

SKRIPSI

**ANALISIS TINGKAT KEBISINGAN DAN PERSEPSI
MASYARAKAT PADA KAWASAN PERMUKIMAN SEKITAR
BANDARA INTERNASIONAL SULTAN HASANUDDIN**

Disusun dan diajukan oleh:

**FITRI WULANDARI
D131 19 1072**



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

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

ANALISIS TINGKAT KEBISINGAN DAN PERSEPSI MASYARAKAT PADA PERMUKIMAN SEKITAR BANDARA INTERNASIONAL SULTAN HASANUDDIN

Disusun dan diajukan oleh

Fitri Wulandari
D131191072

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 7 Maret 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



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

Pembimbing Pendamping,



Nurul Masyiah Rani Harusi, S.T., M.Eng.
NIP 199501152021074001

Ketua Departemen Teknik Lingkungan,



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

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Fitri Wulandari
NIM : D131191072
Program Studi : Teknik Lingkungan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

{Analisis Tingkat Kebisingan dan Persepsi Masyarakat Pada Kawasan
Permukiman Sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin}

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 4 Januari 2024

Menyatakan



Fitri Wulandari

ABSTRAK

FITRI WULANDARI. *Analisis Tingkat Kebisingan dan Persepsi Masyarakat Pada Kawasan Permukiman Sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin* (dibimbing oleh Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T dan Nurul Masyiah Rani Harusi, S.T., M.Eng)

Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin merupakan bandara terbesar di Sulawesi Selatan yang sedang dalam tahap pengembangan I dan diperkirakan pengembangan bandara ini akan berlangsung hingga tahap IV yang akan dimulai pada 2044 dengan target kapasitas *ultimate* terminal mencapai 40 juta penumpang per tahun. Berdasarkan penelitian sebelumnya, dengan kondisi lalu lintas pesawat saat ini, kawasan permukiman yang berjarak ± 700 m dari Bandara telah terpapar kebisingan yang melebihi tingkat baku mutu yang ditetapkan Kementerian Lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur dan memvisualisasikan tingkat kebisingan serta menganalisis persepsi masyarakat di kawasan permukiman sekitar bandara. Pada penelitian ini diambil 5 titik yang merupakan permukiman terdekat dari bandara serta titik *flyover* dan *approach reference* yang ditetapkan oleh International Civil Aviation Organization (ICAO). Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan Decibel X Pro selama 15 jam pada pukul 07.00-22.00 WITA setiap pesawat melintas di bandara. Persepsi masyarakat permukiman sekitar bandara dilakukan dengan penyebaran kuesioner dan diolah secara statistik menggunakan *software* SPSS. Hasil analisis tingkat kebisingan pada kawasan permukiman sekitar bandara berkisar antara 61,5-68,9 dB atau dalam indeks kebisingan pesawat setara dengan 48,97-59,55 WECPNL. Hal ini dipengaruhi oleh kinerja mesin dengan daya maksimum untuk mencapai ketinggian tertentu saat lepas landas (*take off*) dan untuk memberikan daya dorong maksimum untuk mengerem ketika mengurangi kecepatan pesawat saat mendarat (*landing*). Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No, 48 Tahun 1996 Tentang Baku Tingkat Kebisingan, semua titik pengamatan melewati ambang baku mutu untuk kawasan permukiman yaitu sebesar 55 dB. Sedangkan, berdasarkan Peraturan Pemerintah (PP) No. 40 Tahun 2012 Tentang Pembangunan dan Pelestarian Lingkungan Hidup Bandar Udara, kawasan dengan kebisingan terendah termasuk dalam kawasan I dengan tingkat kebisingan sebesar $70 \leq \text{WECPNL} \leq 75$ sehingga semua titik pengamatan tidak termasuk kawasan kebisingan bandar udara. Selama tiga hari, mayoritas daerah dipengaruhi oleh tingkat kebisingan dengan visualisasi warna kuning berkisar 64,47-65,94 dB seluas 7218,74 Ha pada hari Sabtu, seluas 4194,10 Ha di hari Minggu, dan 4490,86 Ha pada hari Senin. Hasil analisis persepsi masyarakat menunjukkan terdapat hubungan yang cukup erat antara pengaruh tingkat kebisingan dengan gangguan komunikasi.

Kata Kunci: Kebisingan Pesawat, Kontur Kebisingan, Gangguan Kebisingan

ABSTRACT

FITRI WULANDARI. *Analysis of Noise Levels and Community Perception in Residential Areas Around Sultan Hasanuddin International Airport* (supervised by Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T and Nurul Masyiah Rani Harusi, S.T., M.Eng)

Sultan Hasanuddin International Airport is the largest airport in South Sulawesi, currently undergoing Phase I of development, and the expansion is expected to continue until Phase IV, scheduled to commence in 2044, with an ultimate terminal capacity target of 40 million passengers per year. Previous research indicates that, given the current air traffic conditions, residential areas located within a distance of ± 700 meters from the airport have been exposed to noise levels exceeding the quality standards set by the Ministry of Environment. This study aims to measure and visualize the noise levels and analyze the community's perception in the residential areas surrounding the airport. Five points, representing the closest residential areas to the airport, as well as flyover and approach reference points defined by the International Civil Aviation Organization (ICAO), were selected for this study. Data collection involved using Decibel X Pro for 15 hours from 07:00 to 22:00 WITA as each aircraft passed the airport. The community's perception in the residential areas around the airport was assessed through the distribution of questionnaires and statistically processed using SPSS software. The analysis results indicate noise levels in the residential areas around the airport ranging from 61.5 to 68.9 dB or, in the equivalent aircraft noise index, 48.97 to 59.55 WECPNL. This is influenced by engine performance with maximum power to achieve a specific altitude during takeoff and to provide maximum thrust when decelerating the aircraft during landing. According to the Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No, 48 Tahun 1996 regarding Noise Level Standards, all observation points exceeded the quality threshold for residential areas, set at 55 dB. However, based on Peraturan Pemerintah (PP) No. 40 Tahun 2012 concerning Airport Environmental Development and Preservation, areas with the lowest noise fall within Zone I with a noise level of $70 \leq \text{WECPNL} \leq 75$, thereby excluding all observation points from the airport noise zone. For three days, the majority of areas were affected by noise levels with a yellow color visualization ranging from 64.47 to 65.94 dB covering an area of 7218.74 Ha on Saturday, 4194.10 Ha on Sunday, and 4490.86 Ha on Monday. The analysis of community perceptions indicates a significant correlation between the impact of noise levels and communication disturbances.

Keywords: Aircraft Noise, Noise Contour, Noise Disturbance

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
KATA PENGANTAR	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian/Perancangan	3
1.5 Ruang Lingkup	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Definisi Bandar Udara	5
2.2 Fungsi dan Jenis Bandar Udara	6
2.3 Fasilitas Bandar Udara.....	7
2.4 Jenis Pesawat Komersial di Indonesia.....	10
2.5 Definisi Kebisingan	11
2.6 Sumber Kebisingan pada Pesawat Terbang.....	11
2.7 Tingkat Kebisingan di Indonesia.....	13
2.8 Tingkat Kebisingan Bandara di Indonesia.....	14
2.9 Peruntukan Kawasan Kebisingan Bandara di Indonesia	14
2.10 Titik Pengukuran Kebisingan akibat Aktivitas Penerbangan Pesawat	15
2.11 Dampak Kebisingan Pesawat	16
2.12 Perhitungan Tingkat Kebisingan Pesawat	18
2.13 Definisi Pemetaan dan Kontur.....	23
2.14 Visualisasi Kebisingan sebagai Kontur pada ArcMap 10.8	24
2.15 Populasi dan Sampel.....	24
2.16 Skala Pengukuran	25
2.17 Uji Normalitas Data.....	26
2.18 Uji Validitas.....	26
2.19 Uji Reliabilitas	27
2.20 Uji Normalitas	27
2.21 Uji Korelasi.....	28
BAB III METODE PENELITIAN.....	30
3.1 Rancangan Penelitian	30
3.2 Persiapan Penelitian.....	31
3.3 Lokasi Penelitian	31
3.4 Waktu Penelitian.....	34

3.5	Alat dan Bahan	34
3.6	Tahapan Pengumpulan Data.....	35
3.6.1	Data Sekunder.....	35
3.6.2	Data Primer	36
3.7	Metode Pengolahan Data.....	37
3.7.1	Analisis Tingkat Kebisingan.....	37
3.7.2	Visualisasi Penyebaran Kebisingan.....	38
3.7.3	Analisis Persepsi Masyarakat Tentang Pengaruh Tingkat Kebisingan terhadap Gangguan Kebisingan.....	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		44
4.1	Gambaran Umum	44
4.2	Rekapitulasi Jumlah Pesawat yang Melintas di Bandara Internasional Sultan Hasanuddin	45
4.3	Hasil Analisis Tingkat Kebisingan Akibat Pergerakan Pesawat di Kawasan Permukiman Sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin	50
4.3.1	Tingkat Kebisingan Akibat Aktivitas Pesawat di Kawasan Permukiman Sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin Menggunakan Arah 03 ke 21.....	50
4.3.2	Tingkat Kebisingan Akibat Aktivitas Pesawat di Kawasan Permukiman Sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin Menggunakan Arah 21 ke 03.....	56
4.3.3	Rekapitulasi Tingkat Kebisingan Akibat Aktivitas Pesawat di Kawasan Permukiman Sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin	61
4.4	Hasil Visualisasi Tingkat Kebisingan Akibat Pergerakan Pesawat di Kawasan Permukiman Sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin	67
4.4.1	Visualisasi Tingkat Kebisingan Akibat Aktivitas Pesawat di Kawasan Permukiman Sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin Menggunakan Arah 03 ke 21.....	68
4.4.2	Visualisasi Tingkat Kebisingan Akibat Aktivitas Pesawat di Kawasan Permukiman Sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin Menggunakan Arah 21 ke 03.....	75
4.4.3	Visualisasi Rekapitulasi Tingkat Kebisingan Akibat Aktivitas Pesawat di Kawasan Permukiman Sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin	80
4.5	Hasil Analisis Persepsi Masyarakat di Permukiman Sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin.....	83
4.5.1	Hasil Identifikasi Kuesioner	84
4.5.2	Hasil Pengujian Instrumen.....	93
4.5.3	Hasil Uji Normalitas	94
4.5.4	Hasil Analisis Hubungan Tingkat Kebisingan dengan Gangguan Kebisingan	95
4.5.5	Hasil Analisis Hubungan Karakteristik Responden dengan Tingkat Kebisingan dan Gangguan Kebisingan	97
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		99
5.1	Kesimpulan.....	99

5.2 Saran	99
DAFTAR PUSTAKA	100

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Fasilitas Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin	7
Gambar 2 Ilustrasi Titik Pengukuran Kebisingan <i>Flyover Reference</i>	15
Gambar 3 Ilustrasi Titik Pengukuran Kebisingan <i>Approach Reference</i>	16
Gambar 4 Rancangan Penelitian	30
Gambar 5 Lokasi Penelitian	32
Gambar 6 Ilustrasi Skenario Penerbangan menggunakan Arah 03 ke 21	33
Gambar 7 Ilustrasi Skenario Penerbangan menggunakan Arah 21 ke 03	34
Gambar 8 Alat Uji	35
Gambar 9 Diagram Alir Analisis Tingkat Kebisingan	38
Gambar 10 Diagram Alir Visualisasi Penyebaran Kebisingan	39
Gambar 11 Diagram Alir Analisis Persepsi Masyarakat Tentang Pengaruh Tingkat Kebisingan Terhadap Gangguan Kebisingan	40
Gambar 12 Diagram Alir Uji Instrumen	41
Gambar 13 Diagram Alir Uji Normalitas	42
Gambar 14 Diagram Alir Uji Korelasi	43
Gambar 15 Diagram Batang Jumlah Pesawat	45
Gambar 16 Jumlah Pesawat Berdasarkan Aktivitas di Masing-Masing Landasan Pacu Per Hari	46
Gambar 17 Persentase Jenis Pesawat yang Melintas di Bandara Internasional Sultan Hasanuddin	47
Gambar 18 Histogram Jumlah Jenis Pesawat yang Melintas di Bandara Internasional Sultan Hasanuddin Per Hari	49
Gambar 19 Diagram Batang Tingkat Kebisingan (dB) Akibat Aktivitas Pesawat Menggunakan Arah 03 ke 21 Pada Hari Sabtu	51
Gambar 20 Diagram Batang Tingkat Kebisingan (WECPNL) Akibat Aktivitas Pesawat Menggunakan Arah 03 ke 21 Pada Hari Sabtu	52
Gambar 21 Diagram Batang Tingkat Kebisingan (dB) Akibat Aktivitas Pesawat Menggunakan Arah 03 ke 21 Pada Hari Minggu	53
Gambar 22 Diagram Batang Tingkat Kebisingan (WECPNL) Akibat Aktivitas Pesawat Menggunakan Arah 03 ke 21 Pada Hari Minggu	54
Gambar 23 Diagram Batang Tingkat Kebisingan (dB) Akibat Aktivitas Pesawat Menggunakan Arah 03 ke 21 Pada Hari Senin	55
Gambar 24 Diagram Batang Tingkat Kebisingan (WECPNL) Akibat Aktivitas Pesawat Menggunakan Arah 03 ke 21 Pada Hari Sabtu	56
Gambar 25 Diagram Batang Tingkat Kebisingan (dB) Akibat Aktivitas Pesawat Menggunakan Arah 21 ke 03 Pada Hari Sabtu	57
Gambar 26 Diagram Batang Tingkat Kebisingan (WECPNL) Akibat Aktivitas Pesawat Menggunakan Arah 21 ke 03 Pada Hari Sabtu	58
Gambar 27 Diagram Batang Tingkat Kebisingan (dB) Akibat Aktivitas Pesawat Menggunakan Arah 21 ke 03 Pada Hari Minggu	59
Gambar 28 Diagram Batang Tingkat Kebisingan (WECPNL) Akibat Aktivitas Pesawat Menggunakan Arah 21 ke 03 Pada Hari Minggu	60
Gambar 29 Rekapitulasi Tingkat Kebisingan (dB) Akibat Aktivitas Pesawat di Kawasan Permukiman Sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin Menggunakan Arah 03 ke 21	61

Gambar 30 Rekapitulasi Tingkat Kebisingan (WECPNL) Akibat Aktivitas Pesawat di Kawasan Permukiman Sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin Menggunakan Arah 03 ke 21	62
Gambar 31 Rekapitulasi Tingkat Kebisingan (dB) Akibat Aktivitas Pesawat di Kawasan Permukiman Sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin Menggunakan Arah 21 ke 03	63
Gambar 32 Rekapitulasi Tingkat Kebisingan (WECPNL) Akibat Aktivitas Pesawat di Kawasan Permukiman Sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin Menggunakan Arah 21 ke 03	64
Gambar 33 Rekapitulasi Tingkat Kebisingan (dB) Akibat Aktivitas Pesawat di Kawasan Permukiman Sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin.....	65
Gambar 34 Rekapitulasi Tingkat Kebisingan (WECPNL) Akibat Aktivitas Pesawat di Kawasan Permukiman Sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin.....	66
Gambar 35 Peta Kontur Tingkat Kebisingan di Kawasan Permukiman Sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin Akibat Aktivitas Pendaratan menggunakan Arah 03 ke 21 pada Hari Sabtu	69
Gambar 36 Peta Kontur Tingkat Kebisingan di Kawasan Permukiman Sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin Akibat Aktivitas Lepas Landas menggunakan Arah 03 ke 21 pada Hari Sabtu	70
Gambar 37 Peta Kontur Tingkat Kebisingan di Kawasan Permukiman Sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin Akibat Aktivitas Pendaratan menggunakan Arah 03 ke 21 pada Hari Minggu.....	71
Gambar 38 Peta Kontur Tingkat Kebisingan di Kawasan Permukiman Sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin Akibat Aktivitas Lepas Landas menggunakan Arah 03 ke 21 pada Hari Minggu.....	72
Gambar 39 Peta Kontur Tingkat Kebisingan di Kawasan Permukiman Sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin Akibat Aktivitas Pendaratan menggunakan Arah 03 ke 21 pada Hari Senin	73
Gambar 40 Peta Kontur Tingkat Kebisingan di Kawasan Permukiman Sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin Akibat Aktivitas Lepas Landas menggunakan Arah 03 ke 21 pada Hari Minggu.....	74
Gambar 41 Peta Kontur Tingkat Kebisingan di Kawasan Permukiman Sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin Akibat Aktivitas Pendaratan menggunakan Arah 21 ke 03 pada Hari Sabtu	76
Gambar 42 Peta Kontur Tingkat Kebisingan di Kawasan Permukiman Sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin Akibat Aktivitas Lepas Landas menggunakan Arah 21 ke 03 pada Hari Sabtu	77
Gambar 43 Peta Kontur Tingkat Kebisingan di Kawasan Permukiman Sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin Akibat Aktivitas Pendaratan menggunakan Arah 21 ke 03 pada Hari Minggu.....	78
Gambar 44 Peta Kontur Tingkat Kebisingan di Kawasan Permukiman Sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin Akibat Aktivitas Lepas Landas menggunakan Arah 21 ke 03 pada Hari Minggu.....	79
Gambar 45 Peta Kontur Tingkat Kebisingan di Kawasan Permukiman Sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin pada Hari Sabtu.....	80

Gambar 46 Peta Kontur Tingkat Kebisingan di Kawasan Permukiman Sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin pada Hari Minggu	81
Gambar 47 Peta Kontur Tingkat Kebisingan di Kawasan Permukiman Sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin pada Hari Senin.....	83
Gambar 48 Persentase Durasi Responden Beraktivitas di Dalam Rumah.....	85
Gambar 49 Persentase Durasi Responden Berdomisili di Sekitar Bandara.....	85
Gambar 50 Persentase Persepsi Responden tentang Merasakan Kebisingan Tinggi dari Pesawat.....	86
Gambar 51 Persentase Persepsi Responden tentang Terganggu dengan Suara Bising dari Pesawat	87
Gambar 52 Persentase Persepsi Responden tentang Sulit Tidur karena Bising dari Pesawat.....	87
Gambar 53 Persentase Persepsi Responden tentang Mudah Kelelahan akibat Mendengar Suara Kebisingan dari Pesawat	88
Gambar 54 Persentase Persepsi Responden tentang Tidak Dapat Berkonsentrasi dengan Baik karena Suara Bising dari Pesawat	89
Gambar 55 Persentase Persepsi Responden tentang Mudah Mengalami Tekanan Darah Tinggi karena Kebisingan dari Pesawat	89
Gambar 56 Persentase Persepsi Responden tentang Mudah Merasakan Sakit Kepala/Pusing karena Kebisingan dari Pesawat	90
Gambar 57 Persentase Persepsi Responden tentang Merasakan Gangguan Pendengaran akibat Kebisingan dari Pesawat.....	91
Gambar 58 Persentase Persepsi Responden tentang Merasa Terganggu Saat Berkomunikasi/berbicara dengan Rekan Ketika Ada Suara Pesawat	91
Gambar 59 Persentase Persepsi Responden tentang Harus Bersuara Tinggi/Berteriak Saat Berbicara Dengan Rekan Ketika Ada Suara Pesawat.....	92
Gambar 60 Persentase Persepsi Responden tentang Harus Melihat Mulut/Bibir Rekan saat Berbicara Ketika Ada Suara Pesawat	93

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Baku Mutu Tingkat Kebisingan.....	13
Tabel 2. Skenario Penerbangan	32
Tabel 3. Hasil Uji Validitas.....	94
Tabel 4. Hasil Uji Realibilitas.....	94
Tabel 5. Hasil Uji Normalitas	95
Tabel 6. Hasil Analisis Hubungan Tingkat Kebisingan dengan Gangguan Kebisingan	96
Tabel 7. Hasil Analisis Hubungan Karakteristik Responden dengan Tingkat Kebisingan dan Gangguan Kebisingan.....	97

DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
ICAO	International Civil Aviation Organization
DPOAE	Distorsi Produk OAE
WECPNL	<i>Weighted Equivalent Continuous Perceived Noise Level</i>
N	Jumlah data keseluruhan
I	Interval data
X	Jumlah data yang tidak diketahui
B ₀	Jumlah % sebelum 99
B ₁	% setelah 99
I ₀	Interval akhir sebelum 99%
Leq ₅₀	Angka penunjuk kebisingan 50%
Leq ₁	Angka penunjuk kebisingan 1%
L ₁	tingkat tekanan bunyi pada periode t ₁
L _n	tingkat tekanan bunyi pada periode t _n
T	total waktu pengukuran (t ₁ + t ₂ + ... + t _n)
$\overline{dB(A)}$	Nilai decibel rata-rata dari setiap puncak kesibukan pesawat udara dalam 1 (satu) hari.
n	Jumlah kedatangan dan keberangkatan pesawat udara selama periode 24 jam (dua puluh empat) jam.
e	Tingkat kesalahan dalam pengambilan sampel

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Rekapitulasi Jumlah Pesawat yang Melintas di Bandara Internasional Sultan Hasanuddin.....	104
Lampiran 2 Distribusi Data Tingkat Kebisingan pada Kawasan Permukiman Sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin	104
Lampiran 3 Kuesioner.....	154
Lampiran 4 Rekapitulasi Hasil Kuesioner	157
Lampiran 5 Nilai Koefisien Korelasi r Untuk Taraf Signifikan Tertentu	163
Lampiran 6 Hasil Uji Instrumen	164
Lampiran 7 Hasil Pengujian menggunakan <i>Software</i> SPSS	166
Lampiran 8 Dokumentasi.....	180

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadirat Allah SWT karena atas berkat dan karunia-Nya yang tak pernah habis hingga peneliti dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Analisis Tingkat Kebisingan dan Persepsi Masyarakat Pada Kawasan Permukiman Sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin”.

Penulisan tugas akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Dalam menyelesaikan tugas akhir yang penulis susun dengan maksimal, penulis banyak mendapatkan bimbingan, arahan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T., IPM., AER. selaku Ketua Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin sekaligus Dosen Pembimbing Utama tugas akhir yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran selama proses bimbingan;
2. Nurul Masyiah Rani Harusi, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing Pendamping tugas akhir yang telah membimbing dan banyak membagikan ilmu dalam membantu pemahaman penulis pada pengerjaan tugas akhir ini;
3. Dosen penguji Prof. Dr. Ir. Hj. Sumarni Hamid Aly, M.T. dan Zarah Arwieny Hanami, S.T., M.T. yang memberikan saran-saran sehingga penyusunan tugas akhir ini menjadi lebih baik;
4. Orang tua dan kakak yang tak pernah berhenti memberikan doa dan dukungan sehingga penulis diberikan kesehatan dan keselamatan hingga saat ini;
5. Sahabat saya Andini, Uti, Syirah, Firman, Rifqi, dan Buya yang kebersamaan huru-hara perkuliahan ini dengan penuh semangat;
6. Teman-teman 2019, 2020, dan 2021 (Andini, Firman, Rifqi, Winner, Febi, Dhea, Alop, Rina, Rifqah, Arfi, Jes, Rahma, Rani, Riyaz, Arkel, Rio, Collang, Atira) yang bersedia mensukseskan tugas akhir ini pada proses pengambilan data di lapangan;
7. Masyarakat Kec. Biringkanaya dan Kec. Mandai sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin yang memberikan izin penelitian dan bersedia membagikan pengalaman mereka selama berdomisili di sekitar bandara;
8. Teman-teman seperjuangan PORTLAND19 yang kebersamaan kehidupan perkuliahan ini;
9. Teman-teman SRE Unhas dan Grup 1 BLP YLI National Program yang memberikan dukungan dan semangat kepada penulis;
10. Beserta semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu, baik yang telah mendukung dan membantu serta menyemangati dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Dalam menyelesaikan tugas akhir, penulis menyadari akan terbatasnya pengetahuan dan pengalaman penulis sebagai mahasiswa yang masih dalam taraf belajar sehingga jika terdapat kekurangan dalam tugas akhir ini maka bijak bagi

kita meluruskannya dengan memberikan saran yang membangun demi kebaikan. Besar harapan penulis kepada pembaca agar tugas akhir ini dapat bermanfaat untuk pengembangan ilmu dalam bidang teknik lingkungan khususnya pada lingkup penelitian kebisingan transportasi udara.

Makassar, 4 Januari 2024

Penulis

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Transportasi memegang peran penting dalam kehidupan masyarakat modern untuk menunjang pembangunan, ekonomi, logistik, bahkan pariwisata. Perpindahan objek baik manusia maupun barang dari satu tempat ke tempat lainnya dapat menjadi lebih cepat melalui banyak jalur, salah satunya adalah udara dengan menggunakan pesawat terbang. Dengan keunggulannya yang dapat menghemat waktu dan meningkatkan mobilitas, pesawat terbang tidak hanya menjadi transportasi terefisien tetapi juga menjadi pilihan transportasi paling aman (Azanella & Galih, 2019). Namun, dibalik keunggulannya sebagai transportasi terefisien, kebisingan pesawat terbang secara signifikan berdampak negatif khususnya bagi penduduk yang tinggal dan beraktivitas di sekitar Bandar Udara (Bandara).

Kebisingan adalah bunyi yang tidak diinginkan dari usaha atau kegiatan dalam tingkat dan waktu tertentu yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan (Menteri Negara Lingkungan Hidup, 1996). Berdasarkan penelitian terdahulu yang dilakukan pada 55 titik permukiman sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin, sebanyak 45 titik sampel pada jarak ± 700 m dari landasan pacu telah melebihi standar baku mutu yang ditetapkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup No.48 Tahun 1996 untuk kawasan perumahan dan permukiman. Di sisi lain, hanya 10 titik sampel dengan jarak ± 1000 m yang masih berada dibawah standar baku mutu yang ditetapkan (Purnamasari, 2015).

Dampak dari kebisingan pesawat terbang terhadap permukiman sekitar bandara telah menjadi kekhawatiran selama bertahun-tahun. Berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa paparan kebisingan pesawat terbang dengan tingkat tinggi dapat menyebabkan berbagai gangguan kesehatan seperti gangguan kualitas tidur (Nassur et al., 2019), pendengaran (Clark et al., 2013), serta stres dan hipertensi (Black et al., 2007).

Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin merupakan bandara terbesar di Sulawesi Selatan yang berjarak 30 km dari Kota Makassar, bandara ini melayani

penerbangan domestik dan internasional. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Sulawesi Selatan, total jumlah penumpang domestik dan internasional pada tahun 2022 mencapai 8.072.066 penumpang, jumlah ini meningkat sebanyak 9,6% dari tahun sebelumnya yaitu 6.657.031 penumpang pada tahun 2021. Saat ini, Bandara Internasional Sultan Hasanuddin dalam tahap pengembangan I diperkirakan pengembangan bandara ini akan berlangsung hingga tahap IV yang akan dimulai pada 2044 dengan target kapasitas *ultimate* terminal mencapai 40 juta penumpang per tahun (DPM-PTSP Prov Sulsel, 2023).

Pengembangan tahap I Bandara Internasional Sultan Hasanuddin tertunda pada 2021. Meskipun sempat mengalami penundaan, pihak Angkasa Pura I (AP I) dalam Rapat Kerja bersama Komisi V DPR RI optimis pengembangan tahap I akan rampung pada 2024 (Anisah, 2022). Dengan kondisi lalu lintas pesawat saat ini, kawasan permukiman yang berjarak ± 700 m dari Bandara Internasional Sultan Hasanuddin telah terpapar kebisingan yang melebihi tingkat baku mutu yang ditetapkan Kementerian Lingkungan Hidup No.48 Tahun 1996 untuk kawasan perumahan dan permukiman (Purnamasari, 2015). Jika pengembangan Bandara Internasional Sultan Hasanuddin akan dilakukan, maka layanan penerbangan akan bertambah sehingga kawasan kebisingan di sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin perlu ditinjau lebih lanjut sebagai dasar perencanaan pengembangan area sekitar bandara untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat. Berdasarkan latar belakang tersebut maka peneliti mengambil penelitian Tugas Akhir dengan judul:

“Analisis Tingkat Kebisingan dan Persepsi Masyarakat Pada Permukiman Sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka pada penelitian ini pokok permasalahan yang dirumuskan yaitu:

1. Berapa tingkat kebisingan akibat aktivitas pesawat di kawasan permukiman sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin?
2. Bagaimana visualisasi kebisingan akibat aktivitas pesawat di kawasan permukiman sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin?

3. Bagaimana persepsi masyarakat mengenai pengaruh tingkat kebisingan terhadap gangguan kebisingan (gangguan psikologi, gangguan fisiologi, dan gangguan komunikasi) di kawasan permukiman sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin akibat aktivitas pesawat?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menghitung tingkat kebisingan akibat aktivitas pesawat di sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin.
2. Memvisualisasikan penyebaran kebisingan akibat aktivitas pesawat di kawasan permukiman sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin menggunakan *software* ArcMap 10.8.
3. Menganalisis persepsi masyarakat mengenai pengaruh tingkat kebisingan terhadap gangguan kebisingan (gangguan psikologi, gangguan fisiologi, dan gangguan komunikasi) di kawasan permukiman sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin.

1.4 Manfaat Penelitian/Perancangan

Manfaat yang diharapkan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi Penulis
Penelitian ini sebagai syarat menyelesaikan studi Program Sarjana di Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
2. Bagi Universitas
Penelitian ini dapat dijadikan sebagai referensi dalam pengerjaan tugas, pembuatan laporan praktikum, penyusunan tugas akhir, atau sebagai referensi penelitian selanjutnya di Departmen Teknik Lingkungan khususnya pada bidang konsentrasi kebisingan akibat pesawat terbang
3. Bagi Masyarakat
Masyarakat yang tinggal di permukiman sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin dapat mengetahui tingkat kebisingan dan dampak yang telah dihasilkan dari lalu lintas pesawat terbang

4. Bagi Perusahaan

Penelitian ini dapat dijadikan konsiderasi dalam perencanaan pengembangan Bandara Internasional Sultan Hasanuddin dan pengevaluasian terhadap bangunan-bangunan yang telah ada sehingga meminimalisasi dampak negatif bagi lingkungan dan masyarakat

1.5 Ruang Lingkup

Guna menghindari pembahasan yang meluas dari rumusan masalah serta mengingat keterbatasan waktu pengerjaan dan keterkaitan dengan disiplin ilmu, maka tugas akhir ini dibatasi sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan pada 5 titik di sekitar area Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin
2. Pengukuran yang dilakukan hanya pengukuran kebisingan
3. Penelitian ini dilakukan pada tanggal 15-17 Juli 2023 selama 15 jam yang dilakukan mulai pukul 07.00-22.00 WITA setiap pesawat beroperasi
4. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif
5. Penyebaran kuesioner dilakukan untuk mengetahui persepsi masyarakat terhadap kebisingan di sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Bandar Udara

Kebandarudaraan adalah segala sesuatu yang berkaitan dengan penyelenggaraan bandar udara dan kegiatan lainnya dalam melaksanakan fungsi keselamatan, keamanan, kelancaram, dan ketertiban arus lalu lintas pesawat udara, penumpang, kargo dan/atau pos, tempat perpindahan intra dan/atau antarmoda serta meningkatkan pertumbuhan ekonomi nasional dan daerah (Republik Indonesia, 2009).

Tatanan Kebandarudaraan Nasional adalah sistem kebandarudaraan secara nasional yang menggambarkan perencanaan bandar udara berdasarkan rencana tata ruang, pertumbuhan ekonomi, keunggulan komparatif wilayah, kondisi alam dan geografi, keterpaduan intra dan antarmoda transportasi, kelestarian lingkungan, keselamatan dan keamanan penerbangan, serta keterpaduan dengan sector pembangunan lainnya (Republik Indonesia, 2009).

Bandar Udara didefinisikan sebagai kawasan di daratan dan/atau perairan dengan batas-batas tertentu yang digunakan sebagai tempat pesawat udara mendarat dan lepas landas, naik turun penumpang, bongkar muat barang, dan tempat perpindahan intra dan antarmoda transportasi, yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan dan keamanan penerbangan, serta fasilitas pokok dan fasilitas penunjang lainnya (Republik Indonesia, 2009).

Bandar udara adalah suatu tempat atau area yang memiliki fasilitas dan peralatan untuk menampung kedatangan, keberangkatan dan pergerakan pesawat terbang beserta penumpang dan barang yang diangkutnya (Ramadhan, 2019). Bandar Udara merupakan prasarana dari angkutan udara, tempat landas dan mendarat pesawat udara dengan berbagai macam fasilitas, peralatan dan pelayanan yang tersedia sesuai dengan ketentuan yang berlaku baik untuk penumpang maupun barang (Awan, 2022).

2.2 Fungsi dan Jenis Bandar Udara

Direktorat Jenderal Perhubungan Udara dalam Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara No. SKEP/77/VI/2005 Tentang Persyaratan Teknis Pengoperasian Fasilitas Teknik Bandar Udara menjelaskan bahwa Fungsi Bandar Udara yaitu untuk menunjang kelancara, keamanan dan ketertiban arus lalu lintas pesawat udara, kargo dan/atau pos, keselamatan penerbangan, tempat perpindahan intra dan/atau moda serta mendorong perekonomian baik daerah maupun secara nasional.

Berdasarkan fungsinya, Bandar Udara dibedakan menjadi 3 bagian:

- a. Bandar Udara yang merupakan simpul dalam jaringan transportasi udara sesuai dengan hierarki fungsinya yaitu bandar udara pusat penyebaran dan bukan pusat penyebaran.
- b. Bandar udara sebagai pintu gerbang kegiatan perekonomian Nasional dan Internasional.
- c. Bandar udara sebagai tempat kegiatan alih moda transportasi.

Bandar udara berdasarkan penggunaannya dibedakan menjadi bandar udara internasional dan domestik yang ditentukan berdasarkan keterbukaannya dalam melayani angkutan udara ke/dan dari luar negeri.

Bandar udara berdasarkan statusnya dibedakan menjadi Bandar udara umum yang melayani kepentingan penerbangan umum dan bandar udara khusus yang diselenggarakan untuk melayani kepentingan sendiri guna menunjang kegiatan tertentu. Bandar udara menurut penyelenggaraannya dibedakan menjadi Bandar udara umum yang diselenggarakan oleh Pemerintah, Pemerintah Propinsi, Pemerintah Kabupaten/Kota atau Badan Hukum Indonesia.

Bandar udara berdasarkan kegiatan yang dilayaninya dibedakan menjadi Bandar udara yang melayani kegiatan pendaratan dan lepas pesawat udara untuk melayani kepentingan angkutan udara serta bandar udara yang melayani kegiatan pendaratan dan lepas landas helikopter untuk melayani kepentingan angkutan udara.

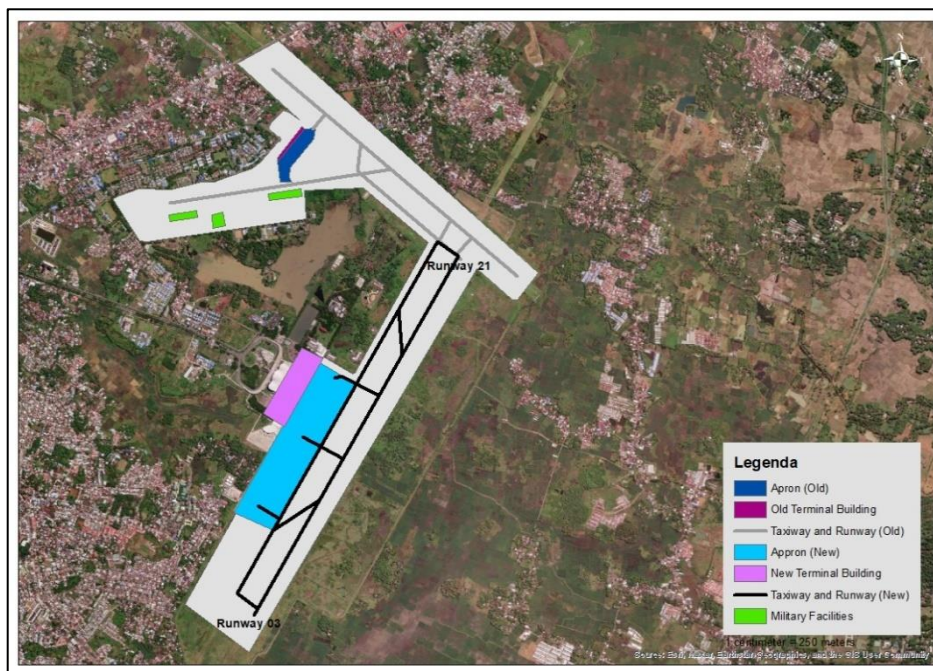
Keputusan Menteri Perhubungan No. 44 Tahun 2002 tentang Tatanan Kebandarudaraan Nasional menjelaskan bahwa terdapat 187 Bandar udara di Indonesia yang dikelola Pemerintah (26), BUMN (23), dan Pemerintah

Kabupaten/Kota (138) yang tersebar dari Sabang sampai Merauke. Dirjen Perhubungan Udara pada tahun 2002 telah mengklasifikasikan bandar udara tersebut menjadi Bandar Udara dengan pengelompokan yaitu kelompok bandar udara A (*un attended*) sebanyak 107 buah, kelompok B (AVIS) sebanyak 49 buah dan kelompok bandar udara C (ADC) sebanyak 31 buah.

Secara umum Bandar udara dengan kelompok bandar udara A merupakan Bandar udara yang masih belum berkembang dan banyak melayani rute-rute perintis. Sedangkan kelompok Bandar udara C merupakan Bandar udara yang telah berkembang bahkan telah menjadi Bandar udara Internasional. Tata cara pengelompokan dan komponen fasilitas bandar udara, kegiatan pengoperasian serta jenis pengendalian ruang udara di sekitar Bandar udara tersebut tertuang dalam KM 44 Tahun 2002.

2.3 Fasilitas Bandar Udara

Bandar udara wajib mempunyai fasilitas sisi udara (*airside*) seperti *runway*, *taxiway*, dan *apron*. Adapun fasilitas sisi darat (*landside*) seperti terminal, jalan masuk, perparkiran dan fasilitas bagasi (Basuki dalam Azminingtyas, 2021). Fasilitas Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin diilustrasikan pada Gambar 1 sebagai berikut.



Gambar 1 Fasilitas Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin

1. Fasilitas Sisi Udara

Landas pacu (*runway*), landas hubung (*taxiway*), dan landas parkir (*apron*) merupakan fasilitas sisi udara Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin. Semua fasilitas ini harus memiliki kapasitas yang memadai untuk menangani semua pesawat yang tiba di bandara tersebut. Jika fasilitas sisi udara tidak mencukupi, akan timbul berbagai risiko yang dapat mengancam keselamatan penerbangan, seperti penumpukan pesawat, keterlambatan penerbangan, dan penurunan kualitas layanan penerbangan (Suryana et al., 2023).

a. Landasan Pacu (*runway*)

Landasan Pacu, atau yang biasa disebut *runway*, adalah sebuah zona persegi panjang di bandara yang dirancang khusus untuk fungsi lepas landas dan mendarat pesawat udara. *Runway* dapat berupa permukaan yang keras (seperti aspal atau beton) atau bahkan hanya area lapangan dengan rumput yang panjang, yang panjangnya disesuaikan sesuai dengan jenis pesawat udara yang digunakan sebagai acuan (Suryana et al., 2023). Berdasarkan data Otoritas Bandar Udara Wilayah V Kelas 1 - Kota Makassar, Bandara Internasional Sultan Hasanuddin memiliki dua landasan pacu, yang pertama seluas $3100 \text{ m} \times 45 \text{ m}$ dan yang kedua seluas $2500 \text{ m} \times 45 \text{ m}$.

b. Landas Hubung (*taxiway*)

Landas Hubung (*taxiway*) adalah area jalan yang dirancang khusus untuk digunakan oleh pesawat udara saat melakukan *taxiing* atau pergerakan dengan kecepatan rendah sebelum lepas landas di landas pacu. Dengan demikian, fungsi utama dari *taxiway* adalah untuk menyediakan jalur keluar dan masuk bagi pesawat udara yang bergerak antara landas pacu, terminal, atau hangar (Suryana et al., 2023). Bandara Internasional Sultan Hasanuddin memiliki 10 *taxiway*, *taxiway* A dengan lebar 23 m, *taxiway* B dengan lebar 26,5 m, *taxiway* C dengan lebar 23 m, *taxiway* D dengan lebar 30 m, *taxiway* E dengan lebar 23 m, *taxiway* F dengan 23 m, *taxiway* G dengan lebar 30 m, *taxiway* H dengan lebar 23 m, *taxiway* I dengan

lebar 23 m, dan *taxiway* J dengan lebar 45 m (Otoritas Bandar Udara Wilayah V Kelas 1 - Kota Makassar, n.d.).

c. Landas Parkir (*apron*)

Landas Parkir (*apron*) adalah zona di bandara yang dimanfaatkan untuk aktivitas naik-turun penumpang, pengambilan dan penurunan barang, serta parkir pesawat udara (Suryana et al., 2023).

2. Fasilitas Sisi Darat

Keputusan Menteri Perhubungan KM No 47 Tahun 2002 menjelaskan bahwa Sisi Darat suatu bandar udara adalah wilayah bandar udara yang tidak langsung berhubungan dengan kegiatan operasi penerbangan. Berdasarkan Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara SKEP/77/VI/2005, bagian dari fasilitas sisi darat meliputi terminal penumpang, terminal barang (kargo), bangunan operasi, dan fasilitas penunjang bandar udara.

- a. Terminal penumpang adalah bangunan yang disediakan untuk melayani seluruh kegiatan yang dilakukan oleh penumpang dari mulai keberangkatan hingga kedatangan. Aspek yang diperhatikan dalam penilaian kinerja operasional adalah jumlah dan kondisi fasilitas tersebut. Di dalam terminal penumpang terbagi 3 (tiga) bagian yang meliputi keberangkatan, kedatangan serta peralatan penunjang bandar udara.
- b. Terminal Barang (Kargo) adalah bangunan terminal yang digunakan untuk kegiatan bongkar muat barang (kargo) udara yang dilayani oleh bandar udara tersebut. Luasannya dipengaruhi oleh berat dan volume kargo waktu sibuk yang dilayani oleh bandar udara tersebut. Fasilitas ini meliputi Gudang, Kantor Administrasi, Parkir pesawat, Gedung Operasi, Jalan Masuk dan Tempat parkir kendaraan umum.
- c. Bangunan operasi merupakan bangunan yang mendukung pengoperasian bandar udara baik secara aspek administrasi, personalia, maupun lalu lintas kebandarudaraan. Fasilitas bangunan operasi meliputi gedung operasional, bangunan teknik penunjang, dan bangunan administrasi.
- d. Fasilitas Penunjang bandar Udara Jalan dan Parkir kendaraan pengunjung merupakan fasilitas yang ditujukan untuk mendukung pelayanan terhadap para pengunjung baik calon penumpang maupun pengunjung non-

penumpang, juga termasuk Jembatan, Darinase, Turap dan Pagar serta Taman. Fasilitas ini juga memberikan layanan keterkaitan intermoda sebagai salah satu upaya integrasi bandar udara dengan sistem moda transportasi lainnya.

2.4 Jenis Pesawat Komersial di Indonesia

Bandara Internasional Sultan Hasanuddin melayani penumpang dengan maskapai pesawat Lion Air, Garuda Indonesia, Citilink, Batik Air, AirAsia, Wings Air, Sriwijaya Air, Trigana Air, Susi Air, Airfast Indonesia, dan Indonesia Air (Flight Aware, n.d.).

Penelitian yang dilakukan oleh Setyani (2017) menjelaskan pesawat yang beroperasi di Indonesia untuk penerbangan sipil adalah jenis Airbus dan Boeing di mana kedua pesawat ini memiliki tipe dan spesifikasi mesin yang berbeda.

Adapun jenis pesawat komersial yang sering beraktivitas di Bandara Internasional Sultan Hasanuddin adalah sebagai berikut.

1. Boeing 737

Boeing 737 pertama kali dikenalkan pada tahun 1967 dan telah mengalami berbagai pembaruan dan peningkatan teknologi sepanjang sejarahnya (Jacopo Prisco, 2020). Sebagai pesawat penumpang jarak pendek hingga menengah, Boeing 737 telah banyak digunakan maskapai penerbangan di seluruh dunia. Di Indonesia, maskapai Garuda Indonesia dan Lion Air Group telah menggunakan Boeing 737 dalam berbagai model untuk melayani rute domestik dan regional.

2. Airbus A320

Airbus A320 merupakan pesawat penumpang jarak pendek hingga menengah yang pertama kali diperkenalkan oleh Airbus Industrie pada tahun 1988. Pesawat ini terkenal dengan teknologi *fly by wire* yang dapat menghemat konsumsi bahan bakarnya. Model A320 jarak pendek hingga menengah yang paling populer memiliki jangkauan sekitar 3.300 mil laut atau setara dengan 6.150 kilometer (CNN Staff, 2014). Berdasarkan informasi dari Airbus, pesawat ini memiliki lebar sayap sekitar 35,80 meter, panjang pesawat sekitar 37,57 meter, dan mampu mengangkat beban maksimum sekitar 16,6 ton.

Citilink merupakan salah satu maskapai di Indonesia yang menggunakan pesawat Airbus A320 untuk melayani rute dalam negeri.

3. ATR-72

ATR-72 adalah pesawat turboprop untuk penerbangan jarak pendek hingga menengah yang dikembangkan oleh perusahaan Prancis-Italia, ATR. Pertama kali diluncurkan pada tahun 1988, pesawat ini dikenal dengan efisiensi bahan bakarnya yang tinggi dan kemampuannya untuk beroperasi di bandara dengan landasan pendek (Modern Airlines, n.d.). Wings Air merupakan salah satu maskapai yang menggunakan jenis pesawat ini untuk rute-rute domestik terutama jika menuju destinasi dengan landasan pendek di berbagai pulau di Indonesia.

2.5 Definisi Kebisingan

Kebisingan adalah bunyi yang tidak diinginkan dari usaha atau kegiatan dalam tingkat dan waktu tertentu yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan (Menteri Negara Lingkungan Hidup, 1996).

Kebisingan adalah bentuk suara yang tidak diinginkan atau bentuk suara yang tidak sesuai dengan tempat dan waktunya. Suara tersebut tidak diinginkan karena mengganggu pembicaraan dan telinga manusia, yang dapat merusak pendengaran atau kenyamanan manusia (Balirante et al., 2020).

Kebisingan adalah tingkat suara yang tidak dikehendaki dan dapat mengganggu kenyamanan dan kesehatan lingkungan yang dinyatakan dalam satuan decibel (dB) (Saputro & Rusli, 2019).

Kebisingan adalah hasil dari usaha dan atau kegiatan manusia baik disengaja maupun tidak yang dapat mengeluarkan suara atau bunyi yang tidak diinginkan dan menimbulkan gangguan kesehatan serta kenyamanan lingkungan (Wahyuni, 2021).

2.6 Sumber Kebisingan pada Pesawat Terbang

Menurut Primanda (2012), semakin besar suatu pesawat didesain, maka pesawat tersebut harus didorong oleh mesin jet yang lebih kuat. Hal ini akan menyebabkan pesawat tersebut juga akan menghasilkan kebisingan yang lebih

tinggi. Usaha-usaha untuk mengurangi kebisingan dari mesin turbojet ini adalah dengan memasang peredam bising dimana salah satu cara untuk membuat peredam bising ini adalah dengan memodifikasi saluran output gas buang sehingga dihasilkan pencampuran gas buang dengan udara yang lebih halus. Akan tetapi, hal ini ternyata juga mengurangi efisiensi mesin dan meningkatkan konsumsi bahan bakar.

Dalam buku “*Aircraft Noise*” yang ditulis oleh Smith (1989) dalam Hafizhurrahman (2018) menjelaskan bahwa sebagian besar kebisingan yang terjadi di bandara dihasilkan oleh pergerakan pesawat. Kebisingan ini berasal dari mesin pesawat dan aerodinamik pesawat (aliran udara di sekitar pesawat) serta masing-masing sumber kebisingan ini tergantung dipengaruhi oleh jenis tenaga pendorong (*propulsion*) semisal jet atau propeler dan tipe operasinya semisal *arrival* atau *departure*. Sumber bising utama pada pesawat dirincikan sebagai berikut:

1. *Turbojet engine noise*, yaitu kebisingan yang dikeluarkan dari pergerakan mesin dan kecepatan interaksi aliran udara yang dipengaruhi oleh pergerakan ini dengan udara luar.
2. *Turbofan engine noise*, yaitu kebisingan yang dihasilkan oleh kompresor dan turbin.
3. *Aerodynamic noise*, yaitu kebisingan yang dihasilkan oleh aliran udara di bawah badan pesawat dan rongga-rongga pesawat, roda gigi pendaratan dan bagian permukaan pesawat.
4. *Propeller aircraft noise*, yaitu kebisingan yang berasal dari kekuatan gas turbin atau kerja piston mesin pesawat.

Suara yang kuat mulai terbentuk ketika pesawat lepas landas, demikian juga saat pesawat mendarat, menciptakan kebisingan yang signifikan di koridor penerbangan rendah dan panjang. Kebisingan ini berasal dari roda pendaratan, pengaturan daya otomatis, dan penggunaan dorongan mundur yang diterapkan untuk tujuan keselamatan pendaratan. Secara umum, pesawat yang lebih besar dan lebih berat cenderung menghasilkan tingkat kebisingan yang lebih tinggi daripada pesawat yang lebih kecil atau ringan. Mekanisme utama yang menghasilkan kebisingan pada pesawat bertenaga turbojet awal adalah turbulensi yang tercipta ketika gas buang jet mencampur dengan udara di sekitarnya. Pengurangan

signifikan terhadap sumber kebisingan ini terjadi pada mesin turbofan modern dengan rasio by-pass yang tinggi. Pada mesin ini, aliran udara berkecepatan rendah yang dihasilkan oleh kipas mengelilingi gas buang berkecepatan tinggi dari jet, mengurangi kebisingan. Kipas itu sendiri juga dapat menjadi penyebab kebisingan yang penting, terutama selama proses mendarat dan pergerakan di landasan. Mesin turbo-prop dengan bilah yang banyak dapat menghasilkan kebisingan yang memiliki tingkat nada tertentu yang relatif tinggi (Berglund et al., 1999).

2.7 Tingkat Kebisingan di Indonesia

Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 48 Tahun 1996 Tentang Baku Tingkat Kebisingan menjadi rujukan utama mengenai baku mutu tingkat kebisingan berbagai kawasan di Indonesia. Tabel 1 menampilkan baku mutu tingkat kebisingan berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 48 Tahun 1996 sebagai berikut.

Tabel 1. Baku Mutu Tingkat Kebisingan

Peruntukan Kawasan/Lingkungan Kesehatan	Tingkat Kebisingan dB(A)
a. Peruntukan Kawasan	
1. Perumahan dan Permukiman	55
2. Perdagangan dan Jasa	70
3. Perkantoran dan Perdagangan	65
4. Ruang Terbuka Hijau	50
5. Industri	70
6. Pemerintahan dan Fasilitas Umum	60
7. Rekreasi	70
8. Khusus:	
• Bandar Udara	
• Stasiun Kereta Api	60
• Pelabuhan Laut	70
• Cagar Budaya	
b. Lingkungan Kegiatan	
• Rumah Sakit atau sejenisnya	55
• Sekolah atau sejenisnya	55
• Tempat ibadah atau sejenisnya	55

Sumber: Kementerian Lingkungan Hidup (1996)

Berdasarkan tabel tersebut ditetapkan baku mutu tingkat kebisingan untuk perumahan dan permukiman, rumah sakit atau sejenisnya, dan sekolah atau sejenisnya sebesar 55 dBA. Adapun baku mutu tingkat kebisingan untuk kawasan Bandar Udara belum ditetapkan pada peraturan ini.

2.8 Tingkat Kebisingan Bandara di Indonesia

Peraturan Pemerintah (PP) No. 40 Tahun 2012 Tentang Pembangunan dan Pelestarian Lingkungan Hidup Bandar Udara menjelaskan bahwa tingkat kebisingan di Bandar Udara dan sekitarnya ditentukan dengan indeks kebisingan WECPNL atau nilai ekuivalen tingkat kebisingan di suatu area yang dapat diterima terus menerus selama suatu rentang waktu dengan pembobotan tertentu. Tingkat kebisingan terdiri atas kawasan kebisingan tingkat I, kawasan kebisingan tingkat II, dan kawasan kebisingan tingkat III.

1. Kawasan kebisingan tingkat I, merupakan tingkat kebisingan yang berada dalam indeks kebisingan pesawat udara lebih besar atau sama dengan 70 (tujuh puluh) dan lebih kecil dari 75 (tujuh puluh lima) WECPNL ($70 \leq \text{WECPNL} \leq 75$).
2. Kawasan kebisingan tingkat II, merupakan tingkat kebisingan yang berada dalam indeks kebisingan pesawat udara lebih besar atau sama dengan 75 (tujuh puluh lima) dan lebih kecil dari 80 (delapan puluh) WECPNL ($75 \leq \text{WECPNL} \leq 80$).
3. Kawasan kebisingan tingkat III, merupakan tingkat kebisingan yang berada dalam indeks kebisingan pesawat udara lebih besar atau sama dengan 80 (WECPNL ≥ 80).

2.9 Peruntukan Kawasan Kebisingan Bandara di Indonesia

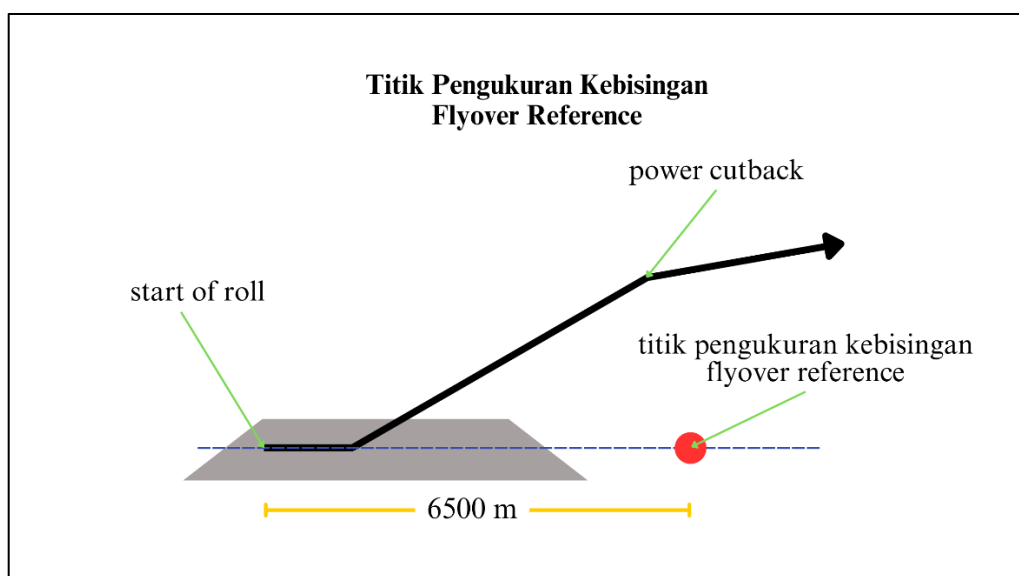
Berdasarkan Peraturan Pemerintah (PP) No. 40 Tahun 2012 Tentang Pembangunan dan Pelestarian Lingkungan Hidup Bandar Udara, peruntukan kawasan kebisingan terdiri atas:

1. Kawasan kebisingan tingkat I merupakan tanah dan ruang udara yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai jenis kegiatan dan atau bangunan kecuali untuk jenis bangunan sekolah dan rumah sakit.

2. Kawasan kebisingan tingkat II merupakan tanah dan ruang udara yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai jenis kegiatan dan/atau bangunan kecuali untuk jenis kegiatan dan/atau bangunan sekolah, rumah sakit, dan rumah tinggal.
3. Kawasan kebisingan tingkat III merupakan tanah dan ruang udara yang dapat dimanfaatkan untuk membangun fasilitas Bandar Udara yang dilengkapi insulasi suara dan dapat dimanfaatkan sebagai jalur hijau atau sarana pengendalian lingkungan dan pertanian yang tidak mengundang burung.

2.10 Titik Pengukuran Kebisingan akibat Aktivitas Penerbangan Pesawat

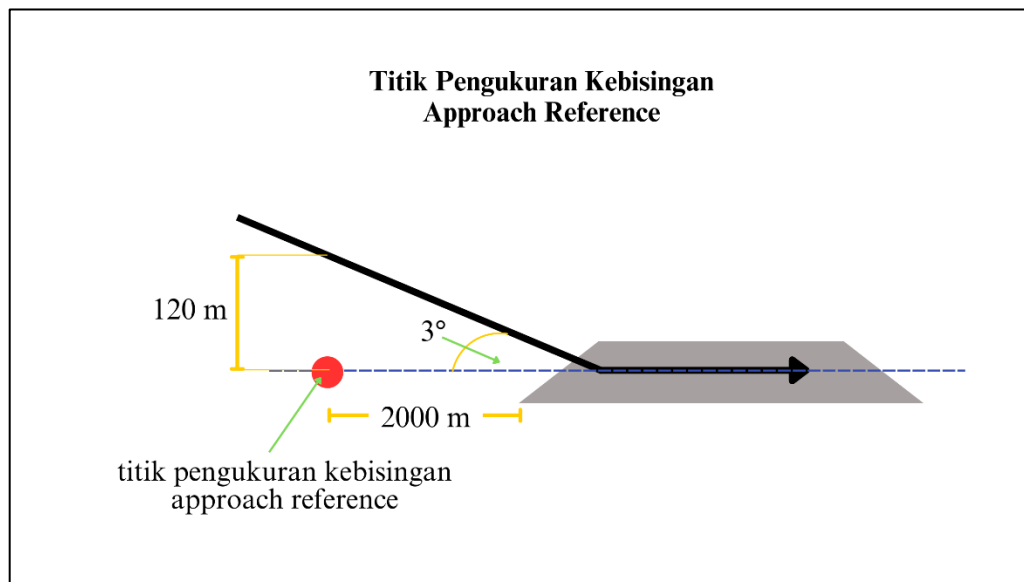
Titik pengukuran kebisingan akibat aktivitas penerbangan pesawat ditentukan pada dokumen Annex 16 Vol I oleh International Civil Aviation Organization (ICAO) yang dilakukan pada *flyover reference* dan *approach reference*. *Flyover reference* merupakan titik pengukuran kebisingan yang terletak pada perpanjangan garis dari landasan paju dan berjarak 6500 meter dari titik di mana pesawat mulai meluncur (*start roll*) ketika lepas landas (Boettcher, 2004). Berikut adalah ilustrasi dari letak titik pengukuran kebisingan *flyover reference*.



Gambar 2 Ilustrasi Titik Pengukuran Kebisingan *Flyover Reference*

Approach reference adalah titik pengukuran kebisingan yang terletak di jalur pendaratan pesawat pada perpanjangan garis landasan pacu dengan jarak 2000

meter dari *threshold*. Pada jarak tersebut, pesawat sesuai dengan posisi 120 meter dari tanah dengan kemiringan 3° (Boettcher, 2004). *Approach reference* diilustrasikan pada gambar berikut.



Gambar 3 Ilustrasi Titik Pengukuran Kebisingan *Approach Reference*

2.11 Dampak Kebisingan Pesawat

Kebisingan pesawat telah menjadi perhatian utama dalam industri penerbangan dan memiliki dampak yang mendalam pada masalah kesehatan fisik dan mental. Beberapa penelitian telah membuktikan efek buruk dari paparan kebisingan pesawat terhadap berbagai aspek kesehatan manusia.

Penelitian yang dilakukan oleh Nassur et al. (2019) menginvestigasi, dengan menggunakan metode aktigrafi, keterkaitan antara paparan kebisingan pesawat dengan parameter objektif mengenai kualitas tidur dalam kelompok populasi yang tinggal di sekitar dua bandara di Prancis. Penelitian ini melibatkan 112 partisipan yang tinggal di sekitar bandara Paris-Charles de Gaulle dan Toulouse-Blagnac. Pengukuran akustik dilakukan secara bersamaan di dalam kamar tidur para peserta dan di luar ruangan (pada bagian depan eksterior) untuk mengestimasi tingkat kebisingan dari pesawat. Hasil temuan dari penelitian ini memberikan kontribusi pada keseluruhan bukti yang mengindikasikan bahwa paparan kebisingan pesawat pada malam hari dapat mengurangi kualitas tidur dengan cara yang dapat diukur. Paparan kebisingan pesawat mempengaruhi aspek-aspek objektif terkait kualitas

tidur, tidak hanya sebatas tingkat kebisingan, tetapi juga berkaitan dengan jumlah kejadian yang terjadi.

Sebuah studi *cross-sectional* oleh Black et al. (2007) tentang dampak kebisingan lingkungan terhadap kesehatan masyarakat, dengan menggunakan metode penilaian kesejahteraan SF-36, dilakukan di lingkungan perumahan yang berdekatan dengan Bandara Sydney yang mengalami paparan tinggi kebisingan pesawat. Studi ini juga mencakup kawasan perumahan kontrol yang tidak terpengaruh oleh kebisingan pesawat sebagai pembanding. Pengukuran tingkat kebisingan dilakukan dan sebuah ukuran baru untuk mengukur kebisingan dirumuskan berdasarkan tingkat kebisingan lingkungan latar belakang. Setelah mengendalikan faktor-faktor yang mempengaruhi, ditemukan bahwa individu yang secara kronis terpapar pada tingkat kebisingan pesawat yang tinggi cenderung lebih mungkin melaporkan stres dan hipertensi dibandingkan dengan mereka yang tidak terpapar kebisingan pesawat.

Faiyetole & Sivowaku (2021) melakukan penelitian dengan mempertimbangkan variabel usia sebagai pengaruh yang perlu dihitung, penelitian ini menemukan bahwa paparan kebisingan pesawat di lingkungan kerja memiliki dampak yang signifikan pada risiko hipertensi, depresi, dan tingkat stres yang terkait dengan tekanan darah tinggi. Temuan juga mengindikasikan bahwa partisipan umumnya merasakan dampak paparan kebisingan pesawat pada berbagai periode waktu. Dengan demikian, bisa diasumsikan bahwa individu yang jarang terpengaruh secara psikososial oleh kebisingan pesawat puncak kemungkinan telah mengembangkan strategi untuk mengatasi pola kebisingan di bandara untuk menghadapi situasi tersebut.

Orang yang tinggal dekat bandara memiliki pola pendengaran yang menunjukkan dampak awal akibat paparan kebisingan pesawat. Kaitan positif antara hasil uji nada murni dan pengukuran DPOAE (Distorsi Produk OAE) semakin memperkuat pandangan bahwa kebisingan pesawat berpengaruh terhadap pendengaran individu yang tinggal dekat bandara. Di samping efek audiologis dari kebisingan pesawat pada mereka yang tinggal di sekitar bandara, perasaan ketidaknyamanan juga menjadi hal yang sangat penting bagi penduduk tersebut. Mereka menyatakan bahwa kebisingan pesawat mempengaruhi berbagai aktivitas

seperti tidur, belajar, percakapan telepon, dan berbicara secara umum (Pillay et al., 2011).

2.12 Perhitungan Tingkat Kebisingan Pesawat

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 40 Tahun 2012 Tentang Pembangunan dan Pelestarian Lingkungan Hidup Bandar Udara telah mengatur bahwa tingkat kebisingan di Bandar Udara dan sekitarnya ditentukan dengan indeks kebisingan WECPNL (*Weighted Equivalent Continuous Perceived Noise Level*) atau nilai ekuivalen tingkat kebisingan di suatu area yang dapat diterima terus menerus selama suatu rentang waktu dengan pembobotan tertentu.

WECPNL adalah salah satu di antara beberapa index tingkat kebisingan pesawat udara yang dikembangkan oleh *International Civil Aviation Organization* (ICAO) sebagai upaya untuk menyelaraskan perbedaan antara penilaian kebisingan yang sudah ada dari negara-negara anggota ICAO. WECPNL didapatkan dengan perhitungan matematika dalam tiga langkah. Pertama, (*Total Noise Exposure Level*) TNEL yaitu:

$$\text{TNEL} = 10\log_{10} \left(\sum_{i=1}^n 10^{EPNL_i/10} \right) + 10\log \left(\frac{T_0}{t_0} \right) \quad (1)$$

Di mana *Effective Perceived Noise Level* (EPNL_i) adalah tingkat kebisingan Persepsi Efektif dari kejadian ke-i, n adalah jumlah kejadian, T₀ = 10 detik, dan t₀ = 1 detik. TNEL digunakan untuk menghitung tingkat kebisingan persepsi berkelanjutan setara atau *Equivalent Continuous Perceived Noise Level* (ECPNL):

$$\text{ECPNL} = \text{TNEL} - 10\log \left(\frac{T}{t_0} \right) \quad (2)$$

Di mana T adalah periode waktu tertentu yang dipertimbangkan dalam detik. WECPNL dihitung dari ECPNL siang dan malam hari, dan mencakup penyesuaian musiman:

$$\text{WECPNL} = 10\log \left(\frac{5}{8} 10^{ECPNL_d/10} + \frac{3}{8} 10^{ECPNL_n/10} \right) + S \quad (3)$$

ECPNL_d adalah ECPNL untuk siang hari (pukul 07.00 hingga 22.00), ECPNL_n adalah ECPNL untuk malam hari (pukul 22.00 hingga 07.00), dan S adalah penyesuaian yang bergantung pada suhu luar. Jika suhu sama atau di atas 20°C kurang dari 100 jam per bulan, S = -5. Jika suhu sama atau di atas 20°C lebih dari 100 jam per bulan dan sama atau di atas 25,6°C kurang dari 100 jam per bulan, S =

0. Jika suhu sama atau di atas 25,6°C lebih dari 100 jam per bulan, $S = +5$. Dalam praktiknya, WECPNL digunakan dalam format log-additif:

$$\text{WECPNL} = \overline{\text{ECPNL}} + 10 \log_{10} (N_1 + 3N_2 + 10N_3) - 40 \quad (4)$$

Di mana $\overline{\text{ECPNL}}$ adalah rata-rata berbasis energi dari ECPNL yang dihasilkan oleh peristiwa pesawat tunggal, N_1 adalah jumlah peristiwa yang terjadi dari pukul 07.00 hingga 19.00, N_2 adalah jumlah peristiwa yang terjadi dari pukul 19.00 hingga 22.00, dan N_3 adalah jumlah peristiwa yang terjadi pukul 22.00 hingga 07.00. Di Jepang dan Korea, WECPNL telah dihitung rata-rata Tingkat Bunyi Berbobot A Maksimum ($L_{A, \max, av}$) yang juga digunakan pemerintah Indonesia dan ditetapkan pada Peraturan Pemerintah (PP) No. 40 Tahun 2012 Tentang Pembangunan dan Pelestarian Lingkungan Hidup Bandar Udara:

$$\text{WECPNL} = \overline{dB(A)} + 10 \log N - 27 \quad (5)$$

$$\overline{dB(A)} = 10 \log \left[\frac{\frac{L_1}{10^{10}} + \frac{L_2}{10^{10}} + \frac{L_3}{10^{10}} + \dots + \frac{L_n}{10^{10}}}{n} \right] \quad (6)$$

$$N = N_2 + 3N_3 + 10 (N_1 + N_4) \quad (7)$$

Dimana:

WECPNL = *Weighted Equivalent Continuous Perceived Noise Level* adalah satu diantara beberapa Index tingkat kebisingan pesawat udara yang ditetapkan dan direkomendasikan oleh *International Civil Aviation Organization* (ICAO).

$\overline{dB(A)}$ = Nilai decibel rata-rata dari setiap puncak kesibukan pesawat udara dalam 1 (satu) hari.

n = Jumlah kedatangan dan keberangkatan pesawat udara selama periode 24 jam (dua puluh empat) jam.

N = Jumlah kedatangan dan keberangkatan pesawat yang dihitung berdasarkan pemberian bobot yang berbeda untuk pagi, petang dan malam.

N_1 = Jumlah kedatangan dan keberangkatan pesawat udara dari jam 00.00 – 07.00.

N_2 = Jumlah kedatangan dan keberangkatan pesawat udara dari jam 07.00 – 19.00.

N_3 = Jumlah kedatangan dan keberangkatan pesawat udara dari jam 19.00 – 22.00.

N_4 = Jumlah kedatangan dan keberangkatan pesawat udara dari jam 22.00 – 07.00.

Untuk mendapatkan nilai WECPNL, maka perlu dihitung nilai $\overline{dB(A)}$ atau Leq day terlebih dahulu yang didapatkan dengan menghitung Leq per jam dengan sistem angka penunjuk menggunakan rumus berikut:

1. Untuk Leq₉₉

Tingkat kebisingan yang muncul adalah 1% dari data pengukuran (Leq₉₉) dengan persamaan:

$$\text{Nilai } A = 1\% \times N \quad (8)$$

Dimana:

1% = Hasil 99% pengurangan dari 100%

N = Jumlah data keseluruhan

Nilai A, digunakan untuk mengetahui jumlah data frekuensi yang dicari pada persamaan berikut:

$$\text{Nilai Leq}_{99} \text{ awal} = I (B_0) + (B_1)X = 0,1 \times I \times 100 \quad (9)$$

Dimana:

I = Interval data

X = Jumlah data yang tidak diketahui

B_0 = Jumlah % sebelum 99

B_1 = % setelah 99

Nilai Leq₉₉ dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$\text{Leq}_{99} = I_0 + X \quad (10)$$

Dimana:

I_0 = Interval akhir sebelum 99%

2. Untuk Leq₉₀

Tingkat kebisingan yang muncul adalah 10% dari data pengukuran (Leq₉₀) dengan persamaan:

$$\text{Nilai } A = 10\% \times N \quad (11)$$

Dimana:

10% = Hasil 90% pengurangan dari 100%

N = Jumlah data keseluruhan

Nilai A , digunakan untuk mengetahui jumlah data frekuensi yang dicari pada persamaan berikut:

$$\text{Nilai } Leq_{90} \text{ awal} = I (B_0) + (B_1)X = 0,10 \times I \times 100 \quad (12)$$

Dimana:

I = Interval data

X = Jumlah data yang tidak diketahui

B_0 = Jumlah % sebelum 90

B_1 = % setelah 90

Nilai Leq_{99} dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$Leq_{90} = I_0 + X \quad (13)$$

Dimana:

I_0 = Interval akhir sebelum 90%

3. Untuk Leq_{50}

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

$$\text{Nilai } A = 50\% \times N \quad (14)$$

Dimana:

1% = Hasil 50% pengurangan dari 100%

N = Jumlah data keseluruhan

Nilai A , digunakan untuk mengetahui jumlah data frekuensi yang dicari pada persamaan berikut:

$$\text{Nilai } Leq_{50} \text{ awal} = I (B_0) + (B_1)X = 0,5 \times I \times 100 \quad (15)$$

Dimana:

I = Interval data

X = Jumlah data yang tidak diketahui

B_0 = Jumlah % sebelum 50

B_1 = % setelah 50

Nilai Leq_{99} dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$Leq_{50} = I_0 + X \quad (16)$$

Dimana:

I_0 = Interval akhir sebelum 50%

4. Untuk Leq_{10}

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

$$\text{Nilai } A = 90\% \times N \quad (17)$$

Dimana:

1% = Hasil 10% pengurangan dari 100%

N = Jumlah data keseluruhan

Nilai A, digunakan untuk mengetahui jumlah data frekuensi yang dicari pada persamaan berikut:

$$\text{Nilai } Leq_{10} \text{ awal} = I (B_0) + (B_1)X = 0,90 \times I \times 100 \quad (18)$$

Dimana:

I = Interval data

X = Jumlah data yang tidak diketahui

B_0 = Jumlah % sebelum 10

B_1 = % setelah 10

Nilai Leq_{99} dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$Leq_{10} = I_0 + X \quad (19)$$

Dimana:

I_0 = Interval akhir sebelum 10%

5. Untuk Leq_1

Tingkat kebisingan yang muncul adalah 99% dari data pengukuran (Leq_1) dengan persamaan:

$$\text{Nilai } A = 99\% \times N \quad (20)$$

Dimana:

1% = Hasil 1% pengurangan dari 100%

N = Jumlah data keseluruhan

Nilai A, digunakan untuk mengetahui jumlah data frekuensi yang dicari pada persamaan berikut:

$$\text{Nilai } Leq_1 \text{ awal} = I (B_0) + (B_1)X = 0,99 \times I \times 100 \quad (21)$$

Dimana:

I = Interval data

X = Jumlah data yang tidak diketahui

B_0 = Jumlah % sebelum 1

B_1 = % setelah 1

Nilai Leq_{99} dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$Leq_1 = I_0 + X \quad (22)$$

Dimana:

I_0 = Interval akhir sebelum 1%

Setelah memperoleh nilai Leq_{99} , Leq_{90} , Leq_{50} , Leq_{10} , dan Leq_1 maka nilai $Laeq$ per jam dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$Leq_{hour} = Leq_{50} + 0,43 (Leq_1 - Leq_{50}) \quad (23)$$

Dimana:

Leq_{50} = Angka penunjuk kebisingan 50%

Leq_1 = Angka penunjuk kebisingan 1%

Nilai kuadrat rata-rata tekanan bunyi yang berkelanjutan diukur dengan pembobotan A dapat berasal dari sumber bunyi yang konstan dalam jangka waktu tertentu. Jika alat pengukur kebisingan tidak dilengkapi dengan fitur Leq , maka Leq harus dihitung secara manual dengan menggunakan rumus berikut (Primanda, 2012):

$$Leq_{day} = 10 \log \left\{ \frac{1}{T} [(t_1 \times 10^{0,1L_1}) + (t_2 \times 10^{0,1L_2}) + \dots (t_n \times 10^{0,1L_n})] \right\} \quad (24)$$

Dimana:

L_1 = tingkat tekanan bunyi pada periode t_1

L_n = tingkat tekanan bunyi pada periode t_n

T = total waktu pengukuran ($t_1 + t_2 + \dots + t_n$)

2.13 Definisi Pemetaan dan Kontur

Ambarwati & Johan (2016) mendefinisikan pemetaan sebagai sebuah ilmu yang mempelajari kenampakan muka bumi yang menggunakan suatu alat dan menghasilkan informasi yang akurat. Sementara itu, kontur adalah garis khayal yang menghubungkan titik-titik yang mempunyai ketinggian yang sama (Hasim et al., 2015). Kontur memungkinkan untuk mengidentifikasi dan memvisualisasikan pola spasial serta tingkat variasi suatu fenomena dalam memberikan pemahaman terhadap kondisi lingkungan tertentu.

2.14 Visualisasi Kebisingan sebagai Kontur pada ArcMap 10.8

ArcGIS adalah salah satu *software* yang dikembangkan oleh ESRI (Environment Science & Research Institute) yang merupakan kompilasi fungsi-fungsi dari berbagai macam *software* GIS yang berbeda seperti GIS desktop, server, dan GIS berbasis web. ArcGIS 10 desktop terdiri dari 4 aplikasi dasar yaitu ArcMap, ArcCatalog, ArcGlobe, dan ArcScene dengan fungsinya masing-masing. Dalam penelitian ini digunakan ArcMap yakni aplikasi utama yang digunakan dalam ArcGIS yang digunakan untuk mengolah (membuat (*create*), menampilkan (*viewing*), memilih (*query*), *editing*, *composing*, dan *publishing*) peta.

2.15 Populasi dan Sampel

Populasi adalah keseluruhan subjek yang akan diteliti, dengan ukurannya bisa bervariasi dari yang terbatas hingga yang tak terbatas. Sedangkan, sampel merupakan suatu bagian yang diambil dari populasi tersebut (Setyawan, 2018).

Populasi didefinisikan sebagai keseluruhan individu atau unit-unit yang menjadi target penelitian. Bagian dari populasi yang dipilih mengikuti prosedur tertentu sehingga dapat mewakili populasinya disebut sebagai sampel. Sebuah sampel dianggap representatif ketika dapat mencerminkan proporsi karakteristik yang ada dalam populasi dan karakteristiknya sejajar dengan karakteristik populasi tersebut. Jika karakteristik sampel berbeda, maka sampel tersebut dianggap tidak representatif (Agus Purwanto & Sulistyastuti, 2017).

Swarjana (2022) menjelaskan bahwa populasi adalah keseluruhan orang atau kasus atau objek, di mana hasil penelitian akan digeneralisasikan. Dalam penelitian, pemahaman tentang populasi sangat penting karena sampel yang representatif akan diambil dari populasi. Sampel adalah bagian terpilih dari populasi yang diseleksi melalui metode sampling.

Riyanto & Hatmawan (2020) mendefinisikan populasi sebagai keseluruhan dari subjek dan atau objek yang akan menjadi sasaran penelitian di mana subjek penelitian merupakan tempat atau lokasi data variable yang akan digunakan. Sampel penelitian adalah bagian yang memberikan gambaran secara umum dari populasi. Sampel penelitian memiliki karakteristik yang sama atau hampir sama dengan karakteristik populasi, sehingga sampel yang digunakan dapat mewakili

populasi yang diamati. Dalam penelitian yang melibatkan populasi yang luas, pengumpulan data menjadi lebih rumit, sehingga teknik pengambilan sampel menjadi suatu kebutuhan. Proses pengambilan sampel harus dilaksanakan dengan cermat untuk memastikan bahwa sampel tersebut dapat mencerminkan populasi secara representatif. Salah satu metode pengambilan sampel yang banyak digunakan adalah menggunakan pendekatan berdasarkan rumus Slovin yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$n = \frac{N}{(1 + Ne^2)} \quad (25)$$

Dimana:

n = Jumlah sampel

N = Total populasi

e = Tingkat kesalahan dalam pengambilan sampel

Jumlah sampel dalam penelitian yang menggunakan pendekatan rumus Slovin akan ditentukan oleh tingkat kesalahan yang diizinkan, dimana semakin besar tingkat kesalahan yang diperbolehkan, semakin kecil jumlah sampel yang dibutuhkan.

2.16 Skala Pengukuran

Skala pengukuran adalah standar atau metode yang digunakan oleh peneliti untuk mengukur variabel dalam penelitian mereka. Skala pengukuran ini akan menghasilkan data yang akan dianalisis lebih lanjut untuk mencapai tujuan penelitian (Riyanto & Hatmawan, 2020). Untuk memastikan bahwa alat ukur yang digunakan dalam penelitian sesuai dengan konteks penelitian, terdapat berbagai jenis skala pengukuran data yang dapat diterapkan, dan salah satunya adalah skala interval.

Skala interval adalah jenis skala yang menggambarkan perbedaan jarak antara satu titik data dengan titik data lainnya yang memiliki nilai yang setara (Hidayat, 2021). Menurut Riyanto & Hatmawan (2020), skala interval menunjukkan perbedaan antara satu data dengan data lainnya dengan interval yang memiliki bobot nilai yang seragam. Interval ini dapat dioperasikan dengan penambahan atau pengurangan, dan perlu dicatat bahwa skala interval tidak memiliki nilai nol yang

mutlak. Skala interval tidak dapat dibagi, dikali, ditambah atau dikurangi. Ada beberapa macam bentuk skala pengukuran yang biasa digunakan peneliti dari berbagai bidang ilmu, salah satu bentuk skala pengukuran untuk jenis skala pengukuran interval adalah skala Likert.

Hidayat (2021) menjelaskan skala Likert dapat Skala Likert bisa digunakan untuk menilai sikap, pandangan, atau persepsi individu terhadap fenomena atau masalah yang terjadi di masyarakat atau yang mereka alami. Skala Likert yang sering digunakan adalah skala likert dengan lima kategori yaitu 1 = sangat tidak setuju, 2 = tidak setuju, 3 = netral, 4 = setuju, 5 = sangat setuju (Riyanto & Hatmawan, 2020).

2.17 Uji Normalitas Data

Nasrum (2018) berpendapat bahwa uji normalitas data perlu dilakukan agar peneliti dapat menentukan jenis statistik apa yang akan digunakan. Jika data yang akan diolah berasal dari populasi yang berdistribusi normal, sebaiknya menggunakan statistik parametrik untuk melakukan inferensi statistik. Namun, jika data tidak berdistribusi normal, gunakan statistik nonparametrik. Uji normalitas pada SPSS dapat dilakukan dengan berbagai cara salah satunya adalah Uji Kolmogorov Smirnov.

2.18 Uji Validitas

Validitas item instrumen digunakan untuk mengevaluasi sejauh mana suatu item memberikan kontribusi terhadap skor total. Untuk menguji validitas masing-masing item instrumen, skor pada setiap item dikorelasikan dengan skor total. Tingkat validitas suatu item diukur oleh seberapa besar dukungan skor item tersebut terhadap skor total. Dukungan setiap item dinyatakan dalam bentuk korelasi, dan untuk menghitung validitas item, digunakan rumus korelasi dengan metode perhitungan menggunakan rumus *product moment* Pearson (Novikasari, 2016).

Validasi adalah suatu proses yang dilakukan oleh penyusun instrumen untuk mengumpulkan data berbasis pengalaman guna mendukung kesimpulan yang dihasilkan oleh skor instrumen. Validitas sendiri merujuk pada kemampuan suatu alat ukur untuk mengukur tujuan pengukurannya. Saat menilai validitas, fokus

diberikan pada isi dan kegunaan instrumen. Uji validitas bertujuan untuk menilai sejauh mana instrumen dapat menjalankan fungsinya, yakni sejauh mana alat ukur yang disusun dapat mengukur dengan tepat apa yang seharusnya diukur. Uji ini esensial untuk menilai keabsahan kuesioner, karena pada dasarnya, uji validitas mengukur keabsahan setiap pertanyaan atau pernyataan yang digunakan dalam penelitian (Darma, 2021).

2.19 Uji Reliabilitas

Konsep reliabilitas mencakup sejauh mana hasil pengukuran yang digunakan tetap konsisten dan bebas dari kesalahan pengukuran (*measurement error*). Sementara itu, pengujian reliabilitas instrument bertujuan untuk menilai apakah data yang dihasilkan dapat diandalkan dan kokoh (Darma, 2021).

Pada dasarnya, pengujian reliabilitas mengukur variabel yang diwakili oleh pertanyaan atau pernyataan dalam instrumen. Evaluasi reliabilitas dilakukan dengan membandingkan nilai Cronbach's Alpha dengan tingkat signifikansi yang ditetapkan. Tingkat signifikansi ini dapat bervariasi, misalnya 0,5, 0,6, hingga 0,7, tergantung kebutuhan penelitian dalam penelitian (Darma, 2021).

2.20 Uji Normalitas

Uji Kolmogorov-Smirnov, yang umumnya digunakan untuk menguji normalitas data, sebenarnya tidak dirancang secara khusus untuk tujuan tersebut. Uji Kolmogorov-Smirnov sejatinya adalah uji pencocokan kurva (*Goodness of fit test*) untuk distribusi data secara umum. Prinsip dasar dalam uji normalitas menggunakan Kolmogorov-Smirnov adalah menemukan simpangan terbesar antara fungsi distribusi kumulatif data observasi (empiris) dan fungsi distribusi kumulatif teoritisnya. Apabila simpangan maksimum yang terbentuk tidak signifikan, maka data observasi dapat dianggap memiliki distribusi normal. Sebaliknya, jika simpangan maksimum yang terbentuk cukup besar, maka data observasi dianggap tidak berdistribusi normal (Nasrum, 2018).

Dalam mengevaluasi sejauh mana simpangan yang terjadi, diperlukan suatu titik pembandingan. Kolmogorov telah menetapkan suatu parameter pembandingan, dilambangkan dengan D , untuk nilai simpangan terbesar yang ditemukan.

Parameter ini dapat diartikan sebagai batas simpangan maksimal yang masih memungkinkan data untuk dianggap memiliki distribusi normal (Nasrum, 2018).

2.21 Uji Korelasi

Dalam analisis korelasi, hubungan antara variabel x dan y dapat bersifat korelasional atau kausal. Jika hubungan tersebut tidak menunjukkan keterkaitan sebab-akibat, disebut sebagai korelasional, yang berarti bahwa sifat hubungan antara variabel x dan y tidak jelas mana yang merupakan variabel sebab dan mana yang merupakan variabel akibat. Sebaliknya, jika hubungan tersebut menunjukkan keterkaitan sebab-akibat, maka korelasinya disebut sebagai kausal, yang berarti jika variabel x menjadi sebab, maka variabel y menjadi akibat, atau sebaliknya. Penting untuk diingat bahwa keberadaan hubungan linier yang kuat antara variabel tidak selalu mengindikasikan adanya hubungan kausal, sebab-akibat, atau hubungan timbal balik atau resiprokal (Roffin & Zulvia, 2021).

Menurut Santoso (2010), ada dua jenis prosedur statistik utama, yaitu parametrik dan nonparametrik. Jika data memenuhi asumsi-asumsi dari pendekatan parametrik, sebaiknya menggunakan prosedur parametrik untuk menganalisis data. Jika ada asumsi-asumsi yang tidak terpenuhi, masih memungkinkan dilakukan transformasi data dan tetap menggunakan prosedur parametrik. Namun, jika tidak ada opsi lain yang memungkinkan, maka penggunaan prosedur nonparametrik dapat dianggap. Beberapa kondisi data yang dapat menggunakan metode statistik nonparametrik antara lain:

- 1) Untuk data yang tidak memiliki distribusi normal atau varian yang tidak homogen, mungkin dapat dilakukan transformasi data seperti logaritmik atau akar. Setelah itu perlu dilakukan pengujian normalitas dan varians sekali lagi.
- 2) Jika jumlah data terlalu sedikit, upaya dapat dilakukan untuk menambah jumlah data agar memenuhi syarat parametrik (sekitar 30 data atau lebih). Namun, penambahan data harus mempertimbangkan biaya dan relevansi dengan tujuan penelitian.
- 3) Untuk data bertipe nominal atau ordinal, di mana sifat alami data tidak dapat diubah, prosedur nonparametrik sangat dianjurkan, mengingat karakteristik kategori dari data tersebut.

Koefisien korelasi yang umumnya digunakan untuk mengukur kekuatan korelasi pada data penelitian dengan skala pengukuran ordinal adalah koefisien korelasi Kendall-tau, yang diperkenalkan oleh M.G. Kendall pada tahun 1938 dan dinotasikan dengan τ . Koefisien korelasi ini memiliki karakteristik serupa dengan koefisien korelasi peringkat Spearman-rho, namun memiliki dasar logika yang berbeda. Perbedaan mendasar antara keduanya terletak pada dasar logika penghitungannya. Koefisien korelasi peringkat Spearman-rho bergantung pada peringkat (*rank*) kedua variabel, yaitu variabel X dan variabel Y yang masing-masing diberikan peringkat. Sementara itu, koefisien korelasi Kendall-tau memfokuskan peringkat (urutan) hanya pada salah satu variabel, baik variabel X atau variabel Y, sementara variabel yang lainnya tetap tidak diurutkan. Kemudian, variabel yang tidak diurutkan tersebut diobservasi untuk menentukan apakah nilai-nilainya sejalan (konkordan) atau berlawanan arah (diskordan) dengan urutan variabel yang diurutkan, yang biasanya adalah variabel X (Vusvitasari et al., 2008).