingan sedang, sedangkan warna merah menunjukkan tingkat kebisingan yang tinggi.



Gambar 4.2 Peta Sebaran Kebisingan di pt pln nusantara power unit layanan pusat listrik tenaga diesel (ulpltd) dan pemukiman sekitar

Berdasarkan hasil pemodelan spasial yang ditampilkan pada Gambar 4.2, gradasi warna pada peta sebaran ini telah diklasifikasikan dan disesuaikan dengan mengacu pada standar tingkat bahaya paparan kebisingan *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH). Tingkat kebisingan tertinggi terkonsentrasi pada bagian tengah area penelitian yang ditunjukkan oleh warna merah. Warna merah ini merepresentasikan zona bahaya (86,67 dBA - 93,14 dBA) di mana intensitasnya telah melewati batas aman paparan NIOSH. Sementara itu, rambatan suara yang ditunjukkan oleh warna kuning hingga hijau yang menjauhi pusat mesin menunjukkan zona dengan intensitas yang berangsur menurun (61,92 dBA - 76,95 dBA).

Pada area yang mengelilingi pusat sumber kebisingan, warna peta berubah menjadi merah muda hingga jingga dengan tingkat kebisingan berkisar antara 86,67–88,92 dBA. Zona ini mencakup sebagian area di sekitar titik pengukuran 3, 4, dan 5. Meskipun tingkat kebisingannya lebih rendah dibandingkan pusat sumber suara, nilai tersebut masih tergolong tinggi dan menunjukkan bahwa pengaruh kebisingan masih cukup besar pada wilayah yang berada di sekitar sumber emisi suara.

Semakin menjauhi pusat sumber kebisingan, warna peta berubah menjadi kuning yang menunjukkan tingkat kebisingan sedang dengan nilai sekitar 73,57–76,95 dBA. Zona ini tersebar pada bagian utara dan barat wilayah penelitian. Penurunan tingkat kebisingan tersebut menunjukkan bahwa energi bunyi mengalami pelemahan seiring bertambahnya jarak dari sumber kebisingan. Selain faktor jarak, keberadaan bangunan dan vegetasi di sekitar lokasi juga dapat memengaruhi peredaman suara sehingga intensitas kebisingan menjadi lebih rendah.

Daerah dengan tingkat kebisingan terendah ditunjukkan oleh warna hijau yang tersebar pada bagian timur dan sebagian barat daya area penelitian. Berdasarkan legenda peta, tingkat kebisingan pada zona ini berkisar antara 61,93–64,08 dBA. Area ini berada relatif lebih jauh dari sumber kebisingan utama sehingga menerima paparan suara yang lebih kecil. Garis kontur yang semakin renggang pada daerah tersebut menunjukkan bahwa perubahan tingkat kebisingan berlangsung secara bertahap dan distribusi suara menjadi lebih merata.

4.3.2 Analisis dan Dampak Kebisingan

Berdasarkan hasil pengukuran dan pemodelan spasial, tingkat kebisingan di area PT PLN Nusantara Power ULPLTD Kota Banda Aceh memiliki rata-rata Equivalent Continuous Noise Level (L_{eq}) sebesar 87,59 dB. Nilai ini telah melampaui Nilai Ambang Batas (NAB) sebesar 85 dB yang ditetapkan dalam Permenaker Nomor 5 Tahun 2018. Kebisingan tertinggi terpusat di area pabrik (Titik 1, 2, dan 3) dengan intensitas mencapai 95,14 dB akibat kedekatannya dengan sumber bunyi utama, yaitu operasional mesin diesel generator.

Kondisi aktual tingkat kebisingan di lapangan ini berpotensi menimbulkan dampak langsung sebagai berikut:

a. Dampak Terhadap Pekerja (Area Pabrik)

Pekerja atau operator yang berada di zona merah (Titik 1 hingga Titik 3) rentan mengalami kelelahan kerja, penurunan konsentrasi, hingga risiko gangguan pendengaran sementara atau permanen jika terpapar secara terus-menerus tanpa menggunakan Alat Pelindung Diri (APD). Selain itu, bising mesin diesel yang dominan dapat menutupi suara percakapan (masking effect), sehingga berisiko

mengganggu komunikasi antar pekerja dan meningkatkan potensi kecelakaan kerja akibat instruksi atau sinyal peringatan bahaya yang tidak terdengar jelas.

b. Dampak Terhadap Pemukiman Sekitar (Area Luar Pabrik)

Pada Titik 6, 7, dan 8 yang berdekatan dengan area pemukiman, tingkat kebisingan berada pada rentang 61,92 – 64,08 dB. Meskipun terjadi penurunan intensitas suara seiring bertambahnya jarak dari pusat mesin, nilai tersebut masih berada di atas baku mutu untuk kawasan perumahan menurut KepMen LH No. 48/1996 yaitu sebesar 55 dB. Rambatan suara dari area mesin pembangkit ke batas luar area industri ini berpotensi mengganggu kenyamanan, interaksi sosial, dan waktu istirahat masyarakat di sekitarnya.

4.3 Arahan Pengendalian dan Mitigasi Kebisingan

Pengendalian kebisingan merupakan upaya yang dilakukan untuk mengurangi tingkat kebisingan hingga berada pada batas yang diperkenankan sesuai dengan peraturan yang berlaku. Berdasarkan hasil pemodelan spasial sebaran kebisingan pada area PT PLN Nusantara Power Unit Layanan Pusat Listrik Tenaga Diesel (ULPLTD) Kota Banda Aceh, diketahui bahwa beberapa area memiliki tingkat kebisingan yang relatif tinggi akibat kedekatannya dengan sumber kebisingan utama, seperti mesin diesel generator dan peralatan pendukung operasional pembangkit. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi terhadap upaya pengendalian kebisingan yang telah diterapkan serta penyusunan rekomendasi pengendalian yang lebih efektif. Adapun usulan pengendalian kebisingan dapat mengacu pada prinsip *hierarchy of control*, meliputi pengendalian teknis, administratif, dan penggunaan alat pelindung diri (APD) untuk meminimalkan paparan kebisingan terhadap pekerja maupun lingkungan sekitar.

a. Eliminasi

Pada tahap ini PT PLN Nusantara Power Unit Layanan Pusat Listrik Tenaga Diesel (ULPLTD) Kota Banda Aceh tidak dapat melakukannya dikarenakan tidak memungkinkan mengeliminasi/menghilangkan mesin-mesin besar dan peralatan produksi yang merupakan peralatan utama yang digunakan untuk proses produksi.

b. Substitusi

Pengendalian ini dimaksudkan untuk menggantikan bahan-bahan dan peralatan yang berbahaya dengan bahan-bahan dan peralatan yang kurang berbahaya atau yang

lebih aman, sehingga pemaparannya selalu dalam batas yang masih bisa ditoleransi atau dapat diterima. Namun, pada tahap substitusi di PT PLN Nusantara Power Unit Layanan Pusat Listrik Tenaga Diesel (ULPLTD) Kota Banda Aceh tidak mungkin dilakukan karena mesin besar dan peralatan produksi tersebut tidak bisa diganti dengan peralatan yang lain.

c. Rekayasa Teknik

Adapun beberapa rekomendasi penanggulangan kebisingan secara rekayasa teknik yang dapat dilakukan PT PLN Nusantara Power Unit Layanan Pusat Listrik Tenaga Diesel (ULPLTD) Kota Banda Aceh adalah sebagai berikut:

- Memasang penghalang bunyi (*sound barrier*) di sepanjang jalur transmisi kebisingan.
- Memisahkan operator dalam *sound proof room* dari mesin yang bising dengan penggunaan *remote control* (pengendalian jarak jauh).
- Memasang selubung atau penutup pada mesin/peralatan yang bising untuk mengurangi penyebaran suara.
- Menggunakan tirai akustik di sekitar area bising untuk menyerap dan memblokir kebisingan.
- Menggunakan teknologi *noise cancellation* aktif yang dapat mengurangi kebisingan dengan memproduksi gelombang suara yang berlawanan fase dengan sumber kebisingan.

4.4.1 Pengendalian Administratif dan Manajemen K3

Pengendalian administratif berfokus pada penyesuaian prosedur kerja dan kebijakan manajemen PT PLN Nusantara Power ULPLTD Kota Banda Aceh untuk meminimalkan waktu dan tingkat paparan kebisingan pada pekerja. Berdasarkan kondisi operasional di lapangan, beberapa langkah pengendalian administratif yang dapat diterapkan antara lain:

- Memastikan seluruh pekerja dan operator mesin bekerja secara disiplin sesuai dengan Standar Operasional Prosedur (SOP) yang telah ditetapkan perusahaan.
- Memasang rambu peringatan bahaya paparan kebisingan dan rambu batas aman (NAB) pada area-area strategis, khususnya di akses masuk menuju

ruang mesin (engine room) dan generator yang masuk dalam zona merah pemodelan spasial.

- Menerapkan sistem rotasi kerja (shift) yang ketat untuk pekerja di area operasional pabrik agar tidak terpapar intensitas kebisingan di atas 85 dBA secara terus-menerus melebihi batas waktu pemajangan yang aman.
- Menetapkan prosedur Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) yang secara spesifik mewajibkan pemakaian Alat Pelindung Diri (APD) berupa earplug atau earmuff saat memasuki area bising.
- Memberlakukan sanksi administratif yang tegas bagi pekerja yang melanggar peraturan perusahaan terkait pengendalian bahaya bising dan kepatuhan penggunaan APD.
- Menyelenggarakan pemeriksaan kesehatan secara berkala (Medical Check-Up), dengan fokus pada tes audiometri, guna memantau kondisi pendengaran para operator mesin dan mendeteksi dini risiko ketulian akibat bising di tempat kerja.
- Memberikan edukasi dan pelatihan rutin kepada karyawan mengenai risiko paparan kebisingan operasional pembangkit serta pentingnya kepatuhan terhadap prosedur K3.
- Melakukan pemantauan dan pengukuran intensitas kebisingan secara rutin di berbagai area pembangkit untuk mengevaluasi efektivitas program pengendalian kebisingan yang telah berjalan.

4.4.2 Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD)

PT PLN Nusantara Power Unit Layanan Pusat Listrik Tenaga Diesel (ULPLTD) Kota Banda Aceh sudah menyediakan alat pelindung diri yang lengkap untuk setiap pekerja sesuai dengan bahaya dan risiko yang dihadapi pekerja di area kerjanya. Penggunaan alat pelindung diri wajib yang digunakan di PT PLN Nusantara Power Unit Layanan Pusat Listrik Tenaga Diesel (ULPLTD) Kota Banda Aceh adalah *safety helmet*, *safety shoes*, dan *safety vest*. Sedangkan, khusus untuk pekerja terpajan oleh suara bising yaitu earplug, earmuff.

4.4.3 Rekomendasi Mitigasi Berbasis Vegetasi (*Green Belt*)

Berdasarkan hasil pemodelan spasial sebaran kebisingan, diketahui bahwa tingkat kebisingan tertinggi terkonsentrasi pada area yang berdekatan dengan sumber kebisingan utama, yaitu mesin diesel generator dan peralatan pendukung operasional pembangkit. Salah satu upaya mitigasi yang dapat diterapkan untuk mengurangi penyebaran kebisingan adalah melalui penanaman vegetasi sebagai penghalang alami (*green barrier*), Penyerapan kebisingan oleh vegetasi terjadi melalui mekanisme seperti penghalangan fisik, penyebaran gelombang suara, dan penyerapan akustik (Rahmawati dan Wulandari, 2024).

Vegetasi berfungsi sebagai media penyerap, pemantul, dan penghambat gelombang suara sehingga dapat membantu menurunkan intensitas kebisingan yang diterima pada area sekitarnya. Penanaman vegetasi direkomendasikan pada zona dengan tingkat kebisingan tinggi, terutama di sepanjang batas area pembangkit yang berbatasan dengan area aktivitas pekerja maupun lingkungan sekitar. Jenis vegetasi yang direkomendasikan adalah tanaman dengan tajuk rapat, daun lebat, dan pertumbuhan yang relatif cepat, seperti trembesi (*Samanea saman*), mahoni (*Swietenia macrophylla*), ketapang kencana (*Terminalia mantaly*), bambu (*Bambusa* sp.), serta berbagai jenis semak perdu yang dapat ditanam secara berlapis. Kombinasi antara pohon tinggi, tanaman sedang, dan semak akan membentuk sabuk hijau (*green belt*) yang lebih efektif dalam mereduksi kebisingan dibandingkan penanaman satu jenis vegetasi saja.

Selain berfungsi sebagai peredam kebisingan, vegetasi juga memberikan manfaat tambahan berupa peningkatan kualitas udara, penyerapan debu, penurunan suhu lingkungan, serta peningkatan estetika kawasan. Oleh karena itu, penerapan mitigasi berbasis vegetasi dapat menjadi salah satu strategi pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan di area PT PLN Nusantara Power Unit Layanan Pusat Listrik Tenaga Diesel (ULPLTD) Kota Banda Aceh.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pemodelan spasial sebaran kebisingan di PT PLN Nusantara Power Unit Layanan Pusat Listrik Tenaga Diesel (ULPLTD) Kota Banda Aceh, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Tingkat kebisingan yang dihasilkan di area PT PLN Nusantara Power ULPLTD Kota Banda Aceh berdasarkan pengukuran pada delapan titik berkisar antara 61,92–95,14 dB(A). Nilai kebisingan tertinggi terdapat pada Titik 1 sebesar 95,14 dB(A), sedangkan nilai terendah terdapat pada Titik 7 sebesar 61,92 dB(A). Tingginya tingkat kebisingan pada beberapa titik dipengaruhi oleh kedekatan lokasi pengukuran dengan sumber kebisingan utama, yaitu mesin diesel generator dan peralatan pendukung operasional lainnya.
2. Pemodelan sebaran spasial tingkat kebisingan menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) menghasilkan peta kontur kebisingan (*noise map*) yang menunjukkan bahwa tingkat kebisingan tertinggi terkonsentrasi pada area di sekitar sumber pembangkit dengan nilai sekitar 86,67–95,14 dB(A) dan ditunjukkan oleh warna merah hingga merah tua. Semakin jauh dari sumber kebisingan, intensitas suara mengalami penurunan hingga mencapai 61,92–64,08 dB(A) yang ditunjukkan oleh warna hijau. Hasil pemodelan spasial menunjukkan bahwa distribusi kebisingan dipengaruhi oleh jarak terhadap sumber kebisingan, kondisi lingkungan sekitar, serta keberadaan bangunan dan vegetasi yang dapat meredam kebisingan.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka beberapa saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Penerapan mitigasi berbasis vegetasi (*green belt*) melalui penanaman pohon dan tanaman berlapis di sekitar sumber kebisingan perlu ditingkatkan untuk membantu mereduksi penyebaran suara serta meningkatkan kualitas lingkungan sekitar.

2. Penelitian selanjutnya disarankan melakukan pengukuran kebisingan dengan durasi yang lebih panjang sesuai standar
3. Jumlah titik pengukuran agar diperoleh peta sebaran kebisingan yang lebih detail dan representatif.



DAFTAR PUSTAKA

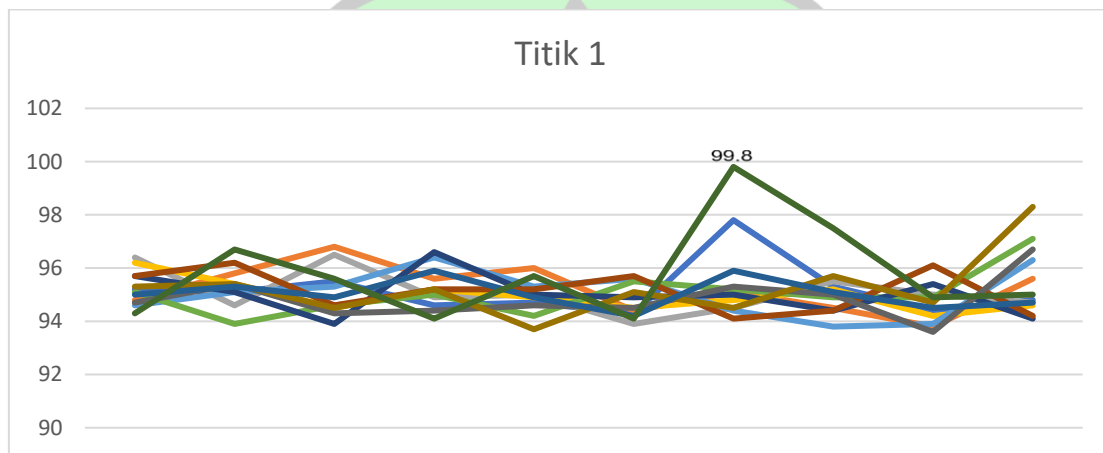
- Abbasi, M., Monnazzam, M. R., Akbarzadeh, A., Zakerian, S. A., & Ebrahimi, M. H. (2011). *Assessment of noise pollution in the city of Kerman, Iran*. Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering, 8(1), 19–24.
- Anas, A. A., Darnas, Y., & Humaira, N. (2024). *Analisa Tingkat Kebisingan di Area Kerja PLTD Rema Kabupaten Gayo Lues*. 10(1), 7–18.
- Ardianty. (2021). *5578-Article Text-13510-14185-10-20211019.pdf*. 4(2), 114–121.
- Balirante, M., Lefrandt, L. I. R., & Kumaat, M. (2020). *Analisa Tingkat Kebisingan Lalu Lintas Di Jalan Raya Ditinjau Dari Tingkat Baku Mutu Kebisingan Yang Diizinkan*. Jurnal Sipil Statik, 8(2), 249–256.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2009). *SNI 7231:2009 – Akustik: Pengukuran Kebisingan di Tempat Kerja*. Jakarta: BSN.
- Elektro, T., Sam, U., & Manado, J. K. B. (2018). *Rancang Bangun Alat Deteksi Kebisingan Berbasis Arduino Uno*. 7(2), 183–188.
- Erliana, C. I., & Suhada Sinaga, A. (2020). *Pengukuran Tingkat Kebisingan Pada Stasiun Kamar Mesin Di Pabrik Kelapa Sawit Pt.Perkebunan Nusantara Iv Kebun Adolina*. Industrial Engineering Journal, 9(2). <https://doi.org/10.53912/iejm.v9i2.573>
- Fariz, T. R. (2022). *Pemetaan Kebisingan Lalu Lintas di Perkotaan–Sebuah Tinjauan*. Envirotek: Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan, 14(2), 176–181.
- Feidihal. (2007). *Tingkat Kebisingan Dan Pengaruhnya Terhadap Mahasiswa Di Bengkel Teknik Mesin Politeknik Negeri Padang*. Jurnal Teknik Mesin, 1(1), 31–41.
- Hamzah Hardi, Nurkhalis Agriawan Muhammad, & Kadir Muh Ridwan. (2022). *Analisis Tingkat Kebisingan Menggunakan Sound Level Meter Berbasis Mikrokontroler*. Jurnal Fisika Papua, 1(2), 46–51. <http://ejurnal.fmipa.uncen.ac.id/index.php/visika>
- Harahap, J. (2016). *Penentuan Tingkat Kebisingan Pada Area Pengolahan Sekam Padi, Siltstone Crusher, Cooler Dan Power Plant Pada PT Lafarge Cement Indonesia-Lhoknga Plant*. Elkawnie, 2(2), 127. <https://doi.org/10.22373/ekw.v2i2.2658>
- Ilmidin, I., Syaharuddin Nur, Petrus Yohanes Ismail Arwimbar, Rahmadani, U., & Arisjulyanto, D. (2025). *Pengaruh Intensitas Kebisingan terhadap Gangguan Pendengaran pada Pekerja di Indonesia: Meta-Analisis*. Sehat Rakyat: Jurnal Kesehatan Masyarakat, 4(2), 398–408. <https://doi.org/10.54259/sehatrakyat.v4i2.4392>
- Kementerian Ketenagakerjaan Republik Indonesia. (2018). *Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2018 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja*. Jakarta: Kementerian Ketenagakerjaan RI.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2016). *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 70 Tahun 2016 tentang Standar dan Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Industri*. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI.

- Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. (1996). *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor KEP-48/MENLH/11/1996 tentang Baku Tingkat Kebisingan*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup RI.
- Lbn Tobing, N. R., Kurniati, E., & Cintya Adelia, K. A. (2024). Analisis Tingkat Kebisingan di Area Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) Kahayan Baru. *Magnetic: Research Journal Of Physics and It's Application*, 4(1), 2775–8583.
- Nasution, M. (2019). Ambang Batas Kebisingan Lingkungan Kerja Agar Tetap Sehat Dan Semangat Dalam Bekerja. *Buletin Utama Teknik*, 15(1), 87–90.
- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). (1998). *Criteria for a Recommended Standard: Occupational Noise Exposure, Revised Criteria 1998*. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention
- Peppy Herawati. (2016). Dampak Kebisingan Dari Aktivitas Bandara Sultan Thaha Jambi Terhadap Pemukiman Sekitar Bandara. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 16(1), 104–108.
- Rahmawati, Y., & Wulandari, F. T. (2024). Analysis of Vegetation's Ability to Reduce Noise in Udayana Urban Forest. *Jurnal Biologi Tropis*, 24(2b), 303-314.
- Ridho Fariz, T. (2022). Pemetaan Kebisingan Lalu Lintas di Perkotaan – Sebuah Tinjauan. *Jurnal Envirotek*, 14(2), 176–181. <https://doi.org/10.33005/envirotek.v14i2.37>
- Sari, P., Zakaria, M., & Erliana, C. I. (2023). Analisis Pengaruh Kebisingan Terhadap Kelelahan Kerja Pada Operator Mesin Di PT. PSU Kebun Tanjung Kasau. *Matrik : Jurnal Manajemen Dan Teknik Industri Produksi*, 24(1), 83. <https://doi.org/10.30587/matrik.v24i1.6180>
- Satoto, H. F. (2018). Pada Kawasan Pemukiman Jalan Sutorejo-Mulyorejo Surabaya. *Jurnal Teknik Industri HEURISTIC*, 15(1), 49–62.
- World Health Organization (WHO). (2018). *Environmental Noise Guidelines for the European Region*. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.
- Zulfadli, Nizar, M., & Yunita, I. (2022). Pemetaan Tingkat Kebisingan pada Lingkungan Universitas Syiah Kuala menggunakan Aplikasi ArcGIS. *Karya Ilmiah Fakultas Teknik (KIFT)*, 2(1), 1-8.

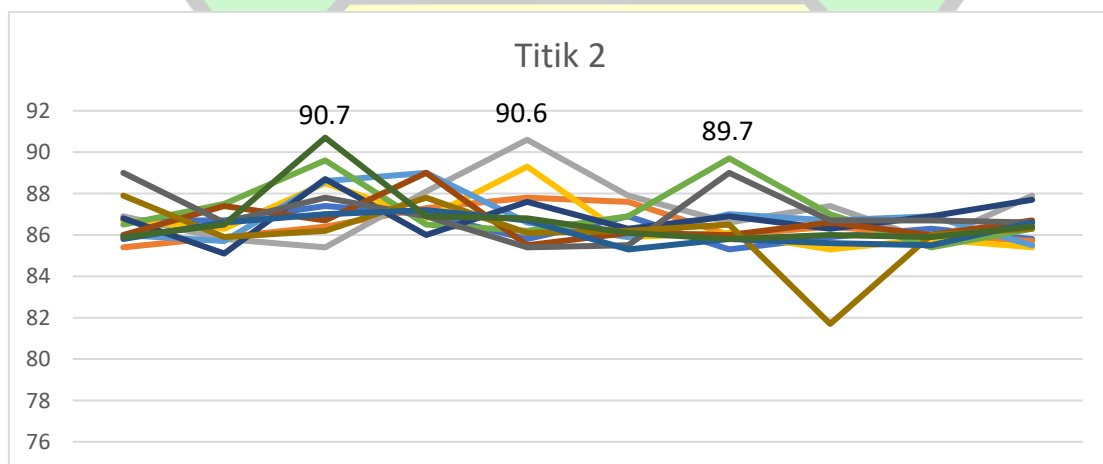
LAMPIRAN

Lampiran 1. Rekapitulasi Data Mentah Pengukuran Tingkat Kebisingan per 5 Detik (dBA)\

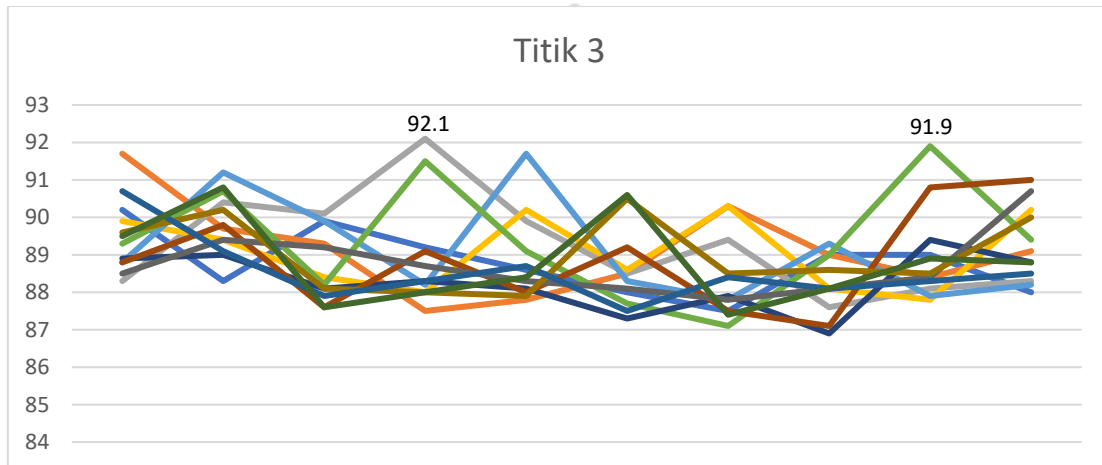
TITIK 1											
95,2	94,8	96,4	96,2	94,6	95,1	95,7	95,7	94,7	95,3	95,0	94,3
95,1	95,8	94,6	95,4	95,1	93,9	95,1	96,2	95,4	95,4	95,3	96,7
95,5	96,8	96,5	94,5	95,3	94,6	93,9	94,6	94,3	94,5	94,9	95,6
94,6	95,6	94,9	95,2	96,4	95,0	96,6	95,2	94,4	95,2	95,9	94,1
94,7	96,0	95,0	94,9	95,3	94,2	95,0	95,2	94,6	93,7	94,9	95,7
94,3	94,4	93,9	94,5	95,6	95,5	94,9	95,7	94,5	95,1	94,2	94,1
97,8	95,1	94,5	94,8	94,4	95,2	95,0	94,1	95,3	94,5	95,9	99,8
95,3	94,5	95,5	95,2	93,8	94,9	94,4	94,4	95,0	95,7	95,1	97,5
94,4	93,8	95,0	94,2	93,9	94,9	95,4	96,1	93,6	94,7	94,5	94,9
94,8	95,6	94,7	94,6	96,3	97,1	94,1	94,2	96,7	98,3	94,7	95,0



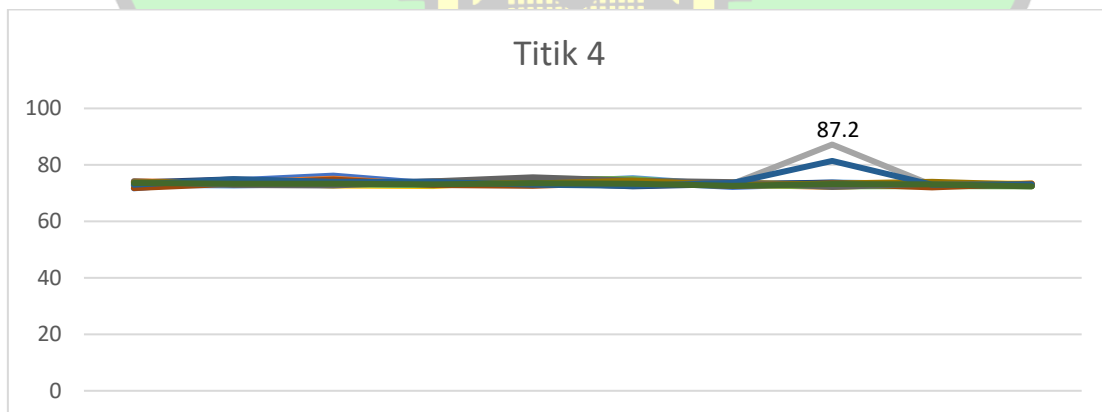
TITIK 2											
86,7	85,4	86,9	86,7	86,0	86,5	86,8	86,0	89,0	87,9	85,8	85,9
86,7	85,9	85,8	86,3	85,7	87,5	85,1	87,4	86,6	85,9	86,6	86,5
87,4	86,4	85,4	88,5	88,6	89,6	88,7	86,7	87,8	86,2	87,0	90,7
87,0	87,3	88,1	86,8	89,0	86,5	86,0	89,0	86,9	87,8	87,2	86,9
85,8	87,8	90,6	89,3	86,6	86,2	87,6	85,5	85,4	86,1	86,7	86,8
86,9	87,6	87,9	85,9	85,9	86,9	86,3	86,1	85,5	86,2	85,3	86,1
85,3	86,0	86,6	86,1	87,0	89,7	86,9	86,0	89,0	86,5	85,8	85,8
85,9	86,4	87,4	85,3	86,7	87,0	86,3	86,6	86,7	81,7	85,6	86,0
86,3	86,0	85,7	85,8	86,9	85,4	86,9	86,0	86,7	86,0	85,5	85,9
85,8	85,7	87,9	85,4	85,5	86,3	87,7	86,7	86,6	86,3	86,6	86,4



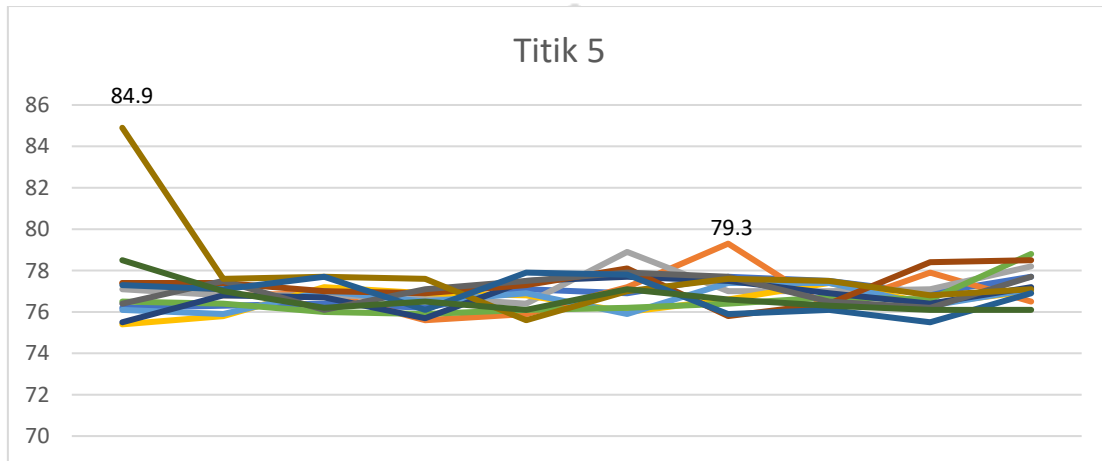
TITIK 3											
90,2	91,7	88,3	89,9	88,8	89,3	88,9	88,8	88,5	89,6	90,7	89,5
88,3	89,7	90,4	89,4	91,2	90,7	89,0	89,8	89,4	90,2	89,1	90,8
89,9	89,3	90,1	88,4	89,9	88,2	88,1	87,6	89,2	88,1	87,9	87,6
89,2	87,5	92,1	88,0	88,2	91,5	88,3	89,1	88,7	88,0	88,3	88,0
88,6	87,8	89,9	90,2	91,7	89,1	88,1	88,0	88,3	87,9	88,7	88,4
88,0	88,5	88,5	88,6	88,3	87,7	87,3	89,2	88,1	90,5	87,5	90,6
87,5	90,3	89,4	90,3	87,8	87,1	87,9	87,5	87,8	88,5	88,4	87,4
89,0	89,0	87,6	88,1	89,3	89,0	86,9	87,1	88,1	88,6	88,1	88,1
89,0	88,4	88,1	87,8	87,9	91,9	89,4	90,8	88,4	88,5	88,3	88,9
88,0	89,1	88,3	90,2	88,2	89,4	88,8	91,0	90,7	90,0	88,5	88,8



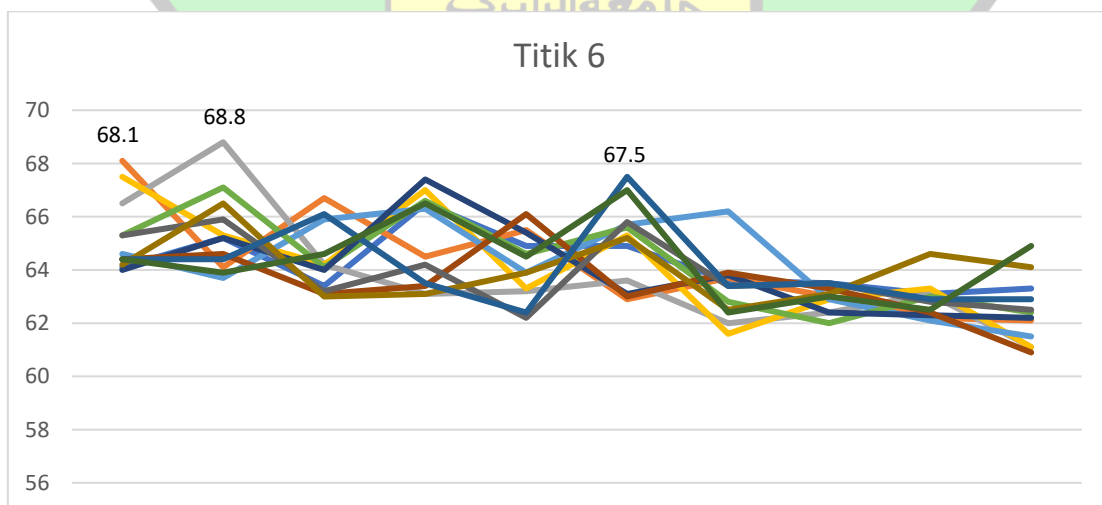
TITIK 4											
71,7	74,2	72,5	73,1	73,0	72,9	73,7	71,8	74,2	73,8	73,0	73,6
74,5	73,8	74,1	73,9	72,7	73,9	74,9	73,3	72,9	74,1	74,9	73,3
76,2	75,1	73,6	72,7	73,3	73,1	73,6	74,8	72,7	73,6	74,0	73,3
73,4	73,0	73,8	72,5	72,8	72,8	74,1	72,9	74,2	73,8	74,0	73,1
72,9	75,1	73,4	74,5	73,7	75,1	73,9	72,6	75,6	73,4	73,0	73,5
74,0	73,5	72,6	73,4	75,3	74,9	72,4	73,7	74,4	74,4	72,6	73,3
72,2	73,0	73,3	73,7	72,8	72,8	73,2	72,6	73,9	72,8	73,6	72,6
73,3	72,2	87,2	73,1	73,8	72,4	73,7	73,4	72,2	73,4	81,4	73,2
73,3	73,4	72,9	73,3	73,2	72,5	72,5	72,0	73,3	74,0	73,0	73,1
72,6	72,6	73,0	73,4	72,7	72,4	73,0	73,4	72,6	73,0	73,1	72,4



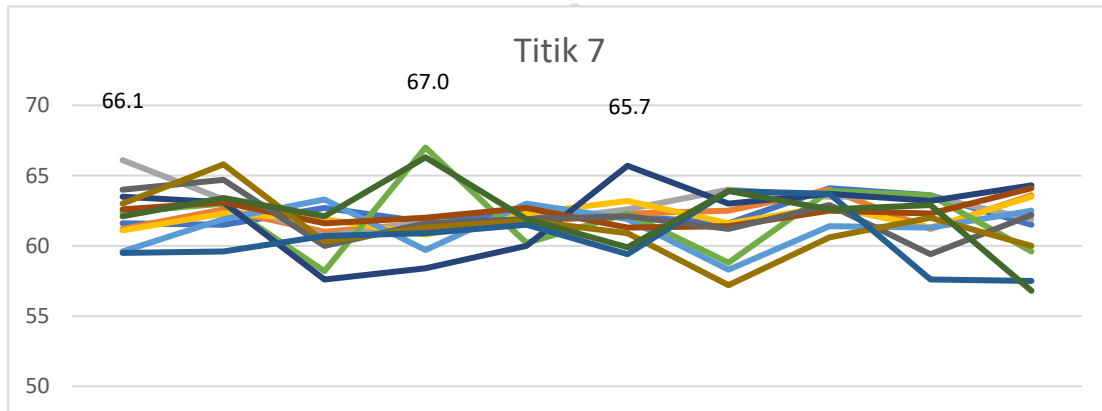
TITIK 5											
76,2	77,4	77,1	75,4	76,1	76,5	75,5	77,4	76,4	84,9	77,3	78,5
76,3	76,8	76,8	75,8	75,9	76,4	76,8	77,4	77,5	77,6	77,1	77,0
76,4	76,9	76,8	77,2	77,0	76,0	76,7	77,0	76,1	77,7	77,7	76,2
76,2	75,6	76,7	76,9	76,5	75,9	75,7	76,9	77,1	77,6	76,1	76,5
77,1	75,9	76,4	76,8	76,9	76,1	77,5	77,3	77,5	75,6	77,9	76,1
76,9	77,2	78,9	76,0	75,9	76,2	77,7	78,1	77,9	77,0	77,8	77,1
77,7	79,3	77,0	76,6	77,4	76,4	77,5	75,8	77,7	77,6	75,9	76,6
77,5	76,2	77,0	77,4	77,4	76,7	76,9	76,4	76,5	77,5	76,1	76,3
76,9	77,9	77,1	76,4	76,3	76,6	76,4	78,4	76,2	76,8	75,5	76,1
77,7	76,5	78,2	77,0	77,1	78,8	77,2	78,5	77,7	77,1	76,9	76,1



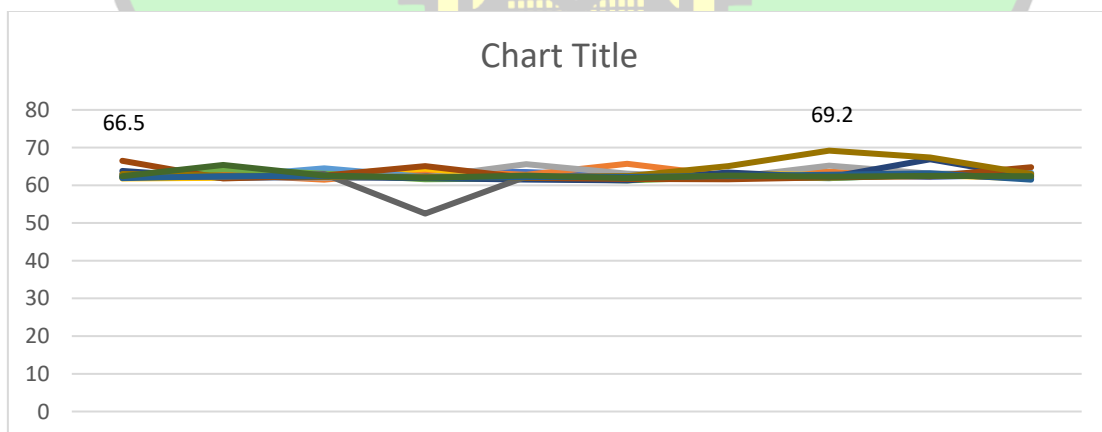
TITIK 6											
64,1	68,1	66,5	67,5	64,6	65,3	64,0	64,4	65,3	64,2	64,4	64,4
65,2	64,1	68,8	65,3	63,7	67,1	65,2	64,6	65,9	66,5	64,4	63,9
63,4	66,7	64,2	64,2	65,9	64,1	64,0	63,1	63,2	63,0	66,1	64,6
66,5	64,5	63,1	67,0	66,3	66,6	67,4	63,4	64,2	63,1	63,5	66,5
64,9	65,5	63,2	63,3	63,9	64,6	65,4	66,1	62,2	63,9	62,4	64,5
64,9	62,9	63,6	65,3	65,7	65,6	63,1	63,0	65,8	65,2	67,5	67,0
63,6	63,7	62,0	61,6	66,2	62,8	63,8	63,9	63,4	62,5	63,4	62,4
63,5	63,0	62,4	62,9	62,9	62,0	62,4	63,3	63,5	63,1	63,5	63,0
63,1	62,2	63,1	63,3	62,1	63,0	62,3	62,4	62,8	64,6	62,9	62,5
63,3	62,1	61,1	61,1	61,5	62,4	62,2	60,9	62,5	64,1	62,9	64,9



TITIK 7											
61,6	61,2	66,1	61,1	59,6	62,4	63,5	62,6	64,0	63,0	59,5	62,1
61,5	62,6	63,3	62,3	61,9	63,0	63,1	63,1	64,7	65,8	59,6	63,4
62,7	61,0	60,7	61,9	63,3	58,2	57,6	61,6	60,0	60,3	60,7	62,1
61,7	61,6	61,7	60,8	59,7	67,0	58,4	62,0	61,6	61,3	60,9	66,3
62,3	61,6	61,7	62,3	63,0	60,2	60,0	62,7	61,9	61,8	61,5	61,9
62,1	62,3	62,6	63,2	61,9	62,3	65,7	61,3	62,1	60,9	59,4	59,9
61,6	62,5	64,0	61,6	58,3	58,8	63,0	61,4	61,2	57,2	63,9	63,9
64,1	64,0	63,5	62,8	61,4	63,9	63,7	62,5	62,9	60,6	63,7	62,6
63,6	61,2	63,5	61,3	61,3	63,6	63,2	62,3	59,4	62,0	57,6	62,9
61,5	63,6	61,9	63,5	62,5	59,6	64,3	64,1	62,2	60,0	57,5	56,8



TITIK 8											
62,9	62,2	62,2	61,8	62,6	62,1	63,8	66,5	62,2	63,0	61,9	62,4
62,7	62,9	62,5	62,0	62,3	64,3	62,0	61,8	62,2	62,6	62,4	65,4
62,1	61,5	62,0	62,9	64,5	63,1	62,2	62,6	63,0	62,3	62,5	62,6
63,8	64,0	62,1	64,4	62,2	61,6	61,9	65,1	52,5	62,3	62,0	62,0
63,5	62,8	65,6	61,7	62,4	61,8	61,5	62,0	62,3	62,1	62,2	62,6
62,5	65,7	63,1	62,0	61,6	61,3	61,3	61,7	62,4	62,4	62,2	61,9
63,0	62,5	62,0	63,1	62,3	62,2	63,4	61,6	62,4	65,1	62,5	62,6
63,0	63,6	65,2	62,7	61,9	61,9	62,1	62,1	62,5	69,2	62,8	62,3
62,2	62,4	63,1	62,7	62,9	62,8	66,9	62,4	62,8	67,4	63,2	62,5
62,9	62,6	63,1	61,8	63,3	62,9	62,3	64,8	61,9	63,0	61,5	62,4



Lampiran 2. Dokumentasi Penelitian

Gambar	Keterangan
	Penyiapan dan verifikasi instrumen Sound Level Meter (SLM) sebelum tahap pengumpulan data
	Melakukan pengecekan alat tingkat intensitas kebisingan sesaat (dBA) pada titik observasi sebagai data dasar pengukuran.
	Pengukuran kebisingan secara <i>in situ</i> pada elevasi 1,2–1,5 meter (representasi zona pendengaran pekerja).



Pengukuran tingkat kebisingan lingkungan pada titik observasi area luar (eksterior) pembangkit.



Penandaan dan perekaman titik koordinat geografis (*geotagging*) sebagai data input pemodelan spasial.

جامعة الرانيري

AR - RANIRY