

**PENGARUH JARAK SUMBER KEBISINGAN TERHADAP KINERJA
PEKERJA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PANAS BUMI ULUBELU**

Skripsi

Oleh

Ela Amelia

2117041076



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

PENGARUH JARAK SUMBER KEBISINGAN TERHADAP KINERJA PEKERJA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PANAS BUMI ULUBELU

Oleh

ELA AMELIA

Kebisingan adalah bunyi atau suara yang tidak diinginkan dan dapat mengganggu kenyamanan, kesehatan, dan keselamatan kerja. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jarak sumber kebisingan terhadap kinerja pekerja, pola sebaran kebisingan berdasarkan hasil pengukuran, serta pengaruh sumber kebisingan terhadap perbandingan hasil pengukuran menggunakan *Sound Level Meter* dan aplikasi ponsel di area kerja PLTP Ulubelu. Metode yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif deskriptif melalui pengukuran di 100 titik menggunakan *Sound Level Meter* (SLM) dan aplikasi *Sound Meter* pada telepon seluler sebagai pembanding. Hasil menunjukkan bahwa semakin dekat jarak terhadap sumber kebisingan, semakin tinggi intensitas yang terukur, di mana pada jarak 0–5 meter (area kompresor) kebisingan mencapai 104,60 dB; 10–30 meter sebesar 91,12–93,38 dB; 40–50 meter 89,6–90,4 dB; dan >55 meter menurun menjadi 43–60 dB, dengan nilai terendah di area dormitory (36,75 dB). Sebaran kebisingan menunjukkan 35 titik zona merah (>90 dB), 31 titik zona kuning (85–90 dB), dan 34 titik zona hijau (<85 dB), dengan total 37 titik atau 37% melebihi Nilai Ambang Batas (NAB) 85 dB. Kebisingan tinggi yang dominan di area dekat sumber suara berpotensi menurunkan kinerja PLTP karena dapat memengaruhi konsentrasi pekerja, meningkatkan risiko kesalahan operasional, serta mengurangi efisiensi pengawasan dan kontrol sistem. Oleh karena itu, upaya pengendalian teknis dan penggunaan pelindung pendengaran perlu diterapkan secara optimal di area rawan seperti power house, heat exchanger, dan cooling tower untuk menjaga keselamatan dan kinerja operasional pembangkit.

Kata kunci: Kebisingan, *Sound Level Meter*, Peta Kontur, Jarak

ABSTRACT

THE EFFECT OF THE DISTANCE OF THE NOISE SOURCE ON THE PERFORMANCE OF ULUBELU GEOTHERMAL POWER PLANT WORKERS

By

ELA AMELIA

Noise is unwanted noise or noise and can interfere with work comfort, health, and safety. This study aims to determine the effect of the distance of the noise source on the performance of workers, the noise distribution pattern based on the measurement results, and the effect of the noise source on the comparison of measurement results using *the Sound Level Meter* and mobile phone application in the work area of the Ulubelu PLTP. The method used is a descriptive quantitative approach through measurements at 100 points using *Sound Level Meter* (SLM) and *the Sound Meter application* on mobile phones as a comparison. The results show that the closer the distance to the noise source, the higher the measured intensity, where at a distance of 0–5 meters (compressor area) the noise reaches 104.60 dB; 10–30 meters with 91.12–93.38 dB; 40–50 meters 89.6–90.4 dB; and >55 meters decreased to 43–60 dB, with the lowest value in the dormitory area (36.75 dB). The noise distribution shows 35 red zone points (>90 dB), 31 yellow zone points (85–90 dB), and 34 green zone points (<85 dB), for a total of 37 points or 37% exceeding the Threshold Value (NAV) of 85 dB. The dominant high noise in the area near the sound source has the potential to reduce the performance of the PLTP because it can affect worker concentration, increase the risk of operational errors, and reduce the efficiency of system supervision and control. Therefore, technical control efforts and the use of hearing protection need to be applied optimally in vulnerable areas such as power houses, heat exchangers, and cooling towers to maintain the safety and operational performance of the plant.

Keywords: *Noise, Sound Level Meter, Contour Map, Distance*

**PENGARUH JARAK SUMBER KEBISINGAN TERHADAP KINERJA
PEKERJA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PANAS BUMI ULUBELU**

Oleh

Ela Amelia

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS**

Pada

**Jurusan Fisika
Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Lampung**



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

Judul Skripsi :

**: PENGARUH JARAK SUMBER KEBISINGAN
TERHADAP KINERJA PEKERJA PEMBANGKIT
LISTRIK TENAGA PANAS BUMI ULUBELU**

Nama Mahasiswa

: Ela Amelia

Nomor Pokok Mahasiswa

: 2117041076

Jurusan

: Fisika

Fakultas

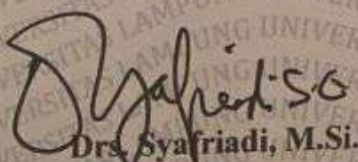
: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



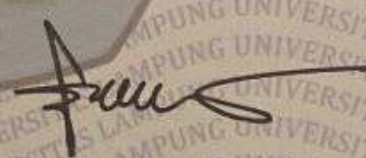
1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

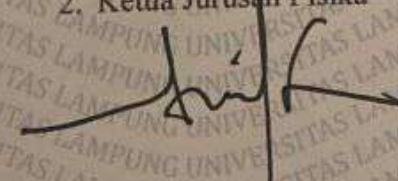

Drs. Syafriadi, M.Si.

NIP. 196108211992031002


Dr. Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.

NIP. 198010102005011002

2. Ketua Jurusan Fisika


Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng.

NIP. 197109092000121001

MENGESAHKAN

1. Tim penguji

Ketua

: Drs. Syafridi, M.Si.

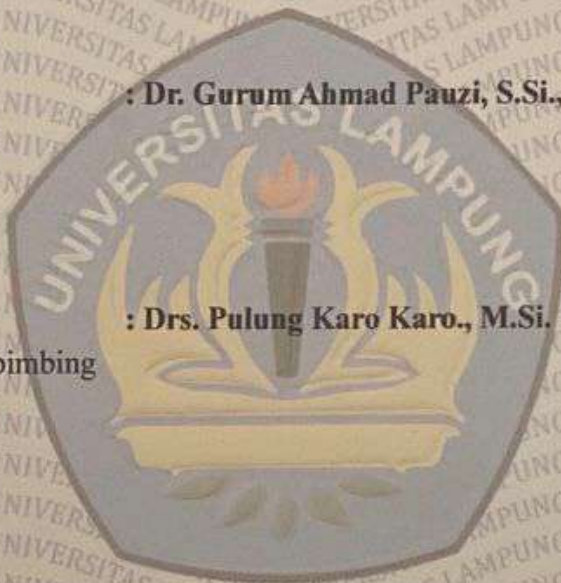
Sekretaris

: Dr. Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.

Penguji

Bukan pembimbing

: Drs. Pulung Karo Karo., M.Si.



2. Dekan Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.

NIP. 197110012005011002

Tanggal lulus ujian skripsi : 06 Agustus 2025

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa di dalam skripsi ini tidak terdapat karya orang lain dan tidak terdapat pendapat atau karya yang ditulis oleh orang lain kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka, selain itu saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 06 Agustus 2025

Penulis,



Ela Amelia

NPM. 2117041076

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Ela Amelia, lahir di Sidodadi, Bandar Surabaya, Lampung Tengah, pada tanggal 26 Agustus 2002. Penulis memulai pendidikan formal di SDN 1 Cempaka Putih dan lulus pada tahun 2015. Selanjutnya melanjutkan pendidikan di SMPN 1 Bandar Surabaya dan lulus pada tahun 2018, kemudian menyelesaikan pendidikan menengah atas di SMAN 1 Punggur, dan lulus pada tahun 2021. Pada tahun yang sama, penulis diterima di Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), Universitas Lampung melalui jalur seleksi UTBK (Ujian Tulis Berbasis Komputer). Selama menempuh pendidikan di perguruan tinggi, penulis menyelesaikan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di PT PLN (Persero) UP3 Tanjung Karang dengan judul laporan “Pemeliharaan Kubikel 20kV di PT PLN (Persero) UP3 Tanjung Karang”. Penulis juga melaksanakan tugas akhir di PT PLN Indonesia Power PLTP Ulubelu sebagai bagian dari pemenuhan syarat akademik. Selain itu, penulis turut berkontribusi dalam kegiatan pengabdian masyarakat melalui program Kuliah Kerja Nyata (KKN) Universitas Lampung tahun 2024, yang dilaksanakan di Desa Labuhan Ratu 3, Kecamatan Labuhan Ratu, Kabupaten Lampung Timur. Dalam bidang organisasi, penulis aktif sebagai anggota Komunikasi dan Informasi (Kominfo) di Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMAFI), selama periode 2021–2023.

MOTTO

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan”

(Q.S. Al-Insyirah:5-6)

“Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah keadaan suatu kaum sehingga mereka mengubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri”

(Q.S Ar-Ra'd:11)

“Kita tidak bisa belajar tanpa rasa sakit”

(Aristoteles)

“Semua jatuh bangunmu, hal yang biasa angan dan pertanyaan, waktu yang menjawabnya berikan tenggat waktu, bersedihlah secukupnya rayakan perasaanmu sebagai manusia”

(Baskara Putra-Hindia)

“Hidup bukan saling mendahului bermimpilah sendiri-sendiri”

(Baskara Putra-Hindia)

“Seberat apapun dewasa mengujimu takkan lebih dari yang engkau bisa”

(Tulus)

PERSEMBAHAN

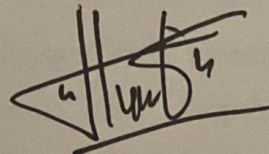
*Kedua Orangtuaku,
Bapakku Suyitno
&
Mamakku Samiyem*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengaruh Jarak Sumber Kebisingan terhadap Kinerja Pekerja Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi Ulubelu”**. Penelitian ini dilakukan di PT PLN Indonesia Power PLTP Ulubelu, yang merupakan salah satu unit pembangkit listrik tenaga panas bumi terbesar di Indonesia. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) pada Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna penulisan berikutnya yang lebih baik. Semoga laporan ini dapat memberikan manfaat bagi penulis maupun pembaca.

Bandar Lampung, 06 Agustus 2025



Ela Amelia
NPM. 2117041076

SANWACANA

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, hidayah, dan inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengaruh Jarak Sumber Kebisingan Terhadap Kinerja Pekerja Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi Ulubelu”**. Dalam penyusunan dan penyelesaian skripsi ini, penulis telah menerima banyak bantuan, dukungan, serta bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan penuh rasa hormat dan ucapan syukur, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Drs. Syafriadi, M.Si. sebagai pembimbing I yang telah memberi arahan, masukan, mengajari, membimbing, dan memberi semangat penulis selama proses penyusunan tugas akhir ini;
2. Bapak Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T., selaku pembimbing II, yang senantiasa memberikan ilmu, wawasan, bimbingan teknis, saran, motivasi, serta banyak mengajari penulis dalam memahami materi dan proses penelitian, hingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik;
3. Bapak Drs. Pulung Karo Karo, M.Si. selaku dosen penguji, yang telah memberikan masukan, koreksi, serta saran konstruktif yang sangat membantu dalam penyempurnaan skripsi ini;
4. Pihak PT PLN Indonesia Power PLTP Ulubelu, yang telah memberikan izin penelitian, fasilitas, dan bantuan teknis yang sangat mendukung kelancaran pengambilan data lapangan terutama untuk Bapak Ridho selaku pembimbing lapangan yang sudah membantu penulis saat mengambil data di lapangan;
5. Seluruh dosen Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung yang telah membekali penulis dengan ilmu dan pengalaman selama masa perkuliahan;

6. Sahabat sugar baby kost Afifah, Nadila Wulandari, Dinda Ferika Khairunnisa, Septri Wijiyanti terima kasih atas perhatian, motivasi, serta saran yang telah diberikan selama penulis menyelesaikan tugas akhir;
7. Sahabat seperjuangan skripsi Divalyu Alamona, Dea Fitriyaningsih, Ela Nur Asyifa, yang sudah setia menemani, membantu, mendukung, memberikan semangat, dukungan, motivasi selama proses menyelesaikan tugas akhir;
8. Feby Cristy Winarti, yang sudah setia menemani, membantu, mendukung, memberikan semangat, dukungan, motivasi selama proses menyelesaikan tugas akhir;
9. Teman KKN Labuhan Ratu 3 khususnya untuk Rhea yang sudah banyak membantu, memberi dukungan, semangat, dan motivasi selama menyelesaikan tugas akhir;
10. Seluruh mahasiswa atau mahasiswi Fisika Angkatan 2021 Universitas Lampung yang tidak bisa disebutkan satu-satu namanya yang sudah membantu, memberikan dukungan dan semangat dalam proses menyelesaikan tugas akhir.
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu yang telah banyak membantu dan memberikan semangat dalam penyusunan skripsi;

Penulis menyadari dalam pembuatan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran sangat dibutuhkan untuk penulisan yang lebih baik lagi kedepannya. Atas segala kekurangannya, penulis mohon maaf sebesar-besarnya.

Bandar Lampung 06 Agustus 2025

Ela Amelia
NPM. 2117041076

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR GAMBAR.....	vii
---------------------------	------------

DAFTAR TABEL	viii
---------------------------	-------------

I. PENDAHULUAN

1.1	Latar Belakang	1
1.2	Rumusan Masalah	5
1.3	Tujuan Penelitian.....	5
1.4	Batasan Masalah.....	5
1.5	Manfaat Penelitian.....	6

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1	Penelitian Terkait	7
2.2	Suara	9
2.3	Akustik	10
2.4	Getaran	10
2.5	Bunyi	11
2.6	Intensitas Bunyi.....	12
2.7	Adsorpsi.....	13
2.8	Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP)	13
2.9	Transmisi	14
2.10	Kebisingan.....	15
2.11	Jenis-jenis Kebisingan	17
2.12	Sumber Kebisingan	18
2.13	Dampak Kebisingan	19
2.14	Ergonomi	20
2.15	<i>Sound Level Meter</i>	21
2.16	<i>Software Surfer</i>	22

III. METODE PENELITIAN

3.1	Tempat dan Waktu	24
3.2	Alat dan Bahan	24

3.3	Metode Penelitian.....	25
3.4	Prosedur Penelitian.....	25
3.5	Diagram Alir Penelitian.....	28

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Pengaruh Jarak Sumber Kebisingan.....	29
4.2	Pola Sebaran Kebisingan.....	32
4.3	Pengukuran Alat dan Aplikasi <i>Handphone</i>	36

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan.....	39
5.2	Saran	40

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Bentuk Sebaran Kebisingan Rata-Rata Pagi Hari Dengan Mode <i>Counter Map</i> ..	7
2. Bentuk sebaran kebisingan pagi hari dengan mode 3D	8
3. Peta Tingkat Kebisingan	9
4. Proses Pebangkitan Listrik pada PLTP	14
5. <i>Sound Level Meter</i>	22
6. Titik Pengambilan Data.....	25
7. Diagram Alir	28
8. Kontur Kebisingan (tampilan 2D).....	33
9. Kontur Kebisingan (tampilan 3D).....	35
10. Perbandingan Peta Kontur Kebisingan Menggunakan Alat dan <i>Phoncell</i>	36

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel	
1. Nilai Ambang Batas (NAB) Kebisingan.....	17
2. Alat dan Bahan.....	24
3. Titik Pengukuran Tingkat Kebisingan	26
4. Hasil Rata-Rata Pengukuran Kebisingan	30

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebisingan adalah getaran suara dari berbagai sumber bunyi yang diterima oleh telinga pada waktu bersamaan. Telinga manusia dapat menerima 16hz-20khz gelombang dengan frekuensi berbeda-beda. Secara umum, bising juga didefinisikan sebagai bunyi yang tidak dikehendaki, baik berasal dari aktivitas alami maupun buatan manusia (Irzal, 2016). Dalam ilmu fisika, bunyi adalah getaran yang menyebar di udara, suatu menjadi kebisingan jika dianggap tidak menyenangkan oleh pendengar (Kiswanto, 2022). Suara terjadi akibat perubahan tekanan atau getaran yang merambat melalui udara, cairan, atau padatan. Gelombang suara ini bergerak dalam bentuk gelombang longitudinal dengan tekanan yang terus berosilasi di atas dan di bawah nilai rata-rata atmosfer (Prasetyo, 2022).

Di Asia Tenggara, sekitar 75-140 juta orang, atau 50% dari populasi, berisiko mengalami gangguan pendengaran akibat kebisingan. Di kawasan ini, Indonesia menempati peringkat keempat, dengan 4,6% penduduknya terancam menderita tuli karena paparan bising. Dalam ilmu fisika, bunyi adalah getaran yang menyebar di udara, suatu menjadi kebisingan jika dianggap tidak menyenangkan oleh pendengar (Kiswanto, 2022). Suara terjadi akibat perubahan tekanan atau getaran yang merambat melalui udara, cairan, atau padatan. Gelombang suara ini bergerak dalam bentuk gelombang longitudinal dengan tekanan yang terus berosilasi di atas dan di bawah nilai rata-rata atmosfer (Prasetyo, 2022).

Menurut peraturan di Indonesia, nilai ambang batas (NAB) kebisingan yang diperbolehkan di lingkungan industri adalah sebesar 85 dB, yang diterapkan dalam jangka waktu 8 jam kerja per hari selama 5 hari kerja dalam seminggu (total 40 jam). Ketentuan ini dirancang untuk melindungi pekerja agar tetap aman dari gangguan kesehatan akibat paparan kebisingan dalam rutinitas kerja mereka. Ketentuan NAB kebisingan ini diatur dalam Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor PER.13/MEN/X/2011 mengenai standar nilai ambang batas di tempat kerja, yang juga mencakup iklim kerja (panas), getaran tangan-lengan, dan paparan radiasi ultraviolet.

Pengukuran kebisingan, terutama di lingkungan industri, sangat penting untuk memastikan tingkat kebisingan berada dalam ambang aman. Salah satu alat yang dirancang untuk melakukan pengukuran ini adalah *Sound Level Meter*. *Sound Level Meter* sangat diperlukan terutama untuk lingkungan industri, contoh pada industri penerbangan, di mana lingkungan sekitar harus diuji tingkat kebisingan suara atau tekanan suara yang ditimbulkannya untuk mengetahui pengaruhnya terhadap lingkungan sekitar (Arsyad *et al.*, 2023).

Pada penelitian Istiqamah *et al.* (2023) menjelaskan bahwa pentingnya pengukuran kebisingan, karena pada area lingkungan kerja Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) memiliki dampak kebisingan diantaranya pada kegiatan konstruksi dan pengeboran dapat menghasilkan tingkat kebisingan yang sangat tinggi, seperti kebisingan dari pengeboran yang bisa mencapai 120 dB dan dapat teredam menjadi sekitar 85 dB. Pengujian sumur juga menghasilkan kebisingan antara 70 hingga 110 dB, yang dapat mempengaruhi kesehatan pekerja yang terpapar langsung. Mereka juga menambahkan bahwa meskipun kebisingan ini tidak berdampak signifikan terhadap penduduk karena lokasi PLTP yang jauh dari pemukiman, penggunaan pelindung telinga earplug sangat dianjurkan untuk meminimalisir risiko gangguan kesehatan.

PT PLN Indonesia Power Kamojang POMU PLTP Ulubelu adalah salah satu pembangkit listrik di wilayah Sumatera Bagian Selatan yang didirikan pada tahun 1997. Perusahaan ini berfokus pada pembangkitan dan penyediaan listrik dengan jumlah dan kualitas yang memadai, serta menjalankan usaha dengan prinsip

ekonomi yang sehat, memperhatikan kepentingan stakeholder, dan berusaha meningkatkan kepuasan pelanggan. PT PLN Indonesia Power Kamojang POMU PLTP Ulubelu merupakan unit cabang yang mengelola produksi listrik untuk area Lampung, dengan beberapa pembangkit listrik di bawah pengawasannya, termasuk Pembangkit Listrik Tanggamus serta dua unit pembangkit utama, yaitu Pembangkit Ulubelu dan Pembangkit Batu Tegi.

PLTP Ulubelu, yang mulai beroperasi pada Oktober 2012, sebelumnya dikenal dengan nama PT PLN (Persero) PLTP Ulubelu. Pada bulan yang sama, PLTP Ulubelu bergabung dengan PLTA Batu Tegi, yang memiliki kapasitas 2x55 MW dan telah beroperasi sejak tahun 2002. Pengoperasian PLTA Batu Tegi kemudian dilakukan secara remote dari PLTP Ulubelu. Pengelolaan kedua pembangkit tersebut kini berada di bawah PT PLN Ulubelu, yang memiliki 108 pegawai, dengan 37 di antaranya berasal dari unit Adidaya. Wilayah operasi perusahaan ini mencakup area seluas 20 hektar dan menggunakan uap sebagai bahan baku.

Tingkat kebisingan di lingkungan kerja PLTP (Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi) merupakan salah satu faktor penting yang perlu diperhatikan dalam upaya menjaga kesehatan dan keselamatan kerja (K3). Berbagai area di PLTP memiliki karakteristik kebisingan yang berbeda-beda, tergantung pada jenis peralatan, intensitas operasi, dan aliran fluida atau udara yang terjadi. Area seperti kompresor, cooling tower, dan power plant house diketahui menghasilkan tingkat kebisingan yang tinggi akibat adanya mesin bertekanan tinggi, kipas industri besar, serta turbin dan generator yang beroperasi secara terus-menerus. Sementara itu, area seperti gedung administrasi, *dormitory*, dan lab kimia memiliki tingkat kebisingan yang relatif rendah karena minim aktivitas mekanis dan tidak terdapat mesin berat. Perbedaan tingkat kebisingan ini perlu dipetakan secara menyeluruh untuk mengevaluasi potensi paparan terhadap pekerja dan menentukan area yang memerlukan pengendalian atau penggunaan alat pelindung diri (APD) secara khusus.

Topografi adalah suatu kegiatan yang menggambarkan posisi dan kondisi planimetris di permukaan bumi. Proses pengukuran dilakukan untuk menggambarkan bentuk-bentuk tersebut di atas kertas menggunakan simbol-simbol

peta pada skala tertentu, yang hasil akhirnya berupa peta topografi. Garis kontur merupakan garis yang digambar pada peta atau denah yang menghubungkan titik-titik dengan ketinggian yang sama (Humaro *et al.*, 2023). Penggunaan peta topografi memiliki berbagai keuntungan, antara lain memudahkan dalam memahami dan menggambarkan bentuk permukaan bumi secara detail, termasuk kontur tanah, ketinggian, dan objek-objek di sekitarnya. Dengan adanya garis kontur yang menggambarkan elevasi, peta topografi memungkinkan analisis yang akurat terkait perbedaan ketinggian dan kemiringan tanah, yang sangat berguna dalam perencanaan pembangunan, pengelolaan sumber daya alam, serta mitigasi bencana. Selain itu, peta topografi juga membantu dalam navigasi dan orientasi geografis, memberikan informasi yang diperlukan untuk kegiatan seperti konstruksi, pemetaan, dan penelitian ilmiah.

Pada penelitian Sari *et al.*, (2016) tentang pola kebisingan *sound topography* yang telah dilakukan di Kecamatan Tanjung Karang Pusat, Kota Bandar Lampung, yang mencakup area dari Jalan Raden Intan hingga Jalan Raden Ajeng Kartini. Penelitian ini berlangsung selama tiga hari (Senin, Selasa, dan Rabu) dengan pengukuran pada tiga waktu yang berbeda: pagi, siang, dan sore. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Sound Level Meter tipe Lutron 4011 dan GPS (Global Positioning System). Hasil pengukuran kebisingan dianalisis menggunakan metode *sound topography*. Hasilnya menunjukkan bahwa kebisingan tertinggi terjadi pada pagi hari, terutama di sekitar Masjid Taqwa di Jalan Kota Raja, Ramayana, Pertigaan Jalan Brigjen Katamso, Columbia, Dealer Honda, Bank Utomo, dan lampu merah Tugu Adipura, dengan tingkat kebisingan antara 78-83 dB. Nilai kebisingan ini sudah melebihi ambang batas yang ditetapkan, yaitu 70 dB untuk kawasan perdagangan dan jasa.

Surfer merupakan salah satu perangkat lunak yang digunakan untuk pembuatan peta kontur dan pemodelan tiga dimensi, yang didasarkan pada grid. Menurut Afrizal *et al.*, (2023) Perangkat lunak ini melakukan plotting data tabulasi XYZ tak beraturan menjadi lembaran titik-titik segi empat (grid) yang beraturan. Grid adalah serangkaian garis vertikal dan horizontal yang dalam *Surfer* berbentuk segi empat dan digunakan sebagai dasar pembentuk kontur dan permukaan tiga dimensi.

Untuk meminimalisir terjadinya gangguan kesehatan kerja akibat bising dilakukan penelitian tingkat kebisingan di Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) Komojong Ulubelu. Penelitian ini membahas tentang analisis tingkat kebisingan yang dihasilkan di area Unit 1 dan Unit 2 PLTP Ulubelu, Selain itu, penelitian ini juga menggunakan permodelan *Noise Mapping* dan *Noise Contour* atau pemetaan kebisingan yang berfungsi untuk menggambarkan pola persebaran kebisingan yang ada didalam suatu area menggunakan *Golden Surfer V28*.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh jarak sumber kebisingan terhadap kinerja pekerja di area kerja PLTP Ulubelu?
2. Bagaimana pengaruh sumber kebisingan terhadap pola sebaran kebisingan di area kerja PLTP Ulubelu berdasarkan hasil pengukuran?
3. Bagaimana pengaruh sumber kebisingan terhadap pengukuran dua alat Sound Level Meter dan aplikasi ponsel di area kerja PLTP Ulubelu?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini sebagai berikut.

1. Mengetahui pengaruh jarak sumber kebisingan terhadap kinerja pekerja di area kerja PLTP Ulubelu.
2. Mengetahui pengaruh sumber kebisingan terhadap pola sebaran kebisingan di area kerja PLTP Ulubelu berdasarkan hasil pengukuran.
3. Mengetahui keakuratan hasil pengukuran kebisingan antara alat Sound Level Meter dan aplikasi ponsel.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya akan difokuskan pada pengukuran kebisingan yang dihasilkan dari kegiatan operasional di Unit 1 dan Unit 2 PLTP Ulubelu.
2. Pengukuran kebisingan akan dilakukan pada beberapa waktu tertentu yang mewakili kondisi operasional normal jam 08.00-16.00 WIB, tanpa

memperhitungkan variabel kebisingan lain yang tidak terkait langsung dengan aktivitas produksi.

3. Analisis persebaran kebisingan di lokasi penelitian akan dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Golden Surfer V28*, yang akan menghasilkan peta *topografi* dan kontur kebisingan berdasarkan data yang terkumpul.
4. Analisis pola distribusi kebisingan dilakukan berdasarkan data pengukuran dari beberapa titik dan jarak yang telah ditentukan.

1.5 Manfaat Penelitian

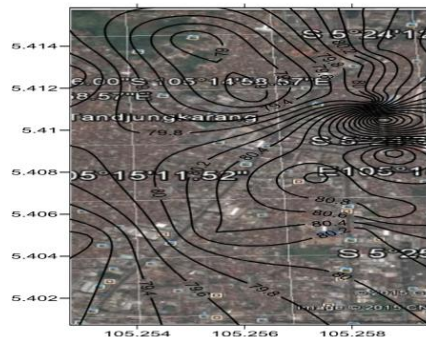
Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi yang komprehensif mengenai tingkat kebisingan yang terjadi di lingkungan kerja PLTP Ulubelu, khususnya di Unit 1 dan Unit 2, serta dampaknya terhadap kesehatan pekerja.
2. Menyediakan data yang akurat tentang pola persebaran kebisingan di area kerja PLTP Ulubelu, yang dapat digunakan sebagai dasar untuk pengelolaan kebisingan yang lebih efektif.
3. Menjadi referensi bagi pengambil kebijakan dan pihak terkait dalam upaya meningkatkan keselamatan dan kenyamanan kerja di lingkungan PLTP Ulubelu melalui pengendalian kebisingan yang lebih terstruktur.

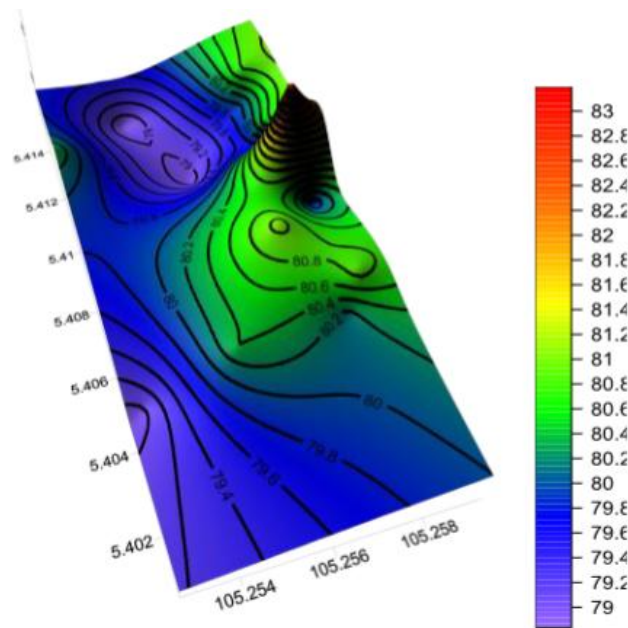
II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Sari *et al.*, (2016) Telah melakukan penelitian mengenai pola *topografi* kebisingan di Kecamatan Tanjung Karang Pusat, Kota Bandar Lampung, meliputi area di sekitar Jalan Raden Intan hingga Jalan Raden Ajeng Kartini. Pengukuran dilakukan selama tiga hari berturut-turut (Senin, Selasa, dan Rabu) pada tiga waktu berbeda, yaitu pagi, siang, dan sore hari. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Sound Level Meter* tipe Lutron 4011 dan GPS (*Global Positioning System*). Data yang diperoleh dianalisis dengan pendekatan *topografi* suara. Hasil penelitian menunjukkan pola sebaran kebisingan ditampilkan melalui **Gambar 1** dan **Gambar 2** gambar-gambar tersebut menunjukkan rata-rata sebaran kebisingan pada pagi hari dengan menggunakan mode *contour map* dan mode 3D. Berdasarkan **Gambar 1** area Masjid Taqwa, Jalan Kota Raja, Ramayana, Pertigaan Jalan Brigjen Katamso, Columbia, Dealer Honda, Bank Utomo, hingga Lampu Merah Tugu Adipura memiliki rata-rata tingkat kebisingan sebesar 79-83 dB. Area lain dengan kebisingan tinggi mencakup sekitar Gedung Juang 45, Xaverius, hingga Lampu Merah Teuku Umar, dengan rata-rata kebisingan sebesar 80-81 dB.



Gambar 1. Bentuk Sebaran Kebisingan Rata-Rata Pagi Hari Dengan Mode *Counter Map* (Sari *et al.*, 2016)

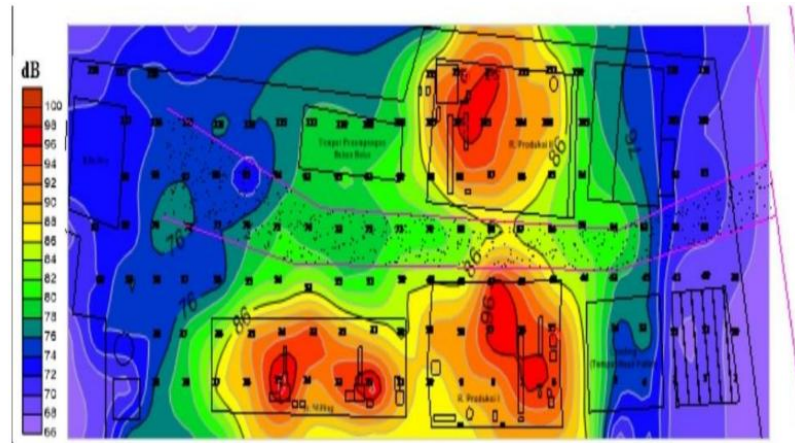


Gambar 2. Bentuk Sebaran Kebisingan Pagi Hari Dengan Mode 3D

(Sari *et al.*, 2016)

Pada **Gambar 2** area dengan kebisingan tinggi ditandai dengan warna merah, mencakup wilayah Ramayana hingga Pertigaan Jalan Brigjen Katamso, dengan rata-rata kebisingan sebesar 80-83 dB. tingkat kebisingan.

(Sasmita *et al.*, 2021) melakukan penelitian tentang Pemetaan dan Perhitungan Pemaparan Tingkat Kebisingan pada Industri Pengolahan Kayu di Kecamatan Siak, Provinsi Riau. Pengukuran ini dilakukan dengan metode *noise mapping* menggunakan *Sound Level Meter*, lalu data diolah menjadi peta kontur dengan variasi warna biru, hijau, kuning, ungu, dan merah. Hasil penelitian menunjukkan tingkat kebisingan tertinggi mencapai 99,4 dB dan terendah sebesar 67,3 dB. Berdasarkan analisis menggunakan metode NIOSH pada 128 titik pengukuran, ditemukan 38 titik dengan tingkat kebisingan >85 dB, melebihi durasi paparan yang direkomendasikan. Tingkat kebisingan 99,4 dB memiliki waktu paparan aman hanya 0,3 jam, sedangkan 67,3 dB memungkinkan paparan hingga 475 jam. Untuk mengurangi kebisingan, langkah pengendalian dapat dilakukan pada sumber suara, jalur transmisi, dan penerima.



Gambar 3. Peta Tingkat Kebisingan (Sasmita *et al.*, 2021)

Penelitian ini memiliki perbedaan yang signifikan dengan penelitian terdahulu, seperti yang dilakukan (Sari *et al.*, 2016) yang meneliti pola kebisingan di kawasan perkotaan dan (Sasmita *et al.*, 2021) yang fokus pada industri pengolahan kayu. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat kebisingan di sektor energi, khususnya di PLTP Ulubelu, yang belum banyak dibahas dalam literatur yang ada. Selain itu, penelitian ini menggunakan *software surfer 13* dalam pemetaan kebisingan, yang memberikan pendekatan yang lebih akurat dan relevan untuk memetakan persebaran kebisingan di lingkungan kerja pembangkit listrik. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam pengendalian kebisingan di PLTP Ulubelu, serta mendukung upaya peningkatan kesehatan dan kenyamanan pekerja di sektor energi terbarukan.

2.2 Suara

Sumber suara berasal dari berbagai objek yang bergetar, yang mengubah bentuk energi lain menjadi getaran. Contohnya, dampak mekanis pada benda padat, perubahan tekanan udara seperti pada peluit atau pipa, atau energi listrik yang mempengaruhi membran baja atau kristal. Transduser adalah istilah yang digunakan untuk perangkat yang mengubah bentuk energi lain menjadi suara (seperti pengeras suara) atau mengubah suara menjadi bentuk energi lain (seperti mikrofon). Penerimaan getaran suara oleh telinga manusia sebagai indra pendengar. Dalam desain bangunan, perhatian harus diberikan pada suara yang merambat melalui media udara serta suara yang timbul akibat perambatan getaran melalui

struktur bangunan. Dalam fisika, bunyi merupakan gelombang longitudinal yang merambat melalui medium tertentu, dihasilkan oleh getaran yang membentuk suatu sistem. Setiap bunyi memiliki karakteristik unik, seperti frekuensi, amplitudo, kecepatan rambat, waktu dengung, dan lainnya. Selain itu, setiap sel dalam tubuh manusia, batu, dan pohon memiliki frekuensi resonansi alami yang idealnya selaras dengan kesatuan strukturnya. Berdasarkan sifat-sifat fisika tersebut, bunyi dapat dianalisis untuk berbagai tujuan (Sugianta *et al.*, 2020).

2.3 Akustik

Akustik merupakan cabang dari fisika yang mempelajari fenomena suara, getaran, serta gelombang bunyi. Cabang ilmu ini membahas berbagai karakteristik fisik dari suara, seperti frekuensi, intensitas, dan kecepatan rambat gelombang suara, serta bagaimana suara tersebut dapat dihasilkan, menyebar, dan mengalami pantulan dalam berbagai medium, seperti udara, air, maupun benda padat. Gelombang akustik merupakan gelombang suara yang merambat melalui media seperti udara, air, atau material padat, yang dihasilkan oleh getaran dari sumber suara dan menyebar ke berbagai arah. Selama perambatannya, gelombang ini dapat mengalami berbagai fenomena fisik, seperti:

1. Refleksi (pantulan dari permukaan keras),
2. Difraksi (pembelokan saat melewati celah atau penghalang)
3. Interferensi (perpaduan antara dua atau lebih gelombang suara yang dapat saling menguatkan atau melemahkan) (Subarna, 2023).

2.4 Getaran

Getaran adalah gerakan bolak-balik di sekitar titik keseimbangan. Kuat lemahnya getaran dipengaruhi oleh energi yang diberikan, dan satu getaran penuh adalah satu siklus gerak bolak-balik yang lengkap. Jenis getaran umum termasuk getaran ujung batang, getaran selaras, dan ayunan sederhana (Maryani *et al.*, 2021).

a. Amplitudo

Amplitudo adalah jarak simpangan terjauh dari posisi keseimbangan, yang menunjukkan kekuatan getaran.

b. Periode dan Frekuensi

Periode (T) adalah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan satu getaran, sementara frekuensi (f) adalah banyaknya getaran yang terjadi dalam satu detik.

Hubungan antara periode dan frekuensi berbanding terbalik, di mana periode (T) adalah kebalikan dari frekuensi (f) (Mundilarto, 2008). Persamaan yang menghubungkan keduanya adalah:

$$T = \frac{1}{f} \quad \text{atau} \quad \frac{1}{T} \quad (2.1)$$

dengan:

T = Periode (s)

F = frekuensi (Hz, Hertz)

2.5 Bunyi

Bunyi merupakan gelombang longitudinal yang dihasilkan dari getaran suatu benda, yang disebut sebagai sumber bunyi. Gelombang ini membutuhkan medium (zat perantara) untuk dapat merambat, seperti zat padat, cair, atau gas. Oleh karena itu, bunyi tidak dapat merambat di ruang hampa udara atau vakum. Agar bunyi dapat didengar, diperlukan beberapa syarat, yaitu:

1. Adanya sumber bunyi yang bergetar,
2. Medium perambatan
3. Pendengar yang berada dalam jangkauan bunyi tersebut.

Perambatan bunyi membutuhkan waktu; semakin jauh jaraknya, semakin lama waktu yang dibutuhkan. Cepat rambat bunyi adalah jarak yang ditempuh bunyi dalam satu detik. Sebagai contoh, pada suhu 15°C. Cepat rambat bunyi di udara adalah 340 m/s (Yadi, 2006)

Cepat rambat bunyi ditulis:

$$v = \frac{s}{t} \quad (2.2)$$

dengan:

v = cepat rambat bunyi

s = jarak yang ditempuh bunyi

t = waktu untuk menempuh jarak tertentu

Gelombang bunyi juga berlaku rumus:

$$v = \lambda \cdot f \quad (2.3)$$

di mana v adalah cepat rambat bunyi (m/s), λ (lambda) adalah panjang gelombang (m), f adalah frekuensi (Hz).

2.6 Intensitas Bunyi

Intensitas bunyi merupakan besarnya energi yang dipancarkan oleh sumber suara dalam setiap satuan waktu dan luas, dengan arah tegak lurus terhadap perambatan gelombang bunyi. Umumnya, sumber suara memancarkan gelombangnya secara merata ke segala arah, membentuk distribusi energi yang homogen (Kiswanto, 2022). Secara matematis dinyatakan dengan rumus:

$$I = \frac{P}{A} \quad (2.4)$$

dengan:

I = intensitas bunyi (W/m^2)

P = daya sumber bunyi (W),

A = luas (m^2)

Intensitas bunyi yang dapat didengar oleh telinga manusia umumnya berkisaran dari 10^{-12} W/m^2 sampai 1 W/m^2 . Karena rentang yang begitu besar ini, persepsi manusia terhadap kekerasan atau kelemahan bunyi tidak berbanding lurus dengan intensitasnya. Untuk menyederhanakan persepsi ini, taraf intensitas bunyi diperkenalkan oleh Alexander Graham Bell. Taraf intensitas adalah skala logaritmik yang membandingkan intensitas bunyi terhadap intensitas ambang minimum yang

masih terdengar oleh manusia yaitu 10^{-12} W/m^2 (Saripudin *et al.*, 2019). Intensitas bunyi tarafnya dinyatakan dalam satuan decibel (dB), di tuliskan dengan persamaaan.

$$TI = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right) \quad (2.5)$$

dengan:

TI = taraf intensitas (dB)

I = intensitas bunyi (W/m^2)

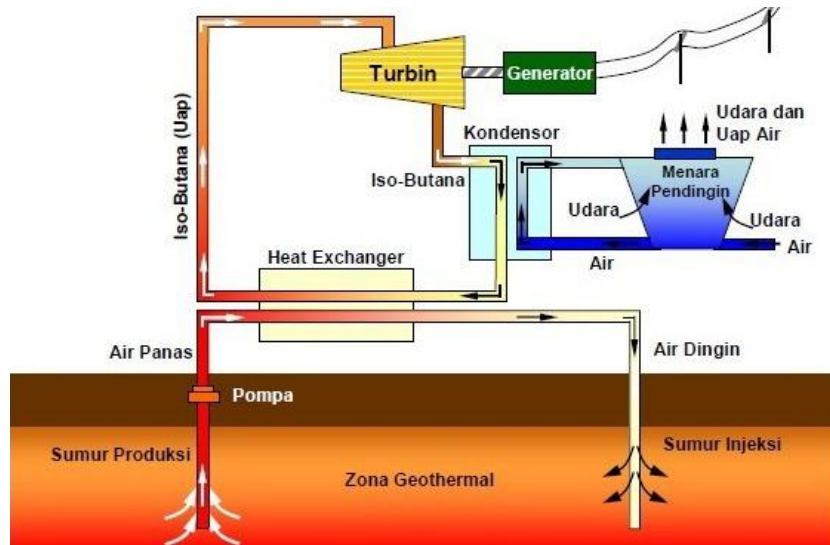
I_0 = intensitas ambang (10^{-12} W/m^2)

2.7 Adsorpsi

Absorpsi suara merupakan proses di mana gelombang bunyi diserap oleh permukaan suatu benda. Tingkat kemampuan suatu permukaan dalam menyerap suara sangat dipengaruhi oleh tingkat kepadatan atau kerapatan materialnya. Semakin berpori atau rendah kepadatannya, maka kemampuan menyerap suara akan semakin tinggi, dan sebaliknya. Penggunaan material penyerap suara (*sound absorber*) sangat penting dalam pengaturan kualitas akustik ruangan, karena berperan dalam menciptakan lingkungan suara yang nyaman dan sesuai dengan fungsinya (Sutanto, 2015).

2.8 Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP)

Energi panas bumi merupakan salah satu sumber energi baru terbarukan yang berasal dari dalam perut bumi. Energi ini bersifat tak terbatas, sehingga tidak akan habis digunakan. Pemanfaatannya memungkinkan penghematan biaya, sehingga negara tidak perlu menanggung beban finansial untuk membeli sumber energi lainnya. Dalam pengolahannya, energi panas bumi diinjeksikan kembali ke dalam lapisan bawah permukaan bumi melalui sumur injeksi. Proses ini memungkinkan fluida panas bumi untuk didaur ulang secara terus-menerus tanpa menghasilkan limbah yang dibuang (Wijayanti, 2023).



Gambar 4. Proses Pebangkitan Listrik pada PLTP (Rianta, 2020)

PLTP terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu sumur produksi panas bumi, separator, dan turbin, yang saling terhubung melalui pipa. Fluida panas bumi mengalir dari sumur produksi menuju separator untuk memisahkan uap kering. Uap kering tersebut kemudian dialirkan ke turbin, di mana energi panasnya diubah menjadi listrik (Mulyana & Riyandi, 2019).

Sumber kebisingan yang mungkin timbul berasal dari kegiatan konstruksi, pengeboran, pengoperasian pembangkit, dan pembongkaran, selama proses reklamasi lahan. Kebisingan lain berasal dari penggunaan alat berat seperti truk, *bulldozer*, dan *crane* selama pembangunan jalan dan fasilitas pembangkit. Pada tahap operasional, sumber utama kebisingan adalah menara pendingin, transformator, dan mesin pembangkit. Namun, dampak kebisingan ini dapat diminimalkan dengan penggunaan pelindung telinga *safety earplug* saat bekerja. Selain itu, lokasi pembangkit yang jauh dari pemukiman membuat kebisingan tidak memberikan dampak signifikan terhadap penduduk sekitar (Istiqamah *et al.*, 2023).

2.9 Transmisi

Sangat jarang ada suatu benda yang mampu merefleksikan, menyerap, atau mentransmisikan suara secara sempurna (secara total). Dalam kenyataannya, benda yang mampu merefleksikan suara secara sempurna pun masih memungkinkan

untuk mengabsorpsi berkas suara, meskipun sangat sedikit. Demikian juga permukaan benda yang memiliki kemampuan untuk menyerap suara secara sempurna juga masih sangat memungkinkan untuk merefleksikan ataupun mentransmisikan suara, meskipun relatif sangat kecil kuantitasnya (Kiswanto, 2022). Perambatan bunyi ini dipengaruhi oleh tingkat transmisi material, yang ditentukan oleh ketebalan, konstruksi, dan frekuensinya. Dalam gelombang bunyi, terdapat impedansi akustik yang mempengaruhi pantulan gelombang tersebut (Nuzul & Mitraryana, 2017). Media yang dapat menghantarkan getaran suara meliputi gas (seperti udara), yang mentransmisikan getaran dalam bentuk gelombang longitudinal (dengan perubahan tekanan yang bergantian antara kompresi dan rarifikasi), atau benda padat, di mana getaran lateral juga dapat terjadi (seperti pada senar). Sebagian energi suara ditransmisikan langsung melalui media seperti dinding dan lantai, sementara sebagian lainnya merambat melalui hubungan antara lantai dan dinding. Selain transmisi langsung melalui dinding pemisah, terdapat pula transmisi lain berupa getaran suara yang menyebar melalui permukaan lantai dan dinding, yang dikenal sebagai "transmisi mengapit." Jenis transmisi ini terjadi ketika getaran suara melewati dinding pemisah antara dua ruangan. Selain itu, terdapat istilah "transmisi semu," yang mencakup transmisi langsung melalui dinding dan energi tambahan yang merambat melalui "transmisi mengapit" menggunakan jalur *struktur-borne*. Kombinasi ini dapat menyebabkan *Apparent-STC* lebih rendah dibandingkan dengan rating *STC* untuk transmisi langsung melalui dinding. Dari perspektif penghuni, yang paling penting adalah tingkat isolasi suara secara keseluruhan antara ruangan yang berdekatan, yang mencakup semua jalur transmisi suara (Indarto *et al.*, 2020).

2.10 Kebisingan

Kebisingan adalah bunyi atau suara yang tidak dikehendaki dan dapat mengganggu kesehatan, kenyamanan serta dapat menimbulkan ketulian (Wibowo R, & Samuel, 2014). Kebisingan dipengaruhi oleh beberapa faktor utama, seperti intensitas, frekuensi, durasi, dan pola waktu. Suara bising biasanya terdiri atas frekuensi yang tidak teratur, getaran yang acak, serta tidak saling berhubungan. Kondisi ini

menjadikannya sebagai potensi bahaya fisik yang dapat memengaruhi kesehatan pekerja, terutama pada fungsi pendengaran. Selain itu, tingkat kebisingan yang tinggi juga dapat memicu stres kerja (Lintang Edbert & Rachmawati, 2024). Kebisingan menjadi masalah di berbagai belahan dunia. Sebuah penelitian internasional yang mendalam bahkan menunjukkan adanya hubungan langsung antara tingkat kebisingan dan peningkatan jumlah kasus ketulian. Beberapa sumber kebisingan yang umum antara lain: suara percakapan orang (80 dB), suara kereta (95 dB), suara mesin motor (104 dB), suara petir (120 dB), suara pesawat jet (150 dB), dan suara roket (179 dB) (Kiswanto, 2022).

Bunyi atau suara dapat diukur menggunakan alat bernama *sound level meter*, yang berfungsi untuk mengukur intensitas suara dalam satuan Hertz serta frekuensi atau gelombang suara dalam satuan desibel. Telinga manusia memiliki kemampuan menangkap suara dengan intensitas antara 20 hingga 20.000 *Hertz* dan frekuensi sekitar 80 desibel sebagai batas aman. Paparan suara yang melebihi batas aman tersebut dalam jangka waktu lama dapat mengakibatkan gangguan pendengaran, baik bersifat sementara maupun permanen (Chandra, 2007). Keras bunyi bertambah jika intensitas meningkat, tetapi pertambahan ini tidak terjadi secara linier. Semakin besar amplitudo maka keras bunyi yang dihasilkan akan semakin besar (Jamaludin *et al.*, 2014).

Nilai NAB kebisingan biasanya ditunjukkan dalam tabel yang menggambarkan batas-batas kebisingan yang diperbolehkan dalam berbagai kondisi atau lingkungan dapat di lihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Nilai Ambang Batas (NAB) Kebisingan

Satuan	Durasi Panjang kebisingan	Intensitas bising (dBA)
Jam	24	80
	16	82
	8	85
	4	88
	2	91
	1	94
Menit	30	97
	15	100
	7,5	103
	3,75	106
	1,88	109
	0,94	112
Detik	28,12	115
	14,06	118
	7,03	121
	3,52	124
	1,76	127
	0,88	130

(Sumber: Peraturan Menteri Kesehatan No. 70 Tahun 2016)

2.11 Jenis-Jenis Kebisingan

Jenis kebisingan dapat dikelompokkan berdasarkan mekanisme perambatan energi bunyi sebagai berikut:

1. *Struktur-Borne Noise* adalah kebisingan yang dihasilkan oleh perambatan getaran pada komponen struktur dari suatu sistem. Getaran ini merambatkan energi akustik dalam bentuk gelombang longitudinal. Sumber energi kebisingan

ini berasal dari kerusakan atau ketidakseimbangan bagian-bagian sistem, serta gerakan bolak-balik yang terjadi dalam sistem tersebut.

2. *Liquid-Borne Noise* adalah kebisingan yang timbul akibat perambatan fluktuasi tekanan dalam fluida, yang menghasilkan getaran pada kolom fluida, pusaran fluida, bunyi aliran, dan kavitasi.
3. *Air-borne Noise* adalah kebisingan yang merambat melalui fluktuasi tekanan udara. Perambatan kebisingan melalui kedua media ini saling terkait; ketika kebisingan berasal dari struktur, getaran struktur tersebut akan menggetarkan udara di sekitarnya, dan sebaliknya, udara yang bergetar akan menggetarkan struktur kembali (Wibowo & Samuel, 2014 dalam Sasono, 2007).

2.12 Sumber kebisingan

Sumber kebisingan dapat diklasifikasikan berdasarkan sifat, bentuk, dan lokasi asalnya. Berdasarkan sifatnya, kebisingan terbagi menjadi statis, seperti pabrik dan mesin, serta dinamis, seperti mobil dan pesawat. Dari bentuknya, kebisingan dapat berupa sumber titik atau lingkaran, misalnya mesin industri yang tidak bergerak, dan sumber garis, seperti kendaraan yang bergerak di jalan. Berdasarkan lokasi, kebisingan dibagi menjadi interior, yang berasal dari dalam ruangan seperti alat rumah tangga, radio, televisi, kipas angin, alat musik, bantingan pintu, pembuka kaleng, suara mesin-mesin gedung, dan eksterior, yang dihasilkan oleh kendaraan transportasi, mesin diesel, dan alat konstruksi. Kebisingan dari berbagai sumber ini dapat memiliki dampak berbeda tergantung intensitas dan lokasinya. Sumber kebisingan dapat diklasifikasikan berdasarkan sifat, bentuk, dan lokasi asalnya. Berdasarkan sifatnya, kebisingan terbagi menjadi statis, seperti pabrik dan mesin, serta dinamis, seperti mobil dan pesawat. Dari bentuknya, kebisingan dapat berupa sumber titik atau lingkaran, misalnya mesin industri yang tidak bergerak, dan sumber garis, seperti kendaraan yang bergerak di jalan. Berdasarkan lokasi, kebisingan dibagi menjadi interior, yang berasal dari dalam ruangan seperti alat rumah tangga, radio, atau televisi, dan eksterior, yang dihasilkan oleh kendaraan transportasi, mesin diesel, dan alat konstruksi. Kebisingan dari berbagai sumber ini dapat memiliki dampak berbeda tergantung intensitas dan lokasinya (Junias, 2024).

2.13 Dampak Kebisingan

Dampak kebisingan dibagi menjadi dua kategori yaitu:

1. Efek *Audiotori*

yaitu gangguan yang berhubungan langsung dengan indera pendengaran. Meskipun telinga manusia mampu menyesuaikan diri terhadap variasi suara, paparan kebisingan yang terlalu sering dapat mengakibatkan kegagalan fungsi akomodasi telinga, sehingga menyebabkan gangguan pendengaran permanen. Efek audiotori, yaitu dampak kebisingan yang secara langsung memengaruhi indera pendengaran, dapat dikelompokkan menjadi tiga jenis:

a. Trauma *Akustik*

Gangguan pendengaran akibat paparan tunggal kebisingan dengan intensitas sangat tinggi dalam waktu singkat.

b. Pergeseran Ambang Batas Sementara (*Temporary Threshold Shift/TTS*)

Gangguan pendengaran sementara yang dapat pulih setelah beberapa menit hingga maksimal sepuluh hari, tergantung durasi dan intensitas paparan.

c. Pergeseran Ambang Batas Permanen (*Permanent Threshold Shift/PTS*)

Gangguan pendengaran permanen yang terjadi akibat paparan kebisingan berulang sebelum pemulihan total dari TTS, sering disebut sebagai *Noise-Induced Hearing Loss* (NIHL).

2. Efek *Non-Audiotori*

Dampak yang tidak berhubungan langsung dengan indera pendengaran. Kebisingan sebagai suara yang tidak diinginkan dapat menimbulkan gangguan lain seperti:

a. Gangguan Komunikasi

Intensitas kebisingan tinggi dapat mengganggu percakapan, sehingga menimbulkan kesalahpahaman.

b. Gangguan Tidur (*Sleep Interference*)

Kebisingan antara 33-38 dBA dapat mengganggu aktivitas tidur, terutama jika intensitasnya melebihi 48 dBA.

d. Gangguan Pelaksanaan Tugas (*Task Interference*)

Kebisingan dapat menghambat konsentrasi dan menurunkan produktivitas kerja.

f. Gangguan Perasaan (*Annoyance*)

Kebisingan dapat memengaruhi suasana hati dan memicu amarah.

g. Stres

Kebisingan dapat menyebabkan berbagai tahap stres, seperti menurunnya konsentrasi, mudah lelah, dan gangguan komunikasi (Kiswanto, 2022).

3. Pengaruh Fisiologis

Dampak kebisingan pada fisiologi dapat meliputi peningkatan tekanan darah, kenaikan denyut nadi, metabolisme basal, gangguan tidur, serta dapat menyebabkan pucat, gangguan sensorik, dan gangguan refleks.

4. Pengaruh Psikologis

Reaksi psikologis yang muncul akibat kebisingan antara seperti kemarahan, mudah tersinggung atau curiga, kecemasan atau kegugupan, rasa jengkel atau *annoyance* (Wibowo R, & Samuel, 2014)

2.14 Ergonomi

Menurut Ramdhana Jufri (2024) Istilah "ergonomi" berasal dari bahasa latin yaitu ERGON (kerja) dan NOMOS (hukum alam). Dengan ini dimaksudkan dengan ergonomi adalah ilmu yang mempelajari manusia dalam hubungannya dengan pekerjaan. Ergonomi adalah ilmu yang mempelajari hubungan antara manusia, alat bantu, lingkungan, serta berbagai faktor yang memengaruhi kinerja manusia untuk meningkatkan produktivitas kerja. Ergonomi juga didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari perilaku manusia terkait dengan pekerjaan mereka. Fokus utama dari penelitian ergonomi adalah manusia saat bekerja dalam suatu lingkungan. Secara singkat, ergonomi dapat diartikan sebagai penyesuaian pekerjaan dengan tubuh manusia untuk mengurangi stress (Abdulrahim *et al.*, 2022).

Tujuan utama studi ergonomi adalah merancang benda, fasilitas, dan lingkungan sehingga fungsionalitasnya menjadi lebih efektif, serta aspek-aspek kemanusiaan seperti kesehatan, keamanan, dan kepuasan tetap terjaga. Ergonomi memiliki dua aspek penting, yaitu: efektivitas sistem yang melibatkan manusia di dalamnya dan cara memperlakukan manusia secara manusiawi. Untuk mencapai tujuan tersebut, pendekatan ergonomi mengaplikasikan pengetahuan tentang manusia secara sistematis dalam merancang sistem-sistem yang melibatkan interaksi antara

manusia dengan benda, fasilitas, dan lingkungan. Dengan demikian, ergonomi adalah ilmu yang mempelajari interaksi manusia dengan objek fisik dalam berbagai aktivitas sehari-hari. Pengembangan ergonomi memerlukan dukungan dari berbagai disiplin ilmu, seperti psikologi, fisiologi, biologi, sosiologi, perencanaan kerja, arsitektur, teknik, dan lainnya. Setiap disiplin ilmu tersebut memberikan informasi yang kemudian dirancang oleh para ahli, mulai dari aspek teknis hingga fasilitas, untuk memastikan bahwa sistem yang dirancang dapat digunakan secara optimal. Pada awalnya, ergonomi lebih didominasi oleh pakar psikologi, yang lebih fokus pada pemilihan operator. Ergonomi juga berkembang dalam dunia militer, terutama dalam pengembangan peralatan militer. Saat ini, para ahli ergonomi telah memperluas fokus mereka ke bidang sipil, seperti perancangan jalan raya, fasilitas kesehatan, perumahan, pengendalian polusi, lapangan pesawat terbang, pekerjaan kantor, dan fasilitas lain yang melibatkan interaksi manusia (Ramdhana Jufri, 2024).

2.15 *Sound Level Meter*

Mengingat dampak negatif dari kebisingan dalam berbagai bentuk, pengendalian kebisingan dapat dilakukan jika sudah diketahui atas kebisingan suatu area dan pengukuran atas kebisingan dapat dilakukan dengan menggunakan *Sound Level Meter* (SLM) (Jamaludin *et al.*, 2014). Sound level meter merupakan alat yang digunakan untuk mengukur kebisingan dalam rentang 30 hingga 130 desibel (dB) dengan frekuensi antara 20 hingga 20.000 Hertz (Hz). Alat ini dilengkapi dengan sistem kalibrasi internal, meskipun mikrofon memerlukan kalibrasi tambahan dengan alat tertentu untuk memastikan keakuratannya (Chandra, 2007). Alat ukur seperti *sound level meter* sebaiknya melalui proses kalibrasi agar pengguna dapat mengetahui tingkat akurasi alat tersebut. Dalam praktiknya, sering terjadi ketidaksesuaian hasil pengukuran, yang dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti kerusakan pada alat ukur atau data yang dihasilkan kurang akurat. Masalah ketidaktepatan pengukuran ini dapat diatasi dengan melakukan kalibrasi ulang. Kalibrasi sendiri merupakan rangkaian proses yang menentukan hubungan antara nilai yang ditunjukkan oleh instrumen pengukur atau sistem pengukuran dengan

nilai yang telah diketahui dalam kondisi tertentu, sehingga memastikan alat bekerja dengan presisi yang diharapkan (Ilhamsyah & Rahmayudha, 2017 dalam Meikaharto et al., 2021). *Sound Level Meter* (SLM) terdiri atas beberapa komponen utama, yaitu mikrofon, *amplifier*, *weighting network*, dan layar untuk menampilkan hasil pengukuran dalam satuan desibel (dB). Level pada SLM biasanya dilambangkan dengan huruf "L" yang diikuti oleh subskrip untuk menunjukkan jenis level yang diukur. Pembobotan pada SLM adalah rangkaian elektronik yang kepekaannya disesuaikan dengan perubahan frekuensi yang dapat didengar oleh telinga manusia (Meikaharto et al., 2021).



Gambar 5. *Sound Level Meter* (Dokumentasi Pribadi)

2.16 *Software Surfer*

Surfer adalah perangkat lunak yang digunakan untuk membuat peta kontur dan model tiga dimensi berdasarkan data grid. Aplikasi ini dapat memplot data XYZ yang tidak teratur menjadi grid berbentuk segi empat yang teratur. Grid tersebut terdiri dari garis-garis vertikal dan horizontal yang menjadi dasar untuk pembentukan kontur dan permukaan tiga dimensi. Salah satu keunggulan *Surfer* adalah tidak memerlukan spesifikasi perangkat keras atau sistem operasi yang tinggi, sehingga mudah digunakan oleh berbagai kalangan. *Surfer* menawarkan kemudahan dalam pembuatan peta kontur dan model spasial 3D, serta mendukung analisis seperti *volumetric*, *cut and fill*, *slope*, dan lainnya. Perangkat lunak ini memungkinkan konversi data tabular, misalnya dari *Excel*, menjadi peta tiga dimensi. *Surfer* juga bermanfaat dalam analisis topografi seperti kelereng atau morfologi lahan yang diambil dari citra udara atau satelit yang sudah memiliki

datum ketinggian. Selain itu, *Surfer* sering digunakan untuk analisis spasial dalam mitigasi bencana alam yang berkaitan dengan topografi dan morfologi lahan. Dengan fitur spasialnya, *Surfer* dapat memberikan visualisasi potensi bencana secara geografis (Mulyono & Purnomo, 2022).

Pada penelitian (Ramadoni *et al.*, (2021) pemetaan tingkat kebisingan dilakukan dengan memanfaatkan nilai kebisingan Leq sebagai parameter utama. Data Leq dikumpulkan di berbagai titik lokasi dengan mencatat koordinat x dan y menggunakan perangkat GPS. Data yang diperoleh di setiap titik kemudian dimasukkan ke dalam spreadsheet pada program *Surfer 13*. Setelah itu, dilakukan proses Grid - Plot untuk menghasilkan peta kontur yang menggambarkan distribusi kebisingan. Peta ini terdiri dari tiga lapisan kontur, masing-masing mewakili periode waktu yang berbeda saat pengukuran dilakukan. Dengan pendekatan ini, pola persebaran kebisingan dapat divisualisasikan secara detail untuk keperluan analisis lebih lanjut.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan di PT. PLN Indonesia Power Kamojang POMU PLTP Ulubelu pada bulan Januari 2025.

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini di tampilkan pada **Tabel 3.1**.

Tabel 2. Alat dan Bahan

No.	Nama	Fungsi
1.	<i>Sound Level Meter</i> SW-523/524	Untuk mengukur tingkat kebisingan dalam satuan dB dengan skala 30-130 dB dan frekuensi 31.5 Hz-8.5 KHz.
2.	Meteran	Untuk mengukur pengambilan jarak, lebar, Panjang dan tinggi saat pengukuran.
3.	<i>Software Surfer</i>	Perangkat lunak yang berfungsi untuk membuat peta kontur 2D dan 3D dari data yang didapatkan.
3.	Laptop	Untuk menyimpan, mengolah, dan menganalisis data yang telah dikumpulkan.
4.	<i>Handphone</i>	Sebagai alat bantu pembanding untuk memvalidasi hasil pengukuran utama dari <i>Sound Level Meter</i> .
5.	Tripot/penyangga	Untuk penyangga alat <i>Sound Level Meter</i> , agar sesuai posisi yang diinginkan.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif dengan penyajian data dalam bentuk kontur, grafik dan tabel. Data yang diperoleh, yaitu berupa data primer hasil pengukuran kebisingan dimasukkan *Golden Surfer V28* akan membentuk garis kontur dengan koordinat X dan Y sebagai koordinat posisi dari titik pengukuran, sedangkan Z adalah nilai kebisingan pada titik pengukuran.

3.4 Prosedur Penelitian

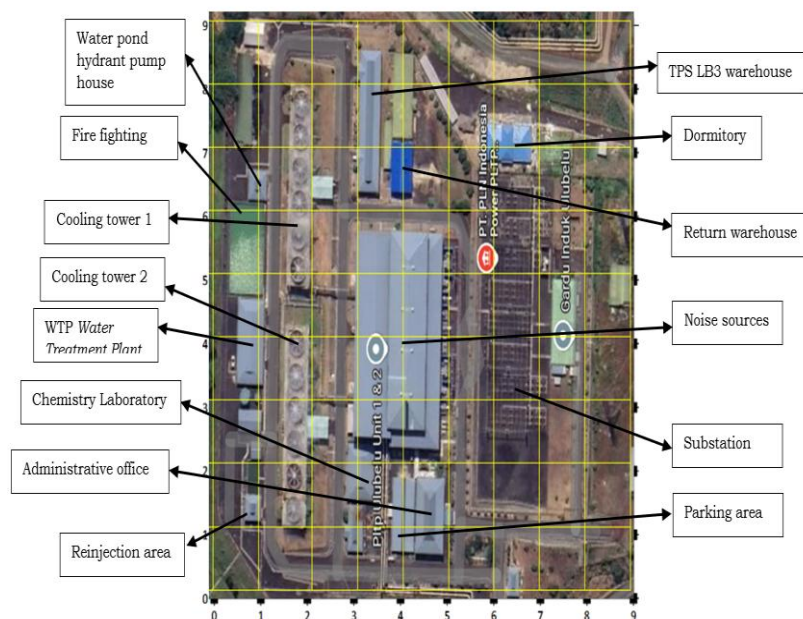
Penelitian ini meliputi beberapa tahapan, yaitu persiapan alat dan bahan, penentuan lokasi pengukuran, pengambilan data kebisingan, serta analisis data.

3.4.1 Persiapan alat dan Bahan

Alat dan bahan disiapkan terlebih dahulu sebelum memulai penelitian. Semua peralatan harus dipastikan dalam kondisi optimal untuk menghindari masalah atau hambatan selama proses pengukuran.

3.4.2 Penentuan Titik Lokasi Pengukuran

Langkah ini dilakukan untuk menentukan lokasi-lokasi pengukuran kebisingan yang relevan terhadap objek yang akan dianalisis. Titik pengambilan data dapat dilihat pada **Gambar 6** dan **Tabel 3**.



Gambar 6. Titik Pengambilan Data

Tabel 3. Titik Pengukuran Tingkat Kebisingan

No.	Titik Pengukuran	Jarak	Lokasi Pengukuran
1.	0.0-0.9	70–80 m	Area Lingkungan 1
2.	1.0-1.2	45–50 m	<i>Reinjection Area</i>
3.	1.3-1.4	40–45 m	<i>WTP (Water Treatment Plant)</i>
4.	1.5	40-50 m	<i>Fire Fighting</i>
5.	1.6-1.7	40-50 m	<i>Water Pond Rumah Pompa</i>
6.	1.7-1.8	40-50 m	<i>Hidran</i> Gudang TPS LB3
7.	1.8-2.3	15-30 m	<i>Coling Tower Unit 1</i>
8.	2.4-2.8	15-20 m	<i>Coling Tower Unit 2</i>
9.	2.9-3.1	20-30 m	Lab. Kimia Dan Gudang Kimia
10.	3.2-3.4	20-25 m	<i>Inter Condensor</i>
11.	3.6-3.9	25-35 m	Bengkel
12.	4.0-4.2	25-35 m	Area parker
13.	4.2-4.3	0-5 m	<i>Compressor</i>
14.	4.4	10-15 m	<i>Main Oil Tank</i>
15.	4.5	10-15 m	<i>Heat Exchanger</i>
16.	4.7-4.9	25-30 m	<i>Gedung Return</i>
17.	5.0-5.2	45-50 m	Area Gedung Admin
18.	5.2	30-45 m	<i>Electrical Room</i>
19.	5.3	20–30 m	<i>Condenser</i>
20.	5.3-5.7	15-20 m	<i>Power House</i>
21.	5.7-5.9	20–25 m	Area Depan Gudang <i>Return</i>
22.	6.0-6.3	55–65 m	Lingkungan Gardu Induk
23.	6.3-6.6	60-65 m	<i>Trafo</i>
24.	6.7-6.9	60–70 m	<i>Dormitory</i>
25.	7.0-7.6	55-65 m	Area Gardu Induk
26.	7.7-7.9	60-70 m	<i>Dormitory</i>
27.	8.9-8.9	55-65 m	Lingkungan Gardu Induk
28.	9.0-0.9	75-80 m	Lingkungan 2

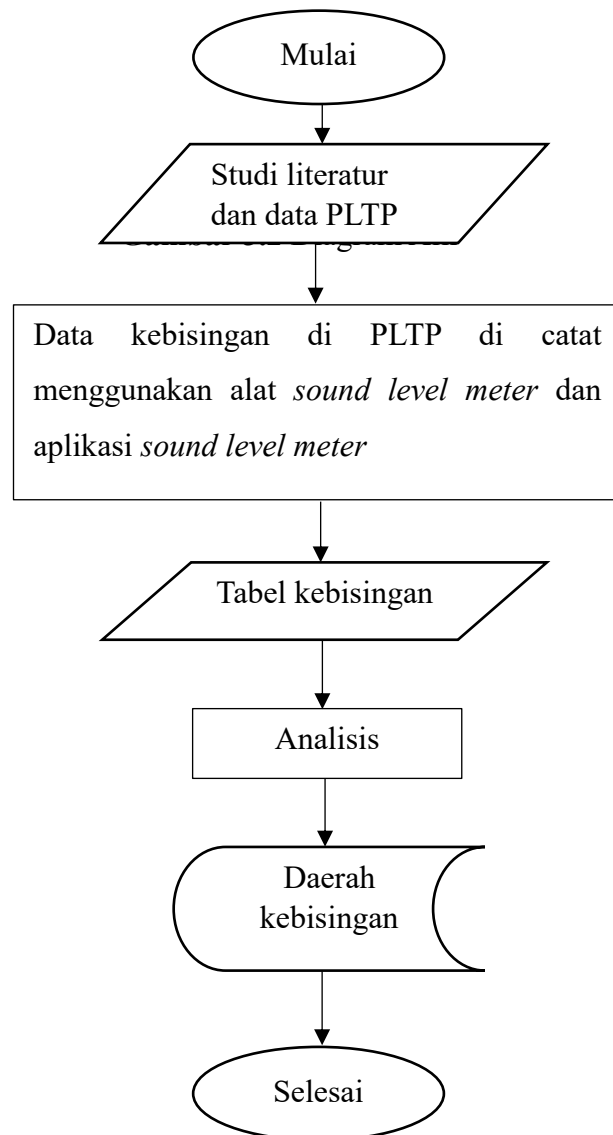
3.4.3 Pengambilan data

Cara pengukuran data hasil pengukuran kebisingan pada PLTP adalah sebagai berikut:

1. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat *Sound Level Meter* dengan satuan *decibel* (dB).
2. Dalam penelitian ini pengukuran tingkat kebisingan dilakukan di 100 titik dengan menggunakan alat *Sound Level Meter* (SLM) sebagai perangkat utama serta aplikasi *Sound Level Meter* berbasis telepon seluler sebagai alat bantu pembandingan.
3. Waktu pengukuran dilakukan pada oprasional jam kerja pukul 08.00 – 16.00 WIB selama 1 (satu) menit, dengan ketinggian pada saat pengukuran 1,2-1,5 m dari permukaan tanah di samakan dengan ketinggian telinga manusia.
4. Pengambilan data pengukuran kebisingan dilakukan dengan mengukur tingkat kebisingan pada lokasi yang telah ditetapkan. Proses pengukuran menggunakan metode titik sampling dan grid 100 titik lokasi pengukuran, di mana setiap titik pengukuran diberi jarak untuk menentukan sumber kebisingan dari titik pengukuran yang di tentukan. Titik-titik pengukuran harus sejajar satu sama lain, sehingga pola pengukuran membentuk persegi dengan titik-titik di sudutnya sebagai lokasi pengukuran.
5. Data intensitas kebisingan diambil dari titik-titik yang telah ditentukan di area PLTP dan digunakan sebagai input untuk membuat peta kontur menggunakan perangkat lunak *Golden Surfer V28*. Peta ini menampilkan distribusi kebisingan secara spasial dalam bentuk 2D dan 3D berdasarkan koordinat sumbu X (barat–timur), Y (selatan–utara), dan Z (tingkat intensitas kebisingan). Setiap sumbu merepresentasikan posisi grid antar titik pengukuran, dan hasil pemetaan ini mempermudah identifikasi area dengan kebisingan tinggi sehingga mendukung upaya pengendalian yang lebih efektif.

3.5 Diagram Alir

Diagram alir pada penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 7**.



Gambar 7. Diagram Alir Penelitian

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dari penelitian ini maka dapat di simpulkan.

1. Kebisingan yang terjadi pada pekerja dipengaruhi oleh jarak terhadap sumber suara. Area terbisingnya terdapat pada lokasi *compressor* sebesar 104,32 db (0–10 m), *main oil tank* 93,38 db (10–15 m), *power house* 93,31 db (15–20 m), *cooling tower unit 1* 93,13 db (15–30 m), *cooling tower unit 2* 93,00 db (15–20 m), *heat exchanger* 92,96 db (10–15 m), *inter condenser* 91,98 db (20–25 m), *condenser* 91,56 db (20–30 m), *chemistry laboratory* 91,12 db (20–30 m), *reinjection area* 90,17 db (45–50 m), *hydrant pump housing* 90,19 db (40–50 m), *LB3 TPS warehouse* 89,73 db (40–50 m), *WTP* 89,80 db (40–45 m), dan *fire-fighting* 89,60 db (40–50 m). Pekerja wajib menggunakan Alat Pelindung Diri (APD) seperti menggunakan *earplum*, karena kebisingan tinggi berpotensi menurunkan kinerja pekerja seperti gangguan ketulian, dan penurunan kuliatis pekerja.
2. Kontur divisualisasikan dalam bentuk dua dimensi (2D) dengan tampilan berwarna-warni yang merepresentasikan tingkat kebisingan di area kerja. Warna ungu hingga biru tua menggambarkan tingkat kebisingan rendah, yaitu berada pada kisaran 45–60 dB, warna hijau hingga kuning menunjukkan kebisingan sedang dalam rentang 65–85 dB, sedangkan warna oranye hingga merah tua merepresentasikan kebisingan tinggi dengan nilai di atas 90 dB hingga lebih dari 100 dB, di mana pusat warna merah menunjukkan titik intensitas tertinggi, yaitu mencapai lebih dari 105 dB. Pola sebaran kontur yang membentuk gradasi melingkar dari pusat merah menegaskan bahwa semakin dekat jarak terhadap sumber suara, maka intensitas kebisingan semakin tinggi. Visualisasi ini

berfungsi untuk mengidentifikasi zona rawan paparan kebisingan serta menjadi dasar dalam perencanaan upaya pengendalian risiko kebisingan di area kerja PLTP Ulubelu.

3. Pengukuran menggunakan *Sound Level Meter* menunjukkan hasil yang berbeda dengan pengukuran menggunakan aplikasi ponsel, dengan selisih sekitar 3–7 dB. Perbedaan ini disebabkan oleh keterbatasan kemampuan aplikasi *ponsel* yang hanya dapat mengukur hingga 96 dB. Sebagai contoh, pada area *compressor* tercatat tingkat kebisingan sebesar 104,60 dB menggunakan *Sound Level Meter*, sedangkan pada aplikasi *ponsel* hanya menunjukkan 97,10 dB.

5.2 Saran

Saran dari hasil pengukuran tingkat kebisingan yang dilakukan di PLTP Ulubelu sebagai berikut.

1. Pekerja yang bertugas di area dengan tingkat kebisingan tinggi wajib menggunakan alat pelindung pendengaran seperti *earplug* atau *earmuff* yang sesuai dengan standar K3 untuk mencegah gangguan pendengaran akibat paparan kebisingan melebihi NAB.
2. Perlu dilakukan pengendalian teknis seperti perawatan rutin mesin, pemasangan peredam suara, atau penambahan dinding insulasi di sekitar sumber kebisingan utama untuk menurunkan tingkat kebisingan di area kerja, terutama di sekitar kompresor dan *cooling tower*.
3. Monitoring kebisingan secara berkala dan pelatihan kepada pekerja harus terus dilakukan agar dapat mengidentifikasi perubahan kondisi lingkungan kerja, meningkatkan kesadaran risiko kebisingan, serta memastikan bahwa program pengendalian kebisingan berjalan efektif dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulrahim, M., Aziza, N., & Sholihah, Q. (2022). *Ergonomi Industri*. Malang. Universitas Brawijaya Press.
- Afrizal, R., Anggraini, F. J., & Yasdi, Y. (2023). Intensitas Bising dan Pemetaan Kebisingan dengan Surfer 13 di Lingkungan Kerja PT Hok Tong Jambi. *Jurnal Rekayasa Hijau*, 6(3), 197–207.
- Arsyad, M., Khaeruddin, & Yulianti. (2023). *Panduan Gelombang Bunyi dan Cahaya*. Bandung. Indonesia Emas Group.
- Chandra, B. (2007). *Pengantar Kesehatan Lingkungan*. Jakarta. Kedokteran EGC.
- Humaro, R., Karsono, B., Deni, D., Aiyub, H., & Saputra, E. (2023). Memahami Peta Topografi dan Kontur Bagi Pelajar Kota Lhokseumawe. *Jurnal Solusi Masyarakat Dikara*, 3(1), 22–27.
- Ilhamsyah, I., & Rahmayudha, S. (2017). Perancangan Model Dashboard untuk Monitoring Evaluasi Mahasiswa. *Jurnal Informatika: Jurnal Pengembangan IT*, 2(1), 13–17.
- Irzal, M. K. (2016). *Dasar-Dasar Kesehatan dan Keselamatan Kerja: Edisi 1*. Jakarta. Kencana.
- Istiqamah, D. A., Sasongko, N. A., & Boedoyo, M. S. (2023). Analisis dampak lingkungan dan life cycle cost pembangkit listrik tenaga panas bumi. *E-Jurnal Ekonomi Sumberdaya Dan Lingkungan*, 12(1), 39–48.
- Jamaludin, J., Suriyanto, S., Adiansyah, D., Sholachuddin A, M., & Sucahyo, I. (2014). Perancangan Dan Implementasi Sound Level Meter (Slm) Dalam Skala Laboratorium Sebagai Alat Ukur Intensitas Bunyi. *Jurnal Penelitian Fisika Dan Aplikasinya (JPFA)*, 4(1), 42.
- Junias, M. (2024). *Buku Ajar Kesehatan Lingkungan*. Palembang. Bening Media Publishing.
- Kementerian Ketenagakerjaan dan Transmigrasi Republik Indonesia. (2011). *Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor PER.13/MEN/X/2011 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Faktor Kimia di Tempat Kerja*. JDIH Kementerian Ketenagakerjaan. Diakses

dari https://jdih.kemnaker.go.id/asset/data_puu/PER_13_2011.

- Kiswanto, H. (2022). *Fisika Lingkungan: Memahami Alam Dengan Fisika*. Aceh. Syiah Kuala University Press.
- Lintang Edbert, I. A. ., & Rachmawati, S. (2024). Keterkaitan Intensitas Kebisingan Lingkungan Terhadap Tingkat Stres Pekerja (Studi Kasus di Industri Kimia Sukoharjo). *Jurnal Keselamatan Kesehatan Kerja Dan Lingkungan*, 5(1), 38–47.
- Maryani, I., Prasetyo, Z. K., & Wilujeng, I. (2021). *MODUL PERKULIAHAN IPA LANJUT (Fisika Dasar untuk PGSD)*. Yogyakarta. Kmedia.
- Meikaharto, R. B. R., Setyaningsih, E., & Candra, H. (2021). Alat Kalibrasi Sound Level Meter Berbasis Mikrokontroler. *Jetri : Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 18(2), 105–118.
- Menteri Kesehatan., 2016. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 70 Tahun 2016 tentang Standar dan Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Industri. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. <https://peraturan.bpk.go.id/Details/114490/permenkes-no-70-tahun-2016>.
- Mulyono, T., & Purnomo, A. (2022). Improving the Knowledge of Vocational School Students Through Training of Survey and Mapping Data Processing Results Using the Surfer Application 11. *JURNAL ABDITEK (Pengabdian Kepada Masyarakat Fakultas Teknik)*, 2(2), 1–10.
- Mundilarto, I. E. (2008). *Fisika 2 Smp Kelas Vii*. Indonesia. Yudhistira Ghalia Indonesia.
- Nuzul, S. N., & Mitrayana, M. (2017). Pengukuran Frekuensi Gender Barung Laras Slendro Menggunakan Perangkat Lunak SpectraPlus. *Jurnal Fisika Indonesia*, 20(1), 14.
- Prasetyo, A. D. (2022). *Lebih Dekat dengan Aeroakustik : Closer to Aeroacoustics*. bugocenter. Jepara. BUGO Center.
- Ramadoni, A., Jumingin, J., & Sihombing, S. C. (2021). Pemetaan Kebisingan Menggunakan Software Golden Surfer 11 di Kawasan Universitas PGRI Palembang. *Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 18(2), 146.
- Ramdhana Jufri, R. (2024). *Perspektif Ergonomika Dan Psikososial Di Lingkungan Kerja: (Iklim Kerja, Motivasi Kerja, Kepuasan Kerja, Dan K3)*. Nas Media Pustaka.
- Rianta Gusti Maesha ST., M. S. (2020). *Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP)*. Jakarta Pusat. PT Reasuransi Indonesia Utama (Persero). <https://indonesiare.co.id/id/article/pembangkit-listrik-tenaga-panas-bumi-pltp>

- Sari, M. F. F., Pauzi, G. A., & Warsito, W. (2016). Sound Topography Pola Kebisingan Suara di Kecamatan Tanjung Karang Pusat Kota Bandar Lampung. *Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika*, 4(2), 125–130.
- Saripudin A, K. Dede Rustiawan, & S. A. (2019). *Praktis Belajar Fisika*. Indonesia. PT Grafindo Media Pratama.
- Sasmita, A., Reza, M., & Rodesia Mustika Rozi. (2021). Pemetaan Dan Perhitungan Pemaparan Tingkat Kebisingan Pada Industri Pengolahan Kayu Di Kecamatan Siak, Provinsi Riau. *Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(2), 68–76.
- Sasono, E. J. (2007). Pengukuran Tingkat Kebisingan Pada Kapal Coaster. *Kapal*, 4(1), 30–34.
- Subarna, D. (2023). *Fisika Bangunan: Teori dan Komputasi*. Jawa Tengah. Wawasan Ilmu.
- Sugianta, K. A., Gunadi, I. G. A., & Indrawan, G. (2020). Analisis Pola Bunyi Sunari Berdasarkan Metode Fast Fourier Transform. *Jurnal Ilmu Komputer Indonesia (JIK)*, 5(2), 14–21.
- Sutanto, H. (2015). *Prinsip-Prinsip Akustik dalam Arsitektur*. Yogyakarta. PT Kanisius.
- Wibowo R, Samuel, U. B. (2014). Analisa Tingkat Kebisingan Kamar Mesin Pada Kapal Kmp. Muria. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 2(4), 102–111.
- Wijayanti, M. D. (2023). *Energi Panas Bumi*. Jakarta Timur. PT. Bumi Aksara.
- Yadi, N. (2006). *Si Teman : Fisika SMP VIII*. Indonesia. Grasindo Matrix Media Literata