

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Teori

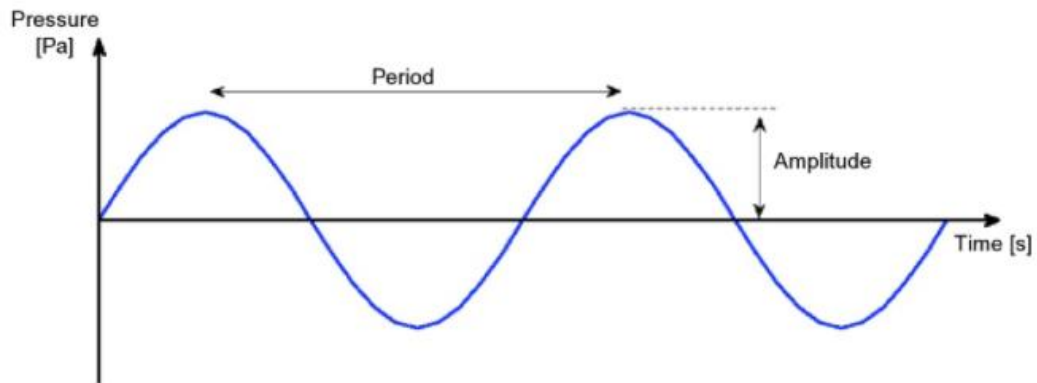
Sebagai landasan dalam melakukan pengerjaan Tugas Akhir, maka teori-teori yang digunakan adalah mengenai dasar kebisingan, parameter terkait, perbedaan rentang nilai tekanan suara yang diukur, dan kebisingan di lingkungan industri.

2.1.1 Dasar-Dasar tentang Kebisingan

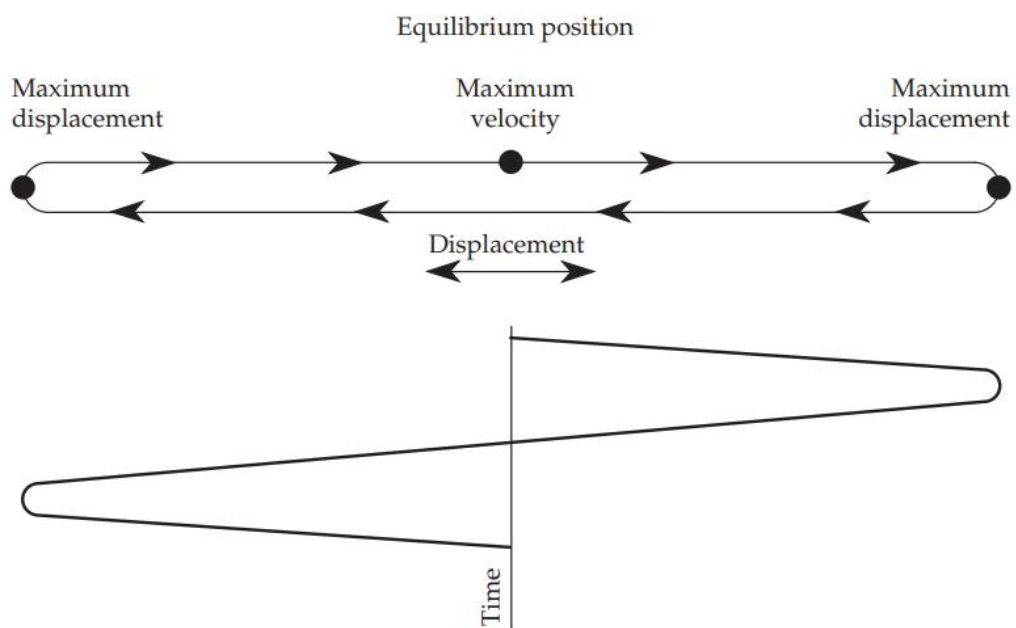
A. Definisi Suara

Suara didefinisikan sebagai gelombang yang ditransmisikan melalui media perambatan menjadi gelombang bunyi yang stimulasinya diterima oleh telinga dengan indra pendengaran (*auditory sensation*). Gelombang bunyi digolongkan sebagai gelombang longitudinal karena dalam perambatan bunyi melalui media seperti udara, partikel-partikel bergerak mengikuti arah keluarnya suara [5]. Partikel-partikel pada media perambatan mengalami perpindahan posisi hingga membentuk gerakan bergelombang yang dapat disebut sebagai getaran [12]. Bunyi yang merambat membentuk gelombang yang disebut sebagai gelombang sinus dimana sumbu vertikal mewakili fluktuasi yang diukur dalam satuan Pascal (Pa) dan sumbu horizontal mewakili waktu terjadinya gelombang seperti yang digambarkan pada Gambar 2.1 [13].

U N I V E R S I T A S
M U L T I M E D I A
N U S A N T A R A



Gambar 2.1 Bentuk Gelombang Bunyi, Gelombang Sinus [13]



Gambar 2.2 Pergerakan Partikel Suara dalam Bentuk Gelombang Longitudinal [5]

Frekuensi, amplitudo dan panjang gelombang adalah tiga karakteristik penting pada gelombang bunyi. Frekuensi (f) adalah jumlah osilasi atau gelombang yang terbentuk di setiap detik. Bunyi dengan frekuensi tinggi biasanya dengan nada yang tinggi. Amplitudo pada gelombang terukur dari nilai tekanan maksimum yang mengarah secara vertikal. Semakin besar amplitudo dari

gelombang bunyi, semakin besar nilai intensitasnya. Untuk menyelesaikan pembentukan satu gelombang (osilasi) diperlukan waktu yang disebut sebagai periode (T). Panjang gelombang (λ) adalah panjang dari satu gelombang terbentuk [13]. Frekuensi merupakan jumlah osilasi yang dibagi dengan waktu terjadinya osilasi, seperti pada persamaan (1) dan (2).

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

$$f = \frac{n}{t} \quad (2)$$

Persamaan 2.1 Perhitungan Frekuensi

Keterangan:

f = Frekuensi (Hz)

T = Periode (detik), untuk satu gelombang

n = Jumlah terjadinya osilasi

t = Waktu terjadinya osilasi (detik)

Getaran atau osilasi memungkinkan adanya transmisi dari partikel ke partikel lainnya. Ketika partikel berkumpul di suatu titik pada media perambatan, terjadi penghasilan tekanan yang fluktuasinya disebut sebagai tekanan suara (p), disertai kecepatan pergerakan partikel pada media perambatan yang didefinisikan dengan lambang (v). Lalu jumlah terjadinya fluktuasi partikel selama satu detik disebut sebagai frekuensi (f). Dan kecepatan pergerakan partikel selama satu detik disebut sebagai cepat rambat bunyi (c) [12]. Cepat rambat bunyi dipengaruhi oleh densitas atau kepadatan udara (ρ), suhu dan kepadatan udara, serta tekanan atmosfer. Cepat rambat bunyi di udara biasanya dalam rentang 330 sampai 345 m/s dan yang paling umum adalah 343 m/s (suhu udara 20°C, tekanan udara 1 atm) [13]. Frekuensi dan cepat rambat bunyi memengaruhi besar panjang dari gelombang bunyi, seperti yang didefinisikan pada persamaan nomor (3). Lalu seperti pada persamaan nomor (4) dan (5), cepat rambat bunyi dapat dihitung dari

panjang gelombang yang dikali frekuensi atau dibagi periode, sedangkan dari persamaan nomor (6), cepat rambat bunyi dapat dihitung menggunakan nilai densitas fluida (ρ) dan elastisitas volume (K).

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (3)$$

Persamaan 2.2 Perhitungan Panjang Gelombang Bunyi

$$c = \frac{\lambda}{T} \quad (4)$$

$$c = \lambda f \quad (5)$$

$$c = \sqrt{\frac{K}{\rho}} \quad (6)$$

Persamaan 2.3 Perhitungan Cepat Rambat Bunyi

Keterangan:

λ = Panjang gelombang (m)

f = Frekuensi (Hz)

c = Cepat rambat bunyi (m/s)

T = Periode (detik)

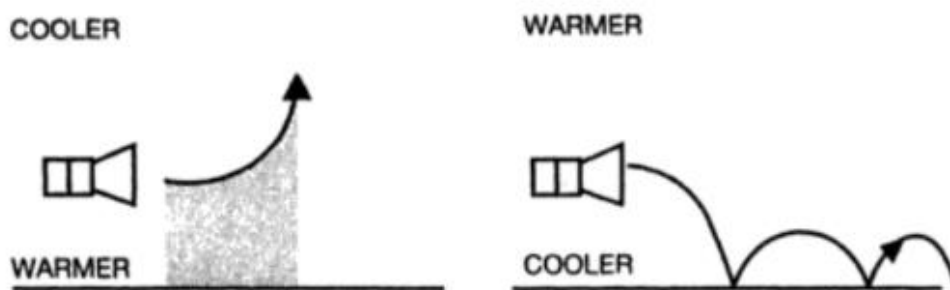
ρ = Densitas fluida (kg/m^3)

K = *Volume Elasticity* (kg/m.s^2)

Rentang energi bunyi lebih besar dari rentang frekuensi bunyi. Level suara yang tinggi memiliki daya dalam jumlah besar, dan bersifat fatal bagi pendengaran manusia. Ketika selesai mendengar suara yang keras, otot dalam telinga masih ada ketegangan, sehingga suara yang terdengar pada saat itu terdengar redam. Hal ini terjadi selama 30 hingga 40 milisekon sejak suara tersebut diterima [14].

Kebisingan suara yang keluar dari sumber apapun dapat diukur dalam tiga istilah. Tekanan suara (*sound pressure*) atau daya suara (*sound power*) untuk pengukuran kebisingan suara, dan intensitas suara (*sound intensity*) untuk pengukuran jumlah daya suara di suatu area [14].

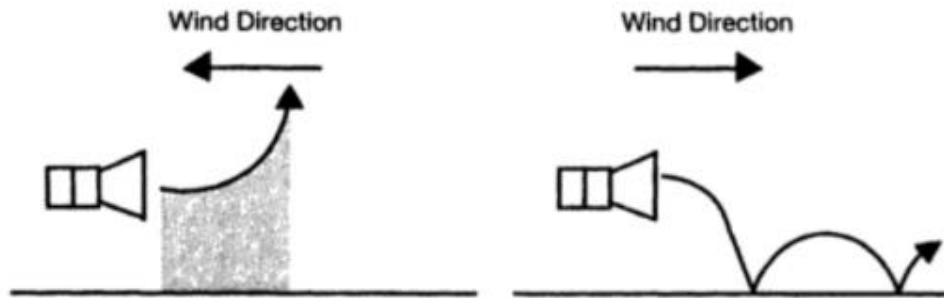
Di lingkungan luar, propagasi suara dapat berubah arah karena pengaruh atmosfer. Misalkan pada udara di permukaan yang lebih dingin, keluaran suara mengarah ke atas atmosfer, sehingga lebih sulit didengar oleh penerima. Sedangkan pada udara di permukaan yang lebih hangat, keluaran suara mengarah ke bawah dan dipantulkan oleh permukaan. Selain perbedaan suhu udara, arah angin juga memengaruhi arah propagasi suara. Jika arah angin berlawanan dengan arah keluarnya suara, maka arah propagasi cenderung ke atas atmosfer. Sedangkan jika arah angin setara dengan arah keluarnya suara, maka propagasi suara cenderung mengarah ke bawah dan dipantulkan oleh permukaan [15]. Perbedaan arah propagasi suara dapat dilihat pada Gambar 2.3 dan 2.4.



Gambar 2.3 Propagasi Suara menurut Suhu Udara

[15]

U N I V E R S I T A S
M U L T I M E D I A
N U S A N T A R A



Gambar 2.4 Propagasi Suara menurut Arah Angin

[15]

B. Definisi Kebisingan

Suara bising didefinisikan sebagai suara yang tidak diinginkan dan berasal dari aktivitas apapun yang dilakukan oleh penduduk dunia. Hal ini tentunya berpengaruh pada kesehatan dan kualitas hidup penduduk. Biasanya suara bising berdampak pada gangguan saat tidur di malam hari dan masalah pada sistem transportasi dalam tubuh manusia, khususnya jantung dan darah [13].

Tertulis dalam surat Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup tentang Baku Tingkat Kebisingan nomor KEP-48/MENLH/11/1996 tahun 1996, Pasal 1 Ayat 1, “Kebisingan adalah bunyi yang tidak diinginkan dari usaha atau kegiatan dalam tingkat dan waktu tertentu yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan” [7].

Begitu pula dengan ayat 3 yang bertuliskan “Baku tingkat kebisingan adalah batas maksimal tingkat kebisingan yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan dari usaha atau kegiatan sehingga tidak menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan” [7].

U N I V E R S I T A S
M U L T I M E D I A
N U S A N T A R A

Menurut Buchori (2007), jenis kebisingan dibagi menurut sifat dan spektrum frekuensi bunyi [16]. Jenis kebisingan terdiri dari:

- 1) Kebisingan kontinu dengan spektrum frekuensi luas
Berlangsung relatif tetap dalam kurang lebih 5 dB dalam periode 0,5 detik berturut-turut.
Contoh: kipas angin
- 2) Kebisingan kontinu dengan spektrum frekuensi sempit
Berlangsung relatif tetap hanya pada frekuensi 500, 1000 dan 4000 Hz.
Contoh: katup gas, gergaji
- 3) Kebisingan terputus (*Intermittent*)
Berlangsung secara tidak terus-menerus, dengan periode relatif tenang
Contoh: lalu lintas, kebisingan dari lapangan terbang seperti bandara.
- 4) Kebisingan impulsif
Memiliki perubahan tekanan suara yang melebihi 40 dB dalam waktu singkat dan biasanya bersifat mengejutkan pendengar.
Contoh: tembakan, ledakan petasan atau bom, Meriam
- 5) Kebisingan impulsif berulang
Sama seperti bising impulsif tetapi terjadi secara berulang-ulang.
Contoh: mesin tempa

Jenis bising juga dibagi berdasarkan aktivitas yang dilakukan manusia [16]. Terdiri dari:

- 1) Bising yang mengganggu (*Irritating noise*)
Intensitas bisingnya tidak terlalu keras
Contoh: mendengkur
- 2) Bising yang menutupi (*Masking noise*)
Bunyi yang menutupi pendengaran yang jelas, membahayakan kesehatan dan keselamatan kerja karena teriakan atau isyarat tanda bahaya tenggelam

3) Bising yang merusak (*Damaging/ injurious noise*)

Intensitas bising melewati nilai ambang batas (NAB), mampu merusak fungsi pendengaran

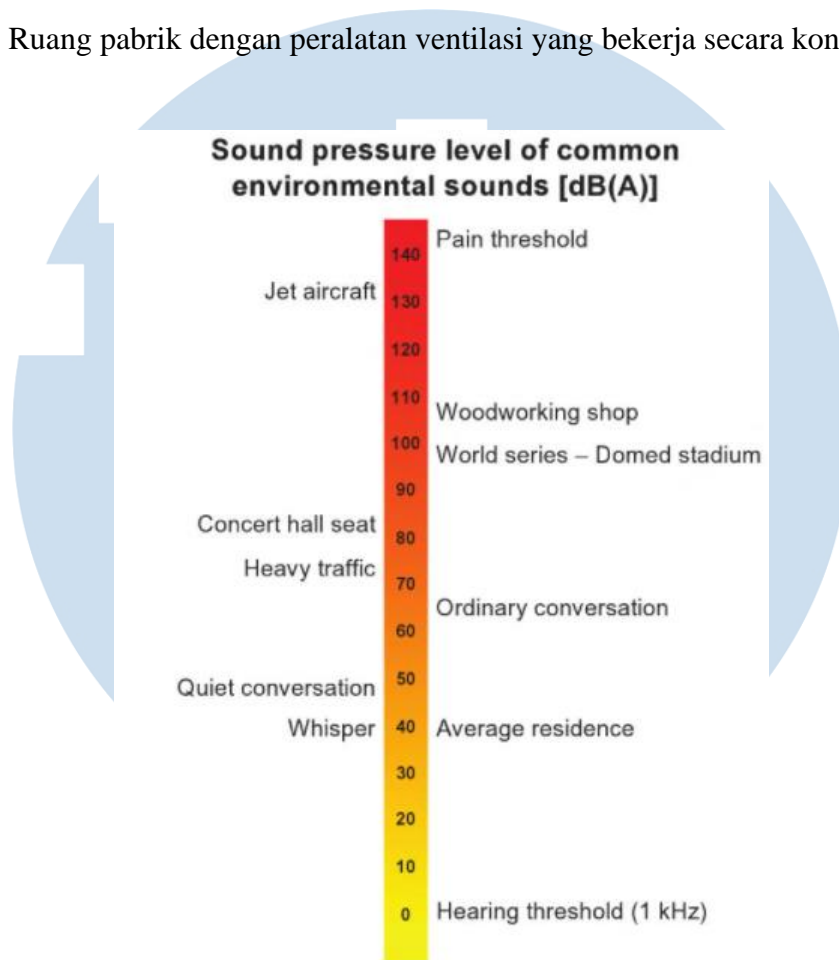
Menurut Mediastika (2005), terdapat faktor-faktor yang memengaruhi kebisingan [17]. Faktor-faktor tersebut dibagi dua yang terdiri dari:

- 1) Faktor akustikal
 - a) Tingkat kekerasan bunyi
 - b) Frekuensi bunyi
 - c) Durasi terjadinya bunyi
 - d) Fluktuasi kekerasan bunyi
 - e) Fluktuasi frekuensi bunyi
 - f) Waktu terjadinya bunyi
- 2) Faktor non-akustikal
 - a) Pengalaman terhadap kebisingan
 - b) Kegiatan yang dilakukan
 - c) Perkiraan terhadap kemungkinan terjadinya kebisingan
 - d) Manfaat objek yang menghasilkan kebisingan
 - e) Kepribadian
 - f) Lingkungan dan kondisinya

Menurut Rosmolen (2018), sumber-sumber kebisingan pada umumnya, termasuk di lingkungan kerja [18] adalah:

- a) Musik yang dimainkan dalam volume suara yang keras
- b) Penggunaan alat-alat berat untuk konstruksi
- c) Transportasi
- d) Penggunaan alat-alat listrik seperti gergaji atau *cutter*
- e) Mesin-mesin produksi
- f) Peralatan pneumatik seperti bor, atau pistol rivet
- g) Motor dan generator listrik

- h) Proses fabrikasi bahan
- i) Ruang pabrik dengan peralatan ventilasi yang bekerja secara kontinu



Gambar 2.5 Tingkatan Intensitas Bising yang Disertai Contoh Sumber Suara [13]

Dilihat dari Gambar 2.4, yang merupakan perbedaan tingkatan intensitas bising (dalam satuan dBA, ada penyesuaian frekuensi suara dengan pendengaran manusia) berdasarkan suara-suara dari berbagai sumber, ada rekomendasi rentang nilai intensitas bising menurut kondisi yang dihadapi setiap penduduk di dunia. Rentang 35-40 dBA baik untuk suasana tidur atau suasana tenang. Sedangkan untuk suasana sibuk di suatu tempat atau dalam kerumunan, rekomendasi nilai intensitas bising berada di rentang 60-75 dBA. Batas nilai intensitas bising dari suara yang diterima (*pain threshold*) yaitu 140 dBA [13].

Umumnya, manusia mampu mendengar suara dalam rentang frekuensi 20-20.000 Hz. Akan tetapi, manusia hanya peka dalam mendengar suara apapun dalam rentang frekuensi 500-400 Hz [15].

Kehilangan fungsi pendengaran akibat terlalu sering terpapar bising menjadi hal penting untuk diperhatikan [18]. Tanda awal kehilangan fungsi pendengaran dapat berupa:

- a) Ada dering atau dengung di dalam telinga
- b) Tidak bisa mendengar suara pelan dan dalam nada tinggi
- c) Suara pembicaraan dan suara lain teredam
- d) Sulit memahami percakapan, baik berjarak maupun saat ada keramaian
- e) Mendengarkan musik atau menonton televisi atau video dengan volume suara yang lebih tinggi dari orang lain
- f) Sulit menengar suara telepon atau bel
- g) Sulit mengetahui letak sumber suara bising
- h) Merasa lelah atau stres karena harus berkonsentrasi saat mendengar
- i) Menjawab pertanyaan yang tidak sesuai dalam percakapan
- j) Membaca bibir atau mengamati wajah saat bercakap
- k) Merasa terganggu terhadap orang lain karena tidak mengerti mereka
- l) Merasa gugup saat berusaha mendengarkan dan memahami pembicaraan dari orang lain.

C. Nilai Ambang Batas

Untuk menciptakan lingkungan yang aman dari kebisingan, dibuat peraturan atau standar mengenai baku tingkat kebisingan, baik yang berlaku secara nasional seperti SNI, Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup atau Peraturan Menteri Kesehatan, maupun yang berlaku secara internasional seperti ISO, OSHA, atau WHO. Penjelasan baku tingkat kebisingan menurut standar atau peraturan yang diikuti dalam pengerjaan Tugas Akhir ini dapat dilihat pada bagian 2.3.

2.1.2 Parameter Bunyi dan Suara

Pada dasarnya, Level suara terdiri dari daya suara (W) yang berupa kekuatan di posisi sumber, Intensitas suara (I) dan tekanan suara (P) yang berupa kekuatan di posisi penerima berdasarkan jarak antara sumber dan penerima, dimensi ruang, dan absorpsi suara oleh permukaan ruangan [19].

A. Daya Suara

Satu desibel dari level tekanan suara terdiri dari perbandingan antar daya yang dilogartimkan dengan daya referensi sebesar 10^{-12} W menjadi sebuah parameter yang disebut sebagai level daya suara yang diberi simbol L_w atau PWL [15], seperti yang didefinisikan dalam persamaan nomor (7) dan (8).

$$L_w = 10 \times \log \left(\frac{W}{W_{ref}} \right) \quad (7)$$

$$L_w = 10 \log \left[\frac{W}{10^{-12} \text{ Watt}} \right] \quad (8)$$

Persamaan 2.4 Perhitungan Level Daya Suara

Keterangan:

L_w atau PWL = Level daya suara (dB)

W = Daya suara (W)

W_{ref} = Daya suara referensi. biasanya dalam 10^{-12} W

B. Intensitas Suara

Level intensitas suara dikalkulasikan dengan cara yang hampir sama dengan daya suara, namun menggunakan nilai intensitas dan nilai referensi sebesar 10^{-12} W/m², seperti yang tertera pada persamaan nomor (9), (10), disertai persamaan nomor (11) dan (12) tentang intensitas. Intensitas suara dihitung dari daya suara yang dibagi dengan luas persebaran energi suara dalam satuan Watt/m² [19]

$$L_I = 10 \times \log \left(\frac{I}{I_{ref}} \right) \quad (9)$$

$$L_I = 10 \log \left[\frac{I}{10^{-12} \text{ Watt/m}^2} \right] \quad (10)$$

$$I = \frac{W}{4\pi r^2} \quad (11)$$

$$I = \frac{W}{S} \quad (12)$$

Persamaan 2.5 Perhitungan Level Intensitas Suara

Keterangan:

L_I atau IL = Level intensitas suara (dB)

I = Intensitas suara (W/m^2)

I_{ref} = Intensitas suara referensi. biasanya dalam 10^{-12} W

W = Daya suara (W)

r = Jarak antara sumber dan penerima suara (m)

S = Luas permukaan bidang imajiner (m^2)

C. Tekanan Suara

Level tekanan suara yang diberi simbol L_p atau SPL melibatkan tekanan dalam satuan N/m^2 dan tekanan referensi sebesar $2 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2$ atau $20 \mu\text{Pa}$ [19]. Dihitung dengan logaritma dari perbandingan antara kedua nilai tekanan untuk mengetahui seberapa keras suara itu keluar dari setiap sumber ke arah penerima [5]. seperti yang tertera pada persamaan nomor (13), (14) dan (15).

$$L_p = 20 \log \left[\frac{P}{2 \cdot 10^{-5} \text{ Newton/m}^2} \right] \quad (13)$$

$$L_p = 10 \log_{10} \frac{p^2}{p_{ref}^2} \quad (14)$$

$$L_p = 20 \log_{10} \frac{p}{20 \mu\text{Pa}} \quad (15)$$

Persamaan 2.6 Perhitungan Level Tekanan Suara

Keterangan:

L_P atau SPL = Level tekanan suara (dB)

P = Tekanan suara (Pa)

P_{ref} = Tekanan suara referensi, biasanya dalam 20 μ Pa

Selain dihitung dari tekanan suara, level tekanan suara juga dapat dihitung dari perbedaan dua jarak antara sumber dan penerima. Semakin jauh jarak antara penerima dan sumber bunyi, maka semakin kecil level tekanan suara dari bunyi yang diterima [5].

$$L_2 = L_1 - 20 \log \frac{r_1}{r_2} \quad (16)$$

Persamaan 2.7 Perhitungan Level Tekanan Suara menurut Perbedaan Jarak

Keterangan:

L_1 = Level tekanan suara pada jarak r_1 (dB)

L_2 = Level tekanan suara pada jarak r_2 (dB)

r_1 = Jarak antara sumber dan penerima (m)

r_2 = Jarak antara sumber dan penerima (m)

D. Pengaruh Kepadatan Udara

Intensitas suara dan tekanan suara juga memiliki hubungan pada kondisi berada di bidang bola, disertai adanya pengaruh dari kepadatan udara. Demikian pula dengan hubungan antara daya suara dan tekanan suara [6]. Pengaruh kepadatan udara dan hubungan intensitas suara dan tekanan suara dapat dilihat pada persamaan nomor (17) dan (18). Sementara pengaruh kepadatan udara dan hubungan antara daya suara dan tekanan suara dapat dilihat pada persamaan nomor (19) dan (20).

$$I = \frac{p^2}{\rho V} \quad (17)$$

$$P = \sqrt{I\rho V} \quad (18)$$

Persamaan 2.8 Hubungan Antara Intensitas Suara dan Tekanan Suara, dengan Pengaruh Kepadatan Udara

$$W = \frac{p^2 S}{\rho V} \quad (19)$$

$$P = \sqrt{\frac{W\rho V}{S}} \quad (20)$$

Persamaan 2.9 Hubungan Antara Daya Suara dan Tekanan Suara, dengan Pengaruh Kepadatan Udara

Keterangan:

I = Intensitas suara (W/m^2)

P = Tekanan suara (Pa)

W = Daya suara (Watt)

S = Luas permukaan bidang imajiner (m^2)

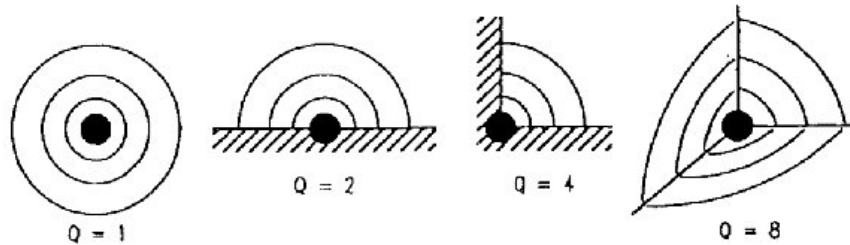
v = kecepatan suara di udara, 340 m/s

ρ = kepadatan atau intensitas udara, $1,2 \text{ kg/m}^3$

E. Koefisien Arah menurut Posisi Sumber

Dari ketiga parameter dasar pada level suara, ada dua diantaranya yang memiliki keterkaitan satu sama lain, yaitu level daya suara (L_w) dan level tekanan suara (L_p). Luas permukaan yang digunakan untuk menghitung kedua parameter tersebut biasanya berbentuk bola (*omnidirectional*), namun tergantung posisi sumber suara seperti di suatu permukaan (persimpangan 1 sumbu) atau sudut ruang (persimpangan antara 2 atau 3 sumbu), faktor arah atau disebut sebagai *Directional Factor* (Q) berbeda koefisiennya. Gambar 2.5 menggambarkan

perbedaan koefisien arah berdasarkan posisi sumber suara yang diletakkan pada permukaan dengan persimpangan sumbu yang berbeda.



Gambar 2.6 Perbedaan Koefisien Arah Berdasarkan Posisi Sumber Suara [20]

F. Kalkulasi Level Daya Suara dan Level Tekanan Suara

Nilai level tekanan suara (L_p) dapat dikalkulasikan dengan cara menggunakan selisih antara nilai level daya suara (L_w) dan logaritma dari luas permukaan. Dilihat dari persamaan nomor (21) dan (22).

$$L_p = L_w - 10 \log \frac{Q}{4\pi r^2} \quad (21)$$

$$L_p = L_w - 10 \log \frac{Q}{S} \quad (22)$$

Persamaan 2.10 Perhitungan Level Tekanan Suara (L_p) menggunakan Level Daya Suara (L_w)

[21]

Demikian pula dengan sebaliknya, ketika nilai level tekanan suara (L_p) digunakan untuk mengkalkulasikan nilai level daya suara (L_w), seperti yang didefinisikan pada persamaan nomor (23) dan (24).

$$L_w = L_p + 10 \log \frac{Q}{4\pi r^2} \quad (23)$$

$$L_W = L_P + 10 \log \frac{Q}{S} \quad (24)$$

Persamaan 2.11 Perhitungan Level Daya Suara (L_W) menggunakan Level Tekanan Suara (L_P) [21]

Keterangan:

- L_P = Level tekanan suara (dB)
- L_W = Level daya suara (dB)
- r = Jarak antara sumber dan penerima suara (m)
- Q = *Directional Factor*
- S = Luas permukaan bidang imajiner (m^2)

Standar internasional ISO 3747 dan ISO 9614-2 adalah kedua standar yang mendukung proses kalkulasi level daya suara (L_W) dan level tekanan suara (L_P). Standar ISO 3747 mengatur tentang kalkulasi level daya suara dengan cara membandingkan level tekanan suara yang diukur dari sumber dengan level tekanan suara yang diketahui dalam referensi. Standar ini dibuat untuk pengukuran terhadap sumber bunyi [22], [23].

Sedangkan standar ISO 9614-2 mengatur tentang penggunaan nilai intensitas suara untuk mengkalkulasikan nilai daya suara. Dengan standar ini, level daya suara dikalkulasikan dengan perolehan nilai intensitas suara yang melebihi kawasan yang melingkupi sumber bunyi. nilai level tekanan suara menyesuaikan dengan luas daerah ukur [22], [24], seperti yang didefinisikan pada persamaan nomor (25).

U N I V E R S I T A S
M U L T I M E D I A
N U S A N T A R A

$$[L_p] = 10 \log_{10} \left(\left(\frac{1}{S} \right) \sum_{i=1}^N S_i 10^{0,1L_{pi}} \right) \quad (25)$$

Persamaan 2.12 Rata-Rata Level Tekanan Suara menurut ISO 9614-2
[22], [24]

Keterangan:

- [L_p] = Rata-rata level tekanan suara menurut luas daerah ukur (dB)
 S = Total luas daerah ukur (m²)
 S_i = Luas kawasan pengukuran dari segmen i (m²)
 N = Jumlah segmen
 i = Angka urut segmen
 L_{pi} = Rata-rata nilai tekanan suara dari setiap segmen (dB)

Level daya suara menurut ISO 9614-2 dikalkulasikan menggunakan nilai-nilai intensitas suara dari semua segmen pengukuran, seperti yang didefinisikan pada persamaan nomor (26).

$$L_w = 10 \log_{10} \left| \sum_{i=1}^N \frac{P_i}{P_o} \right| \quad (26)$$

Persamaan 2.13 Level Daya Suara menurut ISO 9614-2
[22], [24]

Keterangan:

- P_i = Daya suara parsial dari segmen i
 P_o = Daya suara referensi, biasanya 10⁻¹²
 N = Jumlah segmen
 I = Angka urut segmen

G. Rata-rata Level Tekanan Suara Harian

Menurut standar internasional, ISO 1996-1:2016, terdapat satu parameter yang berperan penting dalam akustik lingkungan, yaitu rata-rata nilai tekanan suara harian yang bersimbol L_{den} . Parameter ini dikalkulasikan berdasarkan rata-rata dari nilai tekanan suara yang terukur selama 24 jam, sepanjang siang, sore dan malam [25], seperti yang tertera pada persamaan nomor (27).

$$L_{den} = 10 \log \left[\frac{1}{24 h} \left(t_{day} \cdot 10^{0,1L_{day,12}} + t_{evening} \cdot 10^{0,1(L_{evening,4}+5dB)} + t_{night} \cdot 10^{0,1(L_{night,8}+5dB)} \right) \right] \quad (27)$$

Persamaan 2.14 Rata-Rata Nilai Tekanan Suara Harian

[25]

Keterangan:

t_{day} = Waktu di siang hari (jam)

$t_{evening}$ = Waktu di sore hari (jam)

t_{night} = Waktu di malam hari (jam)

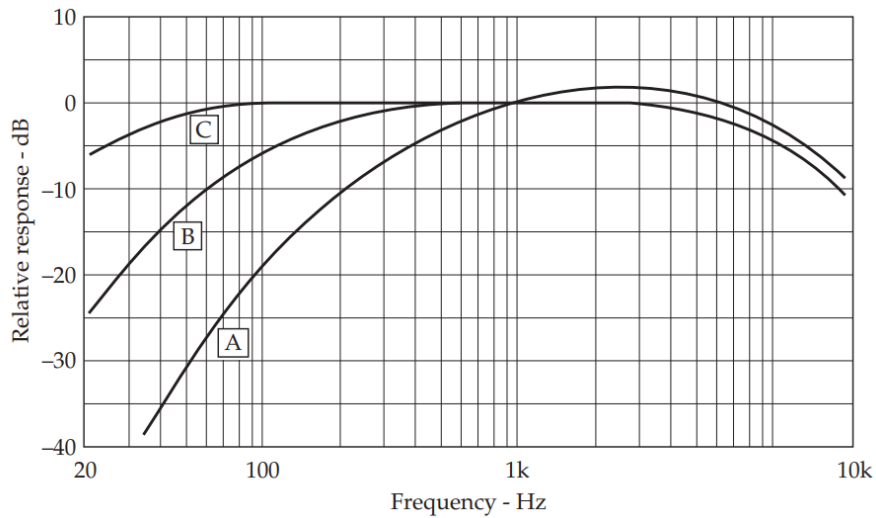
$L_{day,12}$ = Level suara yang terjadi di siang hari selama 12 jam (dB)

$L_{evening,4}$ = Level suara yang terjadi di sore hari selama 4 jam (dB)

$L_{night,8}$ = Level suara yang terjadi di malam hari selama 8 jam (dB)

2.1.3 Perbedaan Level Pembebanan pada Intensitas Bising

Secara umum, terdapat tiga level pembebanan dalam mengukur level tekanan suara. Dimulai dari level pembebanan A untuk nilai tekanan suara 25-55 dB dengan satuan dBA, lalu ada level pembebanan B untuk nilai tekanan suara sebesar 55-85 dB dengan satuan dBB, dan level pembebanan C untuk nilai tekanan suara sebesar 85-105 dB dengan satuan dBC [5]. Level pembebanan intensitas bising yang digunakan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini adalah level pembebanan A dan C. Level pembebanan A paling banyak digunakan dalam pengukuran, sedangkan level pembebanan C biasanya untuk keluaran bunyi dengan level suara yang tinggi dan mencapai puncaknya (*peak*) [26].



Gambar 2.7 Kurva Perbandingan Antar Level Pembebanan
[5]

2.1.4 Bising Lingkungan dari Industri

Menurut rekomendasi oleh *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA), keluaran suara dari industri tidak melebihi 85 dB selama sekitar 8 jam. Para pekerja perlu memberlakukan konservasi untuk menghindari terjadinya penurunan fungsi pendengaran yang merupakan gangguan yang paling relevan akibat menerima suara bising dalam jumlah berlebihan, dan meningkatkan kesadaran akan bahaya dari penerimaan suara bising bagi kesehatan lingkungan kerja. Kondisi telinga yang fungsi pendengarannya sudah menurun tidak dapat kembali ke kondisi semula, entah melalui operasi atau pengobatan, kecuali pemasangan alat bantu dengar meski hasilnya tidak setara dengan kondisi semula [27].

Pemaparan suara bising biasanya terjadi pada kawasan urban seperti perkotaan. Hal ini berdampak buruk bagi para penduduknya, khususnya bagi kesehatan. Berdasarkan estimasi oleh *European Environment Agency*, penyakit yang diderita penduduk akibat sering terpapar suara bising dapat berupa jantung koroner, penyakit kronis kelainan kognitif pada anak-anak dan gangguan tinggi pada saat tidur malam. Bukan hanya bagi penduduk, keluaran suara bising berlebihan juga berdampak bagi binatang-binatang yang berada. Misalnya

kesulitan berkomunikasi bagi burung-burung akibat suara bising dari jalanan, atau penurunan fungsi pendengaran bagi paus di bawah laut akibat suara bising dari kapal-kapal [28].

Regulasi dan mitigasi untuk mengatasi polusi suara dapat diberlakukan secara lokal, regional, atau nasional. Dengan regulasi seperti *Occupational Safety and Health Act of 1970 and the Noise Control Act of 1972* yang diberlakukan di Amerika Serikat, pihak OSHA Menyusun kriteria yang berupa batasan nilai intensitas bising dan durasi dari suara yang keluar [29].

Namun sayangnya, masih belum banyak penduduk yang sadar akan bahaya polusi bising dari lingkungan kerja industri bagi kesehatan. Bahkan dalam kenyataan di dunia, sumber suara bising itu ada dimana-mana, dan tidak ada satupun yang percaya bahwa sumber-sumber yang ada menjadi penyebab polusi suara. Biasanya suara bising di lingkungan kerja industri berasal dari mesin pembangkit dan mesin produksi yang ada di pabrik. Tergantung frekuensi dan amplitudo dari suara bising yang keluar. Sumber suara industri yang paling berbahaya berasal dari konstruksi, kendaraan berat dan mesin-mesin produksi. Dampak buruk bagi kesehatan akibat terpapar bising dari industri adalah kecemasan, tekanan darah meningkat, kesulitan berkomunikasi, gangguan pada kepala, berkurangnya produktivitas, dan gangguan saat tidur malam [30].

Untuk menciptakan lingkungan kerja industri yang lebih aman dan lebih sehat, ada beberapa hal yang perlu dilakukan. Pertama, mengganti mesin-mesin produksi yang sudah tua dengan yang baru yang memiliki emisi suara yang rendah dan lebih efisien. Lalu mesin-mesin yang dioperasikan dalam lingkungan kerja juga perlu dirawat untuk menghindari kerusakan yang mengakibatkan suara bising [30].

U N I V E R S I T A S
M U L T I M E D I A
N U S A N T A R A

2.2 Rangkuman Penelitian Terkait

Sebagai rujukan dalam pengerjaan Tugas Akhir, terdapat sejumlah penelitian terkait dan mutakhir dalam 5 tahun terakhir. Baik dari segi metode penelitian maupun teori yang berhubungan. Tabel 2.1 merupakan rangkuman penelitiannya.



Tabel 2.1 Rangkuman Penelitian Terkait

Judul (Tahun)	Peneliti	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian	Kesimpulan
Identifikasi Tingkat Kebisingan Serta Upaya Pengendalian di Unit <i>Power Plant</i> Kenali Asam PT. Pertamina EP <i>Asset 1 Jambi Field</i> (2019) [31]	Deyorizky Setyo Nugroho, Budi Aribowo	Mengetahui kebisingan yang terjadi pada <i>power plant</i> yang ada di PT. <i>Pertamina Asset 1 Jambi Field</i> , disertai upaya pengendalian untuk mengeliminasi bising yang berlebihan.	Berdasarkan keluaran bising dari power plant yang ada dalam perusahaan, sebagian besar posisi menerima bising yang nilai intensitas kebisingannya melebihi nilai ambang batas menurut Permenaker nomor Per.13Men/X/2011, yaitu 85 dB untuk pemaparan selama 8 jam.	Kebisingan yang berasal dari PT. <i>Pertamina Asset 1 Jambi Field</i> yang nilai intensitasnya melebihi ambang batas perlu dikendalikan seperti yang dijadikan rekomendasi penerapan oleh pihak <i>Engineering Control</i> . Penelitian persebaran bising dengan cara simulasi dapat dijadikan peringatan bagi perusahaan untuk mengantisipasi dampak

				kebisingan dengan menyiapkan APD untuk perlindungan diri.
2-D Noise Maps for Tier-2 City Urban Indian Roads (2019) [32]	Dipeshkumar R. Sonaviya, Bhaven N. Tandel	Studi persebaran bising dari suara-suara kendaraan yang ada di jalan melalui <i>noise mapping</i> , dengan cara pengukuran di tempat dan simulasi.	Hasil pengukuran di tempat dan simulasi menggunakan <i>SoundPLAN Essential 4.0</i> dibandingkan dengan rekomendasi oleh <i>Central Pollution Control Board (CPCB)</i> .	Bising berlebihan oleh kendaraan yang terjadi di jalanan dipengaruhi oleh jumlah kendaraan, kecepatan saat melaju dan jenis kendaraan yang melewati. Nilai intensitas bising meningkat pada saat terjadinya kemacetan dimana banyak suara klakson yang dihasilkan dari kendaraan.
MIMII Dataset: Sound Dataset for Malfunctioning	Harsh Purohit, Ryo Tanabe, Kenji Ichige, Takashi Endo,	Menginvestigasi keluaran suara dari kesalahan pada	<i>Sound segment</i> yang terkumpul sebanyak 26.092 buah dalam	Keluaran suara dari luar lingkungan kerja menjadi permasalahan

Industrial Machine Investigation and Inspection (2019) [33]	Yuki Nikaido, Kaori Suefusa, and Yohei Kawaguchi	mesin-mesin industri dengan memperoleh <i>Sound Dataset</i> .	kondisi normal, dan 6.065 selama kondisi anomali dengan suara-suara dari sumber lain.	pada pengembangan deteksi anomali dari mesin-mesin yang ada di tempat industri.
Strategic Noise Mapping Prediction for a Rubber Manufacturing Factory in Malaysia (2018) [34]	Ming Han Lim, Yee Ling Lee, Foo Wei Lee, Gan Chin Heng	Mengevaluasi paparan bising yang berasal dari mesin-mesin yang ada di sebuah pabrik karet.	Evaluasi paparan bising dilakukan dengan cara pengukuran di tempat dan simulasi. Sebagian daerah dalam pabrik adalah daerah yang memiliki resiko tinggi karena keluaran suara yang tinggi intensitas kebisingannya.	Lebih dari 45 persen daerah pada pabrik merupakan daerah beresiko tinggi karena keluaran bising yang berlebihan, sehingga hal ini harus dijadikan peringatan bagi para pekerja untuk segera bertindak untuk mengendalikan bising.
Variability and Determinants of Occupational Noise Exposure Among	Israel P. Nyarubeli, Alexander M. Tungu, Magne Bråtveit, Erlend Sunde, Akwilina	Menjelaskan mengenai hubungan antara lingkungan kerja dan persebaran bising mesin	Rata-rata dari persebaran bising dari keempat pabrik memiliki intensitas	Para pekerja dari keempat pabrik terpapar oleh bising berlebihan dari mesin-mesin yang

<p>Iron and Steel Factory Workers in Tanzania (2018) [35]</p>	<p>V. Kayumba, Bente E. Moen</p>	<p>dari empat pabrik logam.</p>	<p>bising senilai 92 dBA, dan beresiko tinggi. Secara signifikan, suara dengan nilai intensitas tinggi terjadi pada area <i>rolling mill</i>.</p>	<p>ada selama bekerja. bahkan tanpa menggunakan APD yang berupa penutup telinga, pekerja akan mengalami berkurangnya fungsi pendengaran.</p>
<p>Preparation of Industrial Noise Mapping and Improvement of Environmental Quality (2021) [36]</p>	<p>Tarik Serhat Bozkurt</p>	<p>Meneliti kebisingan dari tempat industri sebagai persiapan pengembangan kualitas lingkungan.</p>	<p>Perolehan data dilakukan melalui <i>noise mapping</i>. Hasil yang didefinisikan dapat dijadikan bahan rencana pengembangan kualitas kenyamanan lingkungan kerja.</p>	<p>Polusi suara, termasuk dari industri harus dikendalikan untuk memperoleh kenyamanan tempat tinggal yang berada di sekitar tempat industri. Evaluasi bising menjadi bagian dari perkembangan dari kualitas lingkungan</p>

				lapangan pekerjaan dan sekitarnya.
Edukasi Tentang Gangguan Pendengaran Akibat Bising Kepada Warga Genteng Kulon Banyuwangi Jawa Timur (2021) [37]	Puguh Setyo Nugroho, Nyilo Purnami, Rosa Falerina, Rizka Fathoni Perdana, Yoga Rahmadiyanto, Chriscelia Valery So	Memberikan edukasi kepada masyarakat terkait bahaya bising bagi lingkungan melalui pengabdian masyarakat.	Sehubungan dengan pandemi Covid-19, kegiatan pengabdian masyarakat diikuti oleh 77 orang, baik secara daring maupun langsung di tempat. Hasil survei menunjukkan bahwa 20% responden mengalami gangguan pendengaran akibat terpapar bising selama pandemi.	Pengabdian masyarakat tentang bahaya kebisingan dari lingkungan luar ruangan memberikan manfaat berupa penambahan wawasan dan peningkatan kesadaran akan penanganan gangguan pendengaran akibat terkena paparan bising.
Hubungan Bising Dengan Kelelahan Kerja pada Pekerja Pabrik	Maria Gesly Saragih	Mengetahui dampak buruk kesehatan bagi para pekerja yang berupa kelelahan	Sebanyak 13 dari 21 pekerja yang merupakan responden mengalami kelelahan kerja kategori	Sebanyak 7 dari 100 titik ukur merupakan daerah dengan nilai intensitas kebisingan

<p>Pengolahan Kelapa Sawit di PT. Perkebunan Nusantara II Kebun Sawit Seberang Kabupaten Langkat Sumatera Utara Tahun 2017 (2018) [10]</p>		<p>sebagai akibat terkena paparan bising dari pabrik pengolahan kelapa sawit.</p>	<p>sedang, sedangkan 6 orang mengalami kelelahan kerja kategori rendah dan 2 lainnya mengalami kelelahan kerja kategori tinggi. Tingkat kelelahan yang dialami pekerja tergantung keberadaan di lingkungan kerja. Jenis kelelahan yang dialami pekerja akibat terpapar bising berbeda-beda. Kebanyakan pekerja mengalami gangguan pada kepala, Lelah di seluruh badan, mudah mengantuk, dan kehausan.</p>	<p>yang melebihi ambang batas, yaitu 85 dBA. Bila dikatkan dengan hasil survei, maka ada hubungan antara paparan bising dari mesin yang ada di pabrik dan gangguan kesehatan yang dialami para pekerja.</p>
--	--	---	---	---

Laporan Hasil Pengujian Faktor Kimia, Fisika, Biologi, Ergonomi dan Psikologi PT. Karya Mega Sarana (2021) [9]	Laboratorium Pusat Higiene Perusahaan, Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Dinas Tenaga Kerja, Transmigrasi dan Energi Provinsi DKI Jakarta	Meneliti lingkungan kerja dalam bidang hygiene perusahaan, kesehatan dan keselamatan kerja	Dilakukan pengujian faktor fisika, kimia, biologi, ergonomi dan psikologi pada PT. Karya Mega Sarana (Kamesa Putra Pratama)	
--	--	--	---	--

UMMN

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

Dari beberapa penelitian terkait yang dilampirkan sebagai referensi pengerjaan Tugas Akhir, seperti tertera pada Tabel 2.1, terdapat satu laporan dari penelitian yang dilakukan di lokasi yang sama dengan lokasi dimana pelaksanaan pengerjaan Tugas Akhir dilakukan. Penelitian tersebut dilakukan oleh pihak Laboratorium Pusat Higiene Perusahaan, Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Dinas Tenaga Kerja, Transmigrasi dan Energi, Provinsi DKI Jakarta pada bulan April 2021 berdasarkan faktor kimia, fisika, biologi, ergonomi, serta psikologi [9].

Untuk faktor fisika, dilakukan penelitian yang berhubungan dengan kebisingan, pencahayaan, iklim kerja, dan radiasi medan magnetik. Penelitian intensitas bising mengikuti standar nasional SNI 7321-2009 dan merujuk Peraturan Menteri Ketenagakerjaan (Permenaker) Nomor 5 Tahun 2018 sebagai rekomendasi batas intensitas bising. Terdiri dari 5 posisi pengukuran, dan intensitas bising diukur dengan level pembebanan A dan satuan dBA. Hasil pengukuran dan tersebut dilihat pada Tabel 2.2. Sedangkan batas intensitas bising menurut Permenaker Nomor 5 Tahun 2018 dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.2 Intensitas Bising dari Penelitian Sebelumnya

[9]

Lokasi Pengukuran	Intensitas Kebisingan (dBA)
Area <i>Stranding</i> KS-2	70,9
Area <i>Drawing</i> KD-3	66,5
Area <i>Drawing</i> KD-1	71,9
Area <i>Stranding</i> KS-1	71,3
Area <i>Drawing</i> KD-2	67,2

U N I V E R S I T A S
M U L T I M E D I A
N U S A N T A R A

2.3 Standar dan Peraturan yang Diikuti

Pengerjaan Tugas Akhir ini menggunakan dua pedoman, yaitu Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup KEP-48/MENLH/11/1996 Tentang Baku Tingkat Kebisingan, dan Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2018 tentang Standar dan Persyaratan Kesehatan lingkungan Kerja Industri.

2.3.1. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup

KEP-48/MENLH/11/1996 tentang Baku Tingkat Kebisingan

Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup nomor KEP-48/MENLH/11/1996 tahun 1996, intensitas bising maksimum untuk lingkungan tempat-tempat industri, umumnya sebesar 70 dBA (level pembebanan A) [7].

UMMN

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

Tabel 2.3 Baku tingkat kebisingan menurut Keputusan Menteri Negara
Lingkungan Hidup KEP-48/MENLH/11/1996

[7]

Peruntukan Kawasan / Lingkungan Kegiatan	Batas Tingkat Kebisingan (dBA)
a. Peruntukan kawasan	
1. Perumahan dan pemukiman	55
2. Perdagangan dan jasa	70
3. Perkantoran dan perdagangan	65
4. Ruang terbuka hijau	50
5. Industri	70
6. Pemerintah dan fasilitas umum	60
7. Rekreasi	70
8. Khusus	
- Bandar udara	*
- Stasiun kereta api	*
- Pelabuhan laut	70
- Cagar budaya	60
b. Lingkungan kegiatan	
1. Rumah sakit atau sejenisnya	55
2. Sekolah atau sejenisnya	55
3. Tempat ibadah atau sejenisnya	55

Keterangan:

*Ada penyesuaian dengan ketentuan dari Menteri Perhubungan

2.3.2. Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2018 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja

Rekomendasi yang diterapkan dalam Permenaker Nomor 5 tahun 2018 berupa Nilai ambang batas (NAB) harian berdasarkan perbedaan nilai intensitas

bising dari suara yang terjadi. Untuk pemaparan selama 8 jam, nilai ambang batas harian sebesar 85 dBA, dan paparan suara tidak boleh lebih dari 140 dBC meski hanya sesaat [38]. Nilai ambang batas intensitas suara dan batas waktu tertera pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Batas Intensitas Bising Menurut Permenaker Nomor 5 Tahun 2018

[9], [38]

Waktu Pemaparan Per Hari	Intensitas Kebisingan (dBA)
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