

SKRIPSI

**ANALISIS KONSENTRASI NO₂ DAN PERSEPSI
MASYARAKAT PADA KAWASAN PERMUKIMAN SEKITAR
BANDARA INTERNASIONAL SULTAN HASANUDDIN**

Disusun dan diajukan oleh:

**NILA FITRA ANDINI
D131 19 1050**



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

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

ANALISIS KONSENTRASI NO₂ DAN PERSEPSI MASYARAKAT PADA KAWASAN PERMUKIMAN SEKITAR BANDARA INTERNASIONAL SULTAN HASANUDDIN

Disusun dan diajukan oleh

Nila Fitra Andini
D131191050

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 9 Januari 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Prof. Dr. Ir. Hj. Sumarni Hamid Aly, M.T., IPU.
NIP 195812281986012001

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 : Nila Fitra Andini
NIM : D131191050
Program Studi : Teknik Lingkungan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

{Analisis Konsentrasi NO₂ 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, 16 Januari 2024

Yang Menyatakan



Nila Fitra Andini

ABSTRAK

NILA FITRA ANDINI. *Analisis Konsentrasi NO_2 Dan Persepsi Masyarakat Pada Kawasan Pemukiman Di Sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin* (Dibimbing oleh **Sumarni Hamid Aly** dan **Nurul Masyiah Rani Harusi**)

Transportasi udara merupakan salah satu moda transportasi yang sering digunakan karena dapat menjangkau daerah-daerah yang tidak dapat dijangkau oleh moda transportasi lain karena memiliki lintasan yang lurus dan bebas hambatan. Pada tahun 2022 terjadi pelonjakan jumlah penumpang sampai 85% dan kargo meningkat 7%. Peningkatan penggunaan transportasi udara ini tentunya akan berakibat terhadap beban emisi yang dihasilkan oleh pesawat pada saat LTO.

Pada penelitian ini, parameter pencemar dari transportasi udara yang diukur adalah nitrogen dioksida atau NO_2 . Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis konsentrasi polutan NO_2 , hubungan antara volume pesawat dengan konsentrasi polutan NO_2 dan persepsi masyarakat yang bermukim di sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin.

Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian Kuantitatif dengan pengambilan sampel NO_2 di tiga titik lokasi selama 1 titik/hari dengan lama pengukuran 1 (satu) jam untuk masing-masing interval pagi, siang, sore dan malam menggunakan alat Impinger. Untuk mengetahui hubungan volume pesawat dengan konsentrasi polutan NO_2 serta persepsi Masyarakat dengan membagikan kuesioner kemudian diolah secara statis menggunakan program SPSS.

Hasil analisis konsentrasi polutan NO_2 diperoleh pada titik 1 sebesar $1,728 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan titik 2 $1,304 \mu\text{g}/\text{m}^3$, tidak melebihi dari baku mutu yang sudah ditetapkan. Hasil uji korelasi menunjukkan tidak adanya hubungan antara volume pesawat dengan konsentrasi polutan NO_2 dikarenakan nilai Sig. $0,131 > 0,05$ dan nilai koefisien korelasi R sebesar $0,581$ (berkorelasi) antara variabel dimana jumlah pesawat udara memiliki pengaruh kontribusi sebesar $33,8\%$ terhadap konsentrasi NO_2 . Hasil analisis persepsi masyarakat berdasarkan uji linear sederhana diperoleh adanya hubungan tingkat kualitas udara dengan gangguan fisiologis, dan psikologis. Berdasarkan hasil uji bivariat diperoleh adanya hubungan antara identitas responden yaitu umur dengan gangguan fisiologis sedangkan untuk gangguan psikologis dengan identitas responden tidak berhubungan.

Kata Kunci: Konsentrasi NO_2 , Pesawat, Persepsi Masyarakat

ABSTRACT

NILA FITRA ANDINI. *Analysis Of NO₂ Concentration And Community Perception In Residential Areas Around Sultan Hasanuddin International Airport* (Supervised by **Sumarni Hamid Aly** and **Nurul Masyiah Rani Harusi**)

Air transportation is one of the commonly used modes of transportation because it can reach areas inaccessible by other modes due to its straight and unobstructed routes. In 2022, there was a surge in the number of passengers by up to 85%, and cargo increased by 7%. The increased use of air transportation undoubtedly has implications for the emission load generated by aircraft during takeoff.

In this study, the pollutant parameter measured for air transportation is nitrogen dioxide or NO₂. The aim of this research is to analyze the concentration of NO₂ pollutants, the relationship between aircraft volume and NO₂ pollutant concentration, and the perception of the community living around Sultan Hasanuddin International Airport.

The research method employed is quantitative research with NO₂ sampling at three locations for one point/hour during a measurement period of 1 (one) hour for each morning, afternoon, evening, and night interval using an Impinger device. To determine the relationship between aircraft volume and NO₂ pollutant concentration, as well as the perception of the community, a questionnaire was distributed and analyzed statistically using the SPSS program.

The results of the NO₂ pollutant concentration analysis obtained at point 1 were 1.728 µg/m³ and point 2 was 1.304 µg/m³, which did not exceed the established quality standards. The correlation test results showed no relationship between aircraft volume and NO₂ pollutant concentration because the Sig. value was 0.131 > 0.05, and the correlation coefficient R was 0.581 (correlated) between variables, where the number of aircraft had a contribution of 33.8% to NO₂ concentration. The analysis of community perceptions based on a simple linear test revealed a relationship between air quality levels and physiological and psychological disturbances. Based on bivariate test results, there is a relationship between respondent identity, namely age, with physiological disturbances, while psychological disturbances are not related to respondent identity.

Keywords: NO₂ Concentration, Aircraft, Public Perception

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
KATA PENGANTAR	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian/Perancangan	4
1.4 Manfaat Penelitian/Perancangan	4
1.5 Ruang Lingkup/Asumsi perancangan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Udara Ambien	6
2.2 Pencemaran Udara	7
2.3 Nitrogen Dioksida (NO ₂)	12
2.4 Karakteristik Individu yang Mempengaruhi adanya Keluhan Gangguan Pernapasan	17
2.5 Sumber Emisi di Bandar Udara	19
2.6 Fase Penerbangan.....	21
2.7 Emisi Pesawat Terbang Komersial	23
2.8 Jenis Pesawat Komersial.....	26
2.9 Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP).....	28
2.10 Metode Pemantauan Pengambilan Sampel di Udara	30
2.11 Populasi dan Sampel	32
2.12 Skala Likert	36
2.13 Analisis Statistik	36
BAB 3 METODE PENELITIAN/PERANCANGAN	42
3.1 Rancangan Penelitian	42
3.2 Persiapan Penelitian	44
3.3 Lokasi Penelitian.....	44
3.4 Waktu Penelitian	48
3.5 Alat dan Bahan.....	48
3.5 Populasi dan Sampel Kuesioner.....	53
3.6 Metode Persiapan Pengambilan Data	56
3.7 Teknik Pengambilan Data	61
3.8 Metode Analisis Data.....	63
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	70
4.1 Jumlah Pesawat Udara	70
4.2 Data Meteorologi	75

4.3 Besaran Konsentrasi NO ₂	76
4.4 Analisis Hubungan Jumlah Pesawat Udara dan Konsentrasi NO ₂	81
4.5 Hasil Analisis Data Persepsi Masyarakat terhadap Konsentrasi NO ₂	84
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	107
5.1 Kesimpulan	107
5.2 Saran.....	108
DAFTAR PUSTAKA	109

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Sumber Pencemaran Udara	12
Gambar 2 Sketsa Bandara Internasional Sultan Hasanuddin	21
Gambar 3 Fase Penerbangan Pesawat Udara	22
Gambar 4 Besaran <i>Thrust</i> dan <i>Time-In-Mode</i> Pesawat.....	23
Gambar 5 KKOP Bandara Internasional Sultan Hasanuddin	30
Gambar 6 Bagan Alir Penelitian	43
Gambar 7 Lokasi Penelitian	46
Gambar 8 Sketsa Bandara Internasional Sultan Hasanuddin	46
Gambar 9 Sketsa Lokasi Titik 1	47
Gambar 10 Sketsa Lokasi Titik 2.....	48
Gambar 11 Alat dan Bahan Pengambilan Sampel NO ₂	50
Gambar 12 Alat Laboratorium	51
Gambar 13. Tampilan Google Earth	52
Gambar 14 Tampilan Website <i>Flightradar24.com</i>	52
Gambar 15 Tampilan Program SPSS	53
Gambar 16 Diagram Alir Penentuan Sampel Kuesioner	54
Gambar 17 Diagram Alir Pembuatan Larutan Penjerap	57
Gambar 18 Pembuatan Larutan Induk Nitrit.....	58
Gambar 19 Diagram Alir Pembuatan Kurva Kalibrasi	59
Gambar 20 Kurva Kalibrasi	60
Gambar 21 Diagram Alir Proses Pengambilan Data Konsentrasi NO ₂	63
Gambar 22 Diagram Alir Analisis Konsentrasi NO ₂	63
Gambar 23 Diagram Alir Metode Analisis Kuesioner Menggunakan Program SPSS	64
Gambar 24 Diagram Alir Metode Uji Instrumen	65
Gambar 25 Diagram Alir Metode Uji Asumsi Klasik	66
Gambar 26 Diagram Alir Metode Uji Regresi dan Korelasi	67
Gambar 27 Diagram Alir Metode Uji Analisis Bivariat	68
Gambar 28 Diagram Alir Analisis Data Keseluruhan.....	69
Gambar 29 Jumlah Pesawat Udara Berdasarkan Tipe Pesawat	70
Gambar 30 Jumlah Pesawat Udara Berdasarkan Fase Penerbangan	72
Gambar 31 Sketsa Jalur Penerbangan	74
Gambar 32 Konsentrasi NO ₂ di Udara Ambien	79
Gambar 33 Boeing 737 <i>Exhaust Velocity</i>	80
Gambar 34 Tren Data Jumlah Pesawat Udara dan Konsentrasi NO ₂	81
Gambar 35 Koefisien Regresi Hubungan Jumlah Pesawat dan Konsentrasi NO ₂	83
Gambar 36 Karakteristik Responden Berdasarkan Umur	85
Gambar 37 Karakteristik Responden Berdasarkan Lama Aktivitas	86
Gambar 38 Karakteristik Responden Berdasarkan Lama Tinggal.....	86
Gambar 39 Karakteristik Responden Berdasarkan Penggunaan APD.....	87
Gambar 40 Persepsi Responden terkait Kualitas Udara Sekitar Bandara.....	88
Gambar 41 Persepsi Responden terkait Polusi Udara dari Pesawat	88
Gambar 42 Gangguan Fisiologis berupa Batuk	89
Gambar 43 Gangguan Fisiologis berupa Pusing	90

Gambar 44 Gangguan Fisiologis berupa Sesak Napas	90
Gambar 45 Gangguan Fisiologis berupa Nyeri Dada	91
Gambar 46 Gangguan Psikologis berupa Gangguan Kenyamanan	91
Gambar 47 Gangguan Psikologis berupa Gangguan Emosional	92
Gambar 48 Gangguan Psikologis berupa Gangguan Aktivitas.....	92

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Komposisi Udara Kering dan Bersih	6
Tabel 2 <i>Time-In-Mode</i> Pesawat	23
Tabel 3 Faktor Emisi Pesawat Terbang	25
Tabel 4 Jenis Pesawat Boeing 737	27
Tabel 5 Jenis Pesawat Airbuss A320	28
Tabel 6 Interpretasi Koefisien Korelasi	40
Tabel 7 Keterangan Lokasi Penelitian	45
Tabel 8. Waktu Penelitian	48
Tabel 9. Item Pertanyaan pada Kuesioner.....	55
Tabel 10 Skor Skala Likert	56
Tabel 11 Nilai Adsorbansi Kurva Kalibrasi.....	60
Tabel 12 Rekapitulasi Data Jumlah Pesawat	73
Tabel 13 Data Landasan Pacu berdasarkan Arah Angin.....	74
Tabel 14 Data Meteorologi	75
Tabel 15 Konsentrasi Contoh Uji NO ₂	76
Tabel 16 Volume Contoh Uji Udara NO ₂	77
Tabel 17 Konsentrasi NO ₂ di Udara Ambien	78
Tabel 18 Hasil Uji Homogenitas Jumlah Pesawat Udara dan Konsentrasi NO ₂ ..	81
Tabel 19 Hasil Uji Normalitas Jumlah Pesawat Udara dan Konsentrasi NO ₂	82
Tabel 20 Hasil Uji Regresi Jumlah Pesawat Udara dan Konsentrasi NO ₂	82
Tabel 21 Hasil Uji Validitas.....	93
Tabel 22 Hasil Uji Reliabilitas	94
Tabel 23 Hasil Uji Normalitas dan Linearitas.....	95
Tabel 24 Hasil Uji Regresi Konsentrasi NO ₂ dan Gangguan Fisiologis.....	96
Tabel 25 Hasil Uji Regresi Tingkat konsentrasi NO ₂ dan Gangguan Psikologis	97
Tabel 26 Rekapitulasi Hasil Analisis Hubungan Tingkat konsentrasi NO ₂ dengan Gangguan Fisiologis dan Psikologis.....	98
Tabel 27 Rekapitulasi Hubungan Identitas Responden dengan Tingkat konsentrasi NO ₂	99
Tabel 28 Rekapitulasi Hubungan Identitas Responden dengan Gangguan Fisiologis	102
Tabel 29 Rekapitulasi Hubungan Identitas Responden dengan Gangguan Psikologis	104

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Meteorologi.....	113
Lampiran 2 Data Penerbangan.....	117
Lampiran 3 Hasil Rekapitulasi Kuesioner	128
Lampiran 4 Nilai Koefisien Korelasi (r) untuk taraf signifikansi tertentu.....	132
Lampiran 5 Hasil Uji Koefisien Korelasi Antara 1 item dengan Skor Total (R-Hitung)	133
Lampiran 6 Hasil Program SPSS	135
Lampiran 7 Kuesioner.....	145
Lampiran 8 Dokumentasi.....	148

KATA PENGANTAR

Tiada kata yang paling indah selain puji dan rasa syukur kepada Allah SWT, yang telah menentukan segala sesuatu berada di tangan-Nya, sehingga tidak ada setetes embun pun dan segelintir jiwa manusia yang lepas dari ketentuan dan ketetapan-Nya. Alhamdulillah atas hidayah dan inayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini yang berjudul “**Analisis Konsentrasi NO₂ dan Persepsi Masyarakat pada Kawasan Permukiman Sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin**” yang merupakan syarat dalam rangka menyelesaikan studi di Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan serta rintangan yang penulis hadapi namun pada akhirnya penulis dapat melaluinya berkat adanya bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak baik secara moril maupun materil. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua, Ayahanda Salating S.pd dan Ibunda Andi Hawania, serta adik-adik penulis Dwi Putra Fikriansyah, Aqila Syifani, Afika Anandita Putri yang telah memberikan segala kasih sayangnya kepada penulis, berupa besarnya perhatian, pengorbanan, bimbingan, doa yang tulus dan telah menjadi alasan penulis untuk menempuh pendidikan sampai pada tingkat perguruan tinggi.
2. Ibu Dr.Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T., IPM., AER. selaku Ketua Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Ibu Prof. Dr. Ir. Hj. Sumarni Hamid Aly, M.T., IPU selaku Dosen Pembimbing I dan Ibu Nurul Masyiah Rani Harusi, S.T., M.Eng selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu serta membagikan ilmunya dalam memberikan pengarahan dan bimbingan sehingga penulisan tugas akhir ini dapat terselesaikan.
4. Ibu Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T., IPM., AER. dan Ibu Zarah Arwieny Hanami, S.T., M.T yang telah memberikan masukan dan saran sebagai dosen penguji penulis serta telah banyak membimbing dan mengajari penulis selama masa perkuliahan.

5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas bimbingan, arahan, didikan, dan motivasi yang telah diberikan selama kurang lebih empat tahun.
6. Seluruh staf dan karyawan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala bantuannya selama penulis menempuh perkuliahan. Terkhusus kepada staf S1 Teknik Lingkungan Ibu Sumiati Pak Olan dan Kak Tami yang telah banyak membantu penulis dalam hal administrasi.
7. Para guru penulis sejak SD, SMP, dan SMA dengan jasa mereka, penulis dapat mengenyam indahnya Pendidikan dan manfaat ilmu pengetahuan yang sudah di ajarkan.
8. Sahabat sekaligus keluarga di masa perkuliahan “Keluarga Bahagia” yang terdiri dari Syirah, Riri, Uti, Buya, Firman dan Rifqi. Terima kasih sudah menemani, penulis dari awal masa perkuliahan (maba) hingga saat ini, terkhusus Syirah partner kamar kosan penulis terima kasih sudah menemani penulis dalam pengambilan data penelitian di lapangan dan selalu menghibur penulis ketika mengalami tekanan.
9. Buya Ibnu Fulqan selaku partner dalam segala hal, terima kasih telah mendengarkan keluh kesah penulis, memberikan dukungan, motivasi, dan segala bentuk bantuan kepada penulis selama perkuliahan.
10. Nur Afni Sahid, Dhea Izumi Zalzabila dan Muhamamad Athala selaku Partner dalam pengerjaan skripsi terkait konsentrasi NO₂, terima kasih sudah mau berbagi larutan penjerap *Giess Saltzman*, dan saling bertukar pikiran.
11. Musdalifah selaku sepupu penulis, terima kasih sudah jadi tempat berbagi cerita dan dukungannya selama berada di tanah rantau.
12. Teman-teman Lab. Riset Kualitas Udara dan Bising 2019, terima kasih sudah jadi teman untuk saling bertukar pikiran dan menguatkan satu sama lain.
13. Teman-teman Teknik Lingkungan 2019 dan PORTLAND 2019 atas segala bantuan, dukungan, dan kenangan selama masa perkuliahan.
14. Teman-teman KKN GEL.109 Desa Poreang yaitu, Nur Haliza Valentin Rusdi, Veronika Sri Enjel, Farhan Muhammad, Gerald Giovanni, dan Subhan Julianto terima kasih atas segala bentuk dukungannya

15. Dan kepada rekan, sahabat, keluarga dan pihak yang tidak dapat dituliskan satu persatu, penulis ucapkan banyak-banyak terima kasih untuk dukungan dan doannya.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa penelitian ini jauh dari kesempurnaan. Oleh sebab itu, kritik maupun saran yang membangun selalu penulis harapkan demi kesempurnaan penelitian ini. Besar harapan penulis, semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat sekaligus menambah pengetahuan untuk berbagai pihak. Aamiin.

Gowa, 16 Januari 2024

Penulis,

NILA FITRA ANDINI

D131191050

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan yang dibatasi oleh perairan yang sangat luas sehingga dalam menggerakkan dan menumbuhkan kegiatan ekonomi serta pembangunan daerah, diperlukan moda transportasi yang dapat menjangkau cukup efektif dan efisien untuk menghubungkan suatu wilayah dengan wilayah yang lain baik secara nasional maupun internasional. Moda transportasi yang ada di Indonesia terdiri dari transportasi laut, transportasi darat, dan transportasi udara. Transportasi udara merupakan salah satu moda transportasi yang sering digunakan karena dapat menjangkau daerah-daerah yang tidak dapat dijangkau oleh moda transportasi lain karena memiliki lintasan yang lurus dan bebas hambatan.

Bandar Udara merupakan sarana pendukung transportasi udara yang berperan sebagai simpul dalam jaringan transportasi udara yang digambarkan sebagai titik lokasi bandar udara yang menjadi pertemuan beberapa jaringan dan rute penerbangan sesuai hierarki bandar udara (PP No. 5/1986, Tentang penyedia dan penggunaan Tanah Serta Ruang Udara Sekitar Bandar Udara).

Berdasarkan data Angkasa Pura Airports (2023) sepanjang tahun 2022, terjadi pelonjakan penumpang sampai 84% dari 15 bandara yang dikelola oleh pihak Angkasa Pura Airports. Selain itu, pelonjakan juga terjadi pada pergerakan kargo yang meningkat 7% di bandingkan jumlah pergerakan kargo pada tahun 2021. Banyaknya masyarakat yang lebih memilih menggunakan pesawat udara ketika melakukan perjalanan jauh maupun pengantaran barang dikarenakan kecepatan dan efisiensi waktu yang jauh lebih baik dibandingkan dengan moda transportasi lainnya. Selain itu, dengan adanya faktor kecepatan dan efisiensi waktu dapat menekan biaya produksi, mobilitas orang serta pengiriman barang dan jasa akan menjadi lebih efektif dan efisien. Walaupun demikian sisi positif dari adanya pesawat udara, di sisi lain pesawat udara juga menghasilkan emisi dari proses pembakarannya.

Dengan adanya aktivitas pembakaran dari mesin pesawat dan kendaraan akan menghasilkan emisi yang dapat menyebabkan pencemaran udara. Pencemaran udara adalah masuk atau di masukkannya zat, energi, dan/atau komponen lainnya ke dalam

udara ambien oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu udara ambien yang telah ditetapkan (PP No. 22 Tahun 2021).

Berdasarkan laporan *Intergovernmental Panel On Climate Hange* (IPCC), pada tahun 1992 menyatakan bahwa transportasi udara menyumbang 3,5 % dari *total anthropogenic radiative forcing* di atmosfer. Hal ini diperkirakan akan meningkat menjadi 12,2 % pada tahun 2050. Kondisi ini dipicu oleh pertumbuhan transportasi udara yang terus meningkat selama 1 (satu) dekade terakhir dan kecenderungan ini diperkirakan akan berlanjut di tahun-tahun yang akan mendatang. (Mora, 2013a)

Menurut Dokumen *Aviation and Emission – A Prime* (2005) yang dikeluarkan FAA menyatakan bahwa pesawat udara menghasilkan jenis emisi yang sama dengan kendaraan lainnya, seperti karbondioksida (CO₂), uap air (H₂O), nitrogen oksida (NO_x), karbon monoksida (CO), oksida belerang (SO_x), hidrokarbon yang tidak terbakar atau terbakar sebagian (juga dikenal sebagai senyawa organik volatil (VOC)), partikulat, dan senyawa jejak lainnya. Selain pesawat udara sebagai penyumbang emisi di bandara, transportasi darat sebagai pendukung akses bandara juga menghasilkan emisi yang serupa, seperti kendaraan yang keluar masuk bandara, peralatan darat yang melayani pesawat terbang, dan bus atau taksi yang melayani penumpang. Perbedaan antara polutan yang dihasilkan oleh pesawat terbang dengan kendaraan bermotor adalah pada kadar polutan yang dihasilkan. Aktivitas penerbangan yang dilakukan oleh sebuah pesawat terbang terdiri atas dua fase yaitu *Landing-Take-Off* (LTO) dan *fase cruise* (fase jelajah).

Fase LTO adalah fase dimana aktivitas pesawat udara di bawah ketinggian 914 meter dari permukaan tanah sedangkan fase *cruise* adalah fase yang dilalui pesawat udara di atas ketinggian 914 meter. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Umbu Kaleka et al., (2015) bahwa fase *Take off* merupakan fase yang menghasilkan emisi gas NO_x paling besar dibandingkan fase lainnya. Besarnya emisi NO_x pada fase *take off* dikarenakan pada fase ini dorongan (*thrust*) yang digunakan oleh pesawat udara sebesar 100% dan penggunaan bahan banyak yang lebih banyak dibandingkan fase lain (ICAO, 2010). Sedangkan Fase *landing* adalah fase yang menghasilkan emisi gas NO_x yang relative rendah dibandingkan dari fase lainnya dan membutuhkan dorongan (*thrust*) sebesar 30% (ICAO, 2010). Meskipun dorongan (*thrust*) sebesar 30% akan tetapi waktu yang dibutuhkan untuk *landing*

hanya 4 menit maka emisi yang dihasilkan juga kecil. Ketika pesawat memasuki fase *landing*, emisi yang dikeluarkan cenderung di lontarkan ke arah belakang sebelum *runway* yang dimana terdapat area permukiman.

Bandara Internasional Sultan Hasanuddin merupakan salah satu bandara internasional terbesar yang bergerak di wilayah Indonesia bagian timur, terletak di Kabupaten Maros dan berdekatan dengan kawasan permukiman warga. Berdasarkan Perda RTRW Kota Makassar 2015-2034 bahwa pengembangan kawasan permukiman juga diperuntukan di sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin. Seiring dengan berjalannya waktu, pengembangan kawasan di sekitar bandara semakin meningkat khususnya kawasan permukiman. Pengembangan kawasan permukiman di sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin tentunya memiliki dampak negatif seperti terganggunya kualitas udara yang bersumber dari emisi hasil pembakaran mesin pesawat udara ketika LTO (*Landing-Take-Off*) khususnya pada daerah permukiman yang berdekatan dengan landasan pacu. Untuk mencegah bandar udara menjadi sumber polusi dan membahayakan kesehatan masyarakat yang bekerja dan tinggal di area sekitar bandar udara, maka perlu dilakukan penelitian. (Mora, 2013a)

Pada penelitian ini parameter pencemar udara yang dipilih adalah NO_2 mengingat parameter ini empat kali jauh lebih berbahaya dibandingkan NO dan dapat menyebabkan infeksi saluran pernapasan serta dapat berdampak terhadap masyarakat yang tinggal di sekitar bandara. Berdasarkan latar belakang diatas, maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui tingkat kualitas udara berdasarkan konsentrasi polutan NO_2 yang ada pada kawasan permukiman di sekitar Bandara serta persepsi dari masyarakat yang tinggal di sekitar Kawasan bandara. Pemilihan konsentrasi NO_2 Melihat dari kondisi tersebut maka peneliti mengadakan penelitian sebagai tugas akhir dengan judul: **“Analisis Konsentrasi NO_2 dan Persepsi Masyarakat Pada Kawasan Permukiman Sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin”**.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana konsentrasi polutan NO_2 pada kawasan permukiman di sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin ?

2. Bagaimana hubungan antara jumlah pesawat dengan konsentrasi polutan NO₂ yang ada pada kawasan permukiman sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin?
3. Bagaimana persepsi masyarakat yang tinggal di sekitar Kawasan Bandara Internasional Sultan Hasanuddin terhadap kualitas udara?

1.3 Tujuan Penelitian/Perancangan

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menganalisis konsentrasi polutan NO₂ pada kawasan permukiman di sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin
2. Menganalisis hubungan antara jumlah pesawat dan konsentrasi polutan NO₂ yang pada Kawasan Permukiman di sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin terhadap kualitas udara
3. Menganalisis persepsi masyarakat yang tinggal di sekitar Kawasan Bandara Internasional Sultan Hasanuddin terhadap kualitas udara

1.4 Manfaat Penelitian/Perancangan

Adapun manfaat yang diharapkan dari adanya penelitian ini adalah :

1. Bagi Penulis
Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi dan mendapatkan gelar ST (Sarjana Teknik) di Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
2. Bagi Universitas
Dapat dijadikan sebagai bahan referensi bagi mahasiswa selanjutnya yang berada di Departemen Teknik Lingkungan dalam mengerjakan tugas kuliah, pembuatan laporan praktikum, hingga penyusunan tugas akhir.
3. Bagi Pemerintah
Dapat menjadi informasi bagi pemerintahan dalam mengembang Kawasan dan tingkat konsentrasi NO₂ di sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin
4. Bagi Masyarakat
Memberikan pengetahuan kepada masyarakat khususnya masyarakat yang tinggal pada kawasan di sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin

mengenai konsentrasi polutan NO₂ dan tingkat kualitas udara yang ada di sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin

1.5 Ruang Lingkup/Asumsi perancangan

Agar penelitian ini menjadi terarah dan terkendali, maka perlu dilakukan pembatasan terhadap variabel penelitian sebagai berikut:

1. Pengambilan lokasi sampel dilakukan pada Kawasan pemukiman di sekitar bandara internasional sultan hasanuddin sebanyak 2 titik sampel lokasi
2. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah penelitian Kuantitatif dengan melakukan pemantauan tingkat kualitas udara dengan metode manual
3. Penelitian dilakukan selama 1 hari yaitu sabtu 23 September 2023, di dua titik dengan masing-masing interval
4. Parameter pencemaran udara yang akan diukur yaitu Nitrogen Dioksida (NO₂)
5. Penyebaran kuesioner untuk mengetahui persepsi masyarakat terhadap kualitas udara di sekitar Bandara Internasional Sultan Hasanuddin.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Udara Ambien

Udara merupakan campuran gas yang terletak di bagian permukaan bumi dengan sifat fisik tidak berbau dan tidak memiliki rasa. Udara adalah salah satu jenis sumber daya alam yang memiliki beragam fungsi bagi makhluk hidup yang hanya akan dirasakan Ketika angin berhembus. Kandungan senyawa gas dan partikel yang terdapat dalam udara akan berpengaruh terhadap ketinggian dari permukaan tanah. Komponen utama udara terdiri dari udara kering, uap air, dan aerosol. Untuk kandungan udara kering adalah 78,09% nitrogen, 20,95% oksigen, 0,93% argon, 0,04% karbon dioksida, dan gas-gas lain yang terdiri dari neon, helium, metana, kripton, hidrogen, xenon, ozon, radon (Purba & Harefa, 2019) Untuk komposisi udara kering dan bersih lebih lanjut dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1 Komposisi Udara Kering dan Bersih

No.	Komposisi	Formula	% Volume	ppm
1.	Nitrogen	N ₂	78,08	780.800
2.	Oksigen	O ₂	20,85	209.500
3.	Argon	Ar	0,934	9.340
4.	Karbon Dioksida	CO ₂	0,0314	314
5.	Neon	Ne	0,00182	18
6.	Helium	He	0,000524	5
7.	Metana	CH ₄	0,0002	2
8.	Kripton	Kr	0,000114	1

Sumber : Kristanto (2004) dalam Dewata (2017)

Udara tedapat pada lapisan yang mengelilingi bumi yaitu atmosfer dengan komposisi campuran gas yang tidak selalu kosntan. Udara yang masuk ke dalam tubuh manusia mengandung berbagai maca, gas seperti oksigen, karbon dioksida, argon, nitrogen, dan uap air. Berdasarkan massanya, oksigen merupakan unsur kimia ke tiga setelah hidrogen dan helium yang paling banyak di biosfir, udara, laut, dan tanah bumi. Oksigen juga terdapat di matahari sekitar 0,9%. Selain itu oksigen mengisi sekitar 49,2% massa kerak bumi dan merupakan komponen uatama dalam

Samudra (88,8% berdasarkan massa). Gas oksigen menduduki 21,0% volume dan 23,1% massa dalam atmosfer bumi (Purba & Harefa, 2019)

Pengertian Udara ambien berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup adalah udara bebas di permukaan bumi pada lapisan troposfir yang berada di dalam wilayah yurisdiksi Republik Indonesia yang dibutuhkan dan berpengaruh terhadap kesehatan manusia, makhluk hidup, dan unsur Lingkungan Hidup lainnya.

Mutu udara adalah ukuran kondisi udara pada waktu dan tempat tertentu yang diukur dan/atau diuji berdasarkan parameter tertentu dan metode tertentu berdasarkan ketentuan peraturan perundang-undangan. Maka dari itu di perlukan perlindungan dan pengelolaan mutu udara untuk menjaga mutu udara yang sesuai dengan peraturan perundang-undangan (PP No. 22 Tahun 2021).

2.2 Pencemaran Udara

Pencemaran udara adalah masuk atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lainnya ke dalam Udara Ambien oleh kegiatan manusia sehingga melampaui Baku Mutu Udara Ambien yang telah ditetapkan (PP No. 22 Tahun 2021).

Ada sekitar 99% dari udara yang kita hirup setiap hari adalah gas nitrogen, oksigen dan gas lainnya yang dalam jumlah sangat sedikit dibandingkan nitrogen dan oksigen. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa diantara gas yang sedikit tersebut teridentifikasi sebagai gas pencemar. Pada daerah perkotaan misalnya gas pencemar berasal dari sektor transportasi, industri, asap rokok, larutan pembersih, dan lain sebagainya yang berhubungan dengan kegiatan manusia. Komponen-komponen pencemar tersebut dalam tingkatan tertentu dapat menyebabkan pencemaran udara dan akan berdampak terhadap kesehatan manusia, hewan, tumbuhan, bahkan bangunan dan bahan lainnya. Adanya kandungan bahan kimia didalam atmosfer bumi karena polusi udara dapat mengubah iklim local, regional, dan global, sehingga dapat meningkatkan jumlah radiasi sinar ultraviolet dari matahari ke permukaan bumi (Irianto, 2015)

Apabila udara yang bersih bergerak di atas permukaan bumi, udara tersebut akan membawa sejumlah bahan kimia yang dihasilkan oleh proses alamiah dan

aktivitas manusia. Di kota-kota besar pencemaran udara lebih banyak disebabkan oleh aktivitas manusia. Pembangunan fisik kota dan berdirinya pusat-pusat industri disertai dengan melonjaknya produksi kendaraan bermotor mengakibatkan peningkatan kepadatan lalu lintas dan hasil produksi sampingnya yang dapat mencemari udara perkotaan (Khamdalasari, 2018)

2.2.1 Jenis Pencemaran Udara

Bahan kimia di udara berpengaruh negatif bagi manusia, hewan, tanaman, bahan dari logam, batuan dan material lain dapat dikategorikan sebagai pencemara udara (Irianto, 2015). Banyak bahan pencemar udara yang terdapat di dalam lapisan troposfer, tetapi ada jenis bahan pencemar udara yang dianggap penting yang terbagi berdasarkan wujudnya, yaitu sebagai berikut (Dewata & Danhas, 2018).

a. Bahan Pencemar Berbentuk Gas

1) Senyawa Belerang (SO_x dan H₂S)

Senyawa sulfur oksida (SO_x) merupakan senyawa sulfur dioksida (SO₂) dan sulfur trioksida (SO₃). Senyawa sulfur dioksida mempunyai bau yang sangat menyengat, tapu tidak terbakar di udara. Sulfur trioksida merupakan senyawa yang tidak reaktif. Reaksi pembentukan senyawa ini terjadi dalam dua tahapan reaksi sebagai berikut.



Sumber pencemaran udara oleh polutan SO_x ini terutama sekali disebabkan karena industri baja, kilang minyak dan pembakaran zat-zat yang mengandung belerang seperti batu bara dan minyak bumi.

2) Senyawa Nitrogen (NO₂)

Nitrogen oksida (NO_x) terdiri dari atas gas nitrit oksida (NO) dan nitrogen dioksida (NO₂). Komponen ini sering menjadi bahan polutan bagi udara. Senyawa NO merupakan gas yang tidak berwarna dan berbau, tetapi NO₂ mempunyai warna cokelat kemerahan dan mempunyai bau yang menyegat.

Keberadaan nitrogen di udara sebanyak 80% dan 20% oksigen. Pada suhu kamar kedua unsur ini tidak bereaksi, tapi pada suhu tinggi keduanya bereaksi. Jumlah atau kadar NO di udara menjadi berfluktuasi kerana disebabkan oleh

peristiwa seperti pembakaran pada suhu tinggi (di atas 1.200°C), tersedianya oksigen dalam keadaan berlebih.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Kristanto (2004) dalam Dewata & Danhas, (2018) bahwa konsentrasi NO_x yang ada di udara perkotaan jauh lebih tinggi 10 – 100 kali dibandingkan dengan konsentrasi udara di pedesaan. Di perkotaan dapat mencapai 0,5 ppm. Hal ini diakibatkan karena pada wilayah perkotaan diakibatkan oleh jumlah penduduk yang jauh lebih banyak dibandingkan pedesaan dan aktivitas pembakaran yang sering dilakukan baik dari kendaraan bermotor maupun pembekaran sampah.

3) *Chloro Floro Carbon* (CFC)

CFC merupakan senyawa yang mengandung atom karbon dengan klorin dan fluorin. Dua CFC yang umum digunakan adalah CFC-11 (*Trichloromonofluoromethane* atau *freon* 11) dan CFC-12 (*Dichlorodifluoromethane*).

CFC merupakan zat yang tidak mudah untuk terbakar dan tidak terlalu beracun. Satu buah molekul CFC mempunyai masa hidup 50 – 100 tahun dalam atmosfer sebelum dihapuskan. Oleh karena itu, jika terjadi konsentrasi CFC yang tinggi di dalam atmosfer akan sangat sulit di hilangkan karena waktu tahannya yang cukup lama di atmosfer.

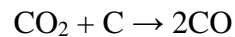
CFC banyak digunakan dalam kehidupan manusia, seperti untuk mendinginkan ruangan (AC), kulkas, bahan pelarut, bahan dorong, dan proses pembuatan plastik. Selain itu, CFC juga banyak digunakan sebagai blowing agent dalam proses pembuatan busa, sebagai cairan pembersih, bahan aktif untuk pemadam kebakaran, bahan aktif untuk fumigasi di Gudang, produk-produk pertanian dan kehutanan lainnya.

4) Karbon Monoksida (CO)

Merupakan komponen gas yang tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau, serta tidak larut dalam air. Berat karbon monoksida ialah sebesar 96,5% dari berat air. Peristiwa pencemaran udara yang disebabkan oleh karbon monoksida sebagai polutan, bersumber dari kegiatan industri. Tapi juga dimungkinkan terjadi akibat adanya kegiatan non industri (domestik).

Penyebab terjadinya pelepasan karbon monoksida (CO) ke udara ialah :

- a) Proses pembakaran bahan yang mengandung karbon secara tidak sempurna
- b) Reaksi kimia antara CO₂ (karbon dioksida) dengan bahan yang lain mengandung karbon pada suhu yang tinggi, dengan reaksi sebagai berikut.



Pada suhu yang tinggi maka CO₂ akan diuraikan menjadi CO dan 1 atom C

5) Hidro Karbon (HC)

Senyawa hidro karbon pada suhu kamar bisa berada di alam dengan wujud gas, cair, dan padat. Sifat fisik masing-masing ditentukan oleh struktur molekulnya. Hidro karbon yang mempunyai 1-4 atom karbon pada suhu kamar akan berbentuk gas, akan tetapi hidro karbon yang memiliki atom lebih dari 5 akan berbentuk padat atau cair.

Metana adalah salah satu hidro karbon di alam. Berbeda dengan ozon, ozon bukanlah hidro karbon. Ozon (O₃) adalah naiknya konsentrasi O₃ di atmosfer sebagai akibat langsung dari reaksi hidro karbon yang terjadi di atmosfer.

Dampak dari bahan pencemar berbentuk gas ini adalah :

- a) Kadar CO₂ yang terlalu tinggi di udara dapat menyebabkan suhu udara di permukaan bumi meningkat dan dapat mengganggu sistem pernapasan.
- b) Kadar gas CO₂ lebih dari 100 ppm di dalam darah dapat merusak sistem saraf dan dapat menimbulkan kematian.
- c) Gas SO₂ dan H₂S dapat bergabung dengan partikel air dan menyebabkan hujan asam.
- d) Keracunan NO₂ dapat menyebabkan gangguan sistem pernapasan, kelumpuhan, dan kematian.
- e) CFC dapat menyebabkan rusaknya lapisan ozon.

b. Bahan Pencemar Berbentuk Partikel Cair

- 1) Titik air atau kabut
- 2) Kabut yang mengandung partikel cair.

Dampak dari bahan pencemar ini adalah sesak napas dan jika terhirup akan memenuhi rongga paru-paru pada makhluk hidup. Dampak ini bisa terjadi saat itu

juga atau beberapa waktu kemudian. Walaupun bentuknya partikel cair, akan tetapi mengandung unsur kimia yang sudah disajikan di atas.

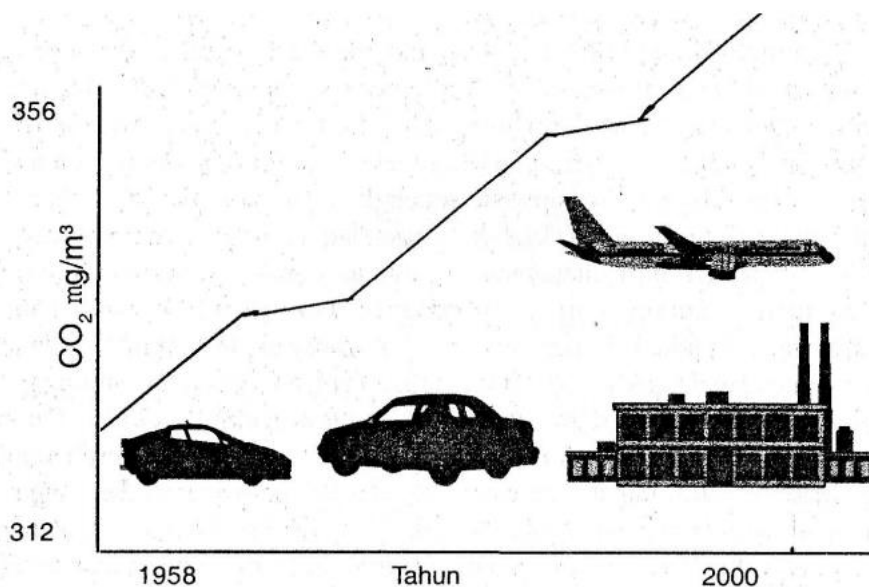
c. **Bahan Pencemar Berbentuk Partikel Padat**

- 1) Partikel dalam bentuk padat dapat berupa debu atau abu yang berasal dari bahan bakar kendaraan yang bercampur dengan timbal (Pb). Biasanya bahan bakar kendaraan. Tujuan timbal dicampur adalah untuk mempercepat proses pembakaran agar mesin dapat berjalan dengan baik.
- 2) Partikel kecil yang berterbangan di udara disebabkan adanya pembakaran bahan-bahan anorganik oleh manusia, baik secara domestik maupun industri. Secara umum penyebab utamanya dari sektor industri. Dampak dari pencemaran udara dari partikel adalah gangguan Kesehatan seperti sesak napas.

2.2.2 Sumber Pencemaran Udara

Hampir semua emisi bahan pencemar yang diperoleh dari proses alamiah selalu tersebar ke seluruh permukaan bumi sehingga dapat menyebabkan kerusakan. Pencemaran dari sulfur oksida dan partikel debu dari gunung berapi yang meletus ke dalam atmosfer dapat menyebabkan kerusakan lingkungan alam dan sekitarnya. Pencemaran udara yang telah terjadi sejak dimulainya revolusi industri telah banyak dilaporkan dari tahun ketahun jenis dan jumlah dari bahan pencemar terus mengalami peningkatan. Beberapa dari bahan pencemar yang menyebabkan polusi udara telah banyak dilaporkan terutama di negara industri seperti Amerika dan Jepang. Jenis bahan pencemar yang sering di temukan ialah karbon monoksida (CO), nitrogen dioksida (NO₂), sulfur dioksida (SO₂), komponen organik terutama hidrokarbon, dan

suspense partikel. Di samping itu jenis polutan lain yang cukup berbahaya ialah ozon (O_3) dan timbah (Pb) (Irianto,2015)



Sumber : Irianto (2015)

Gambar 1 Sumber Pencemaran Udara

2.3 Nitrogen Dioksida (NO_2)

2.3.1 Pengertian NO_2

Gas nitrogen oksida (NO_x) di udara dapat berupa N_2O , NO_3 , N_2O_3 , N_2O_4 , N_2O_5 , NO dan NO_2 . Tetapi NO dan NO_2 jauh lebih banyak dibandingkan senyawa yang lain. NO akan teroksidasi cepat pada suhu ruangan menjadi NO_2 . Selama pembakaran, NO_x yang terbentuk terdiri dari NO dan NO_2 dimana NO_2 kurang dari 10% dan sisanya NO , sedangkan pada suhu ruang akan berubah semua menjadi NO_2 . Kedua macam gas tersebut mempunyai sifat yang sangat berbeda dan keduanya sangat berbahaya bagi kesehatan. Nitrogen Monoksida (NO) terdapat di udara dalam jumlah yang lebih besar daripada NO_2 . Meski demikian, NO_2 lebih bersifat toksik empat kali lipat dibanding gas NO . Gas NO yang mencemari udara secara visual sulit diamati karena gas tersebut tidak berwarna dan tidak berbau. Sedangkan gas NO_2 bila mencemari udara mudah diamati dari baunya yang sangat menyengat dan warnanya coklat kemerahan (Maharany, 2020).

Nitrogen Dioksida (NO_2) juga merupakan katalisator pembentuk polutan sekunder berupa ozon. Menurut Arif (2010) dalam (Makbul, 2020) menyatakan

bahwa salah satu reaksi pelepasan atom oksigen tunggal dari gas nitrogen dioksida (NO_2). Nantinya atom oksigen tunggal ini akan bereaksi dengan oksigen (O_2) menghasilkan (O_3). Pada udara ambient ozon merupakan zat pengoksidasi yang kuat dan dapat merusak tanaman, gedung, serta kesehatan. Berbeda dengan ozon yang berada di lapisan troposfer merupakan gas pencemar beracun yang berdampak buruk bagi makhluk hidup.

Kadar NO_2 di udara dalam suatu kota bervariasi sepanjang hari tergantung dari intensitas sinar matahari dan aktivitas yang dapat menimbulkan polusi. Perubahan kadar NO_2 berlangsung sebelum matahari terbit, kadar NO dan NO_2 tetap stabil dengan kadar yang sedikit lebih tinggi dari kadar minimum sehari-hari. Setelah aktivitas manusia meningkat (jam 6-8 pagi) kadar NO juga ikut meningkat terutama karena peningkatan aktivitas lalu lintas di jalan raya. Kadar NO_2 tertinggi untuk saat ini mencapai 1-2 ppm. Dengan terbitnya sinar matahari yang mengeluarkan sinar ultraviolet kadar NO_2 pada saat ini dapat mencapai 0,5 ppm. Kadar ozon akan meningkat dengan menurunnya kadar NO sampai 0,1 ppm. Apabila intensitas sinar matahari menurun pada sore hari (jama 5-8 malam) kadar NO meningkat kembali. Energi matahari tidak mengubah NO menjadi NO_2 (melalui reaksi hidrokarbon) tetapi O_3 yang terkumpul sepanjang hari akan bereaksi dengan NO , sehingga akan terjadi kenaikan kadar NO_2 dan penurunan kadar O_3 . Hasil akhir dari pencemaran NO_x di udara dapat berupa asam nitrat, yang kemudian diendapkan sebagai garam, garam nitrat yang terdapat dalam air hujan ataupun debu (Kamal, 2015).

2.3.2 Sumber NO_2

NO_2 terbentuk ketika nitrogen oksida (NO) dan (NO_x) bereaksi dengan bahan kimia lain di udara untuk membentuk nitrogen dioksida. Sumber utama nitrogen dioksida yang dihasilkan dari aktivitas manusia adalah pembakaran bahan bakar fosil (batubara, gas dan minyak). Pada pesawat udara bahan bakar yang digunakan berupa avtur yang mengandung unsur karbon (Q) juga mengandung unsur nitrogen (N). hal ini dikarenakan nitrogen menduduki persentase terbesar dalam susunan kimia atmosfer yaitu sebesar 78% sehingga dalam bahan bakar juga terdapat unsur nitrogen NO_x yang diemisikan pada ketinggian 9 km sampai 13 km akan mengganggu

keseimbangan panas sistem atmosfer-bumi. Pembakaran (oksidasi) bahan bakar fosil juga nantinya akan menghasilkan NO_x

2.3.3 Dampak NO₂

Menurut William (2017) dalam Makbul (2020), menyatakan bahwa Nitrogen Dioksida juga berkontribusi dalam pembentukan Partikel Halus yang mudah mengendap dalam paru-paru dan menjadi penyebab penyakit dengan beban tertinggi di dunia. Dalam penelitiannya diketahui bahwa PM 2,5 yang terbentuk dari prekursor NO₂ bervariasi dari sekitar 4% hingga 37% prekursor NO₂ ini akan berubah menjadi nitrat partikulat. Walaupun bukan sebuah nilai yang konstan atau vaktor konversi karena banyak faktor lingkungan yang bertanggung jawab atas kondisi pembentukan PM 2,5 dari senyawa ini, studi menunjukkan bahwa sumber emisi on-road berkontribusi antara 26% dan 45% dari semua NO₂ (Makbul, 2020)

Menurut Marpaung & Yosi Marin (2012) dalam Handoko, (2020) dijelaskan bahwa gas NO₂ dapat menyebabkan iritasi pada hidung dan tenggorokan manusia terutama pada orang yang mengidap penyakit asma dan rentan terhadap infeksi pernapasan. Ozon yang terbentuk Ketika gas NO₂ dan gas lain mulai bereaksi melalui bantuan sinar matahari dapat mengakibatkan hal-hal berikut :

- a) Mengiritasi sistem pernapasan dan menyebabkan batuk, iritasi tenggorokan dan sensasi tidak nyaman di dada.
- b) Mengurangi fungsi paru-paru, menyebabkan pernapasan yang lebih cepat dan pendek sehingga dapat membatasi kemampuan seseorang untuk aktif beraktivitas.
- c) Meningkatkan kepekaan terhadap alergen seperti bulu hewan peliharaan, serbuk sari dan tungau debu yang sering memicu serangan asma.
- d) Meradangkan lapisan paru-paru. Tetapi penelitian menunjukkan bahwa peradangan berulang selama jangka waktu yang lama dapat menyebabkan jaringan parut permanen dan menghilangkan fungsi paru-paru.

Data lengkap mengenai dampak dari NO₂ secara langsung terhadap kesehatan manusia belum dapat diketahui secara langsung, namun melalui studi menggunakan binatang percobaan didapatkan. Radang saluran pernafasan dapat terjadi setelah mengalami paparan sebesar 100 µg/m³. Untuk paparan dari NO₂ antara 250 µg/m³

dan $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dapat menyebabkan gangguan fungsi saluran pernafasan pada penderita asma dan orang sehat. (Tugaswati, 2004 dalam Hidayat, 2017)

Selain menyebabkan gangguan fisiologis berupa gangguan pernapasan. Gangguan fisiologis tersebut tentunya akan membawa dampak lain seperti gangguan psikologis sebagai berikut :

- a) Tidak Nyaman, gangguan pernapasan yang disebabkan oleh polusi udara berupa NO_2 tentunya memberikan rasa tidak nyaman bagi si penderita yang mengalami gangguan pernapasan (Zundel et al., 2022)
- b) Mudah emosi dan cemas, Orang yang menghirup udara yang tercemar mengalami perubahan di bagian otak yang mengendalikan emosi, dan akibatnya, mereka lebih mungkin mengalami kecemasan dan depresi dibandingkan mereka yang menghirup udara yang lebih bersih. (Zundel et al., 2022)
- c) Kurang Produktif. Gangguan Kesehatan yang disebabkan oleh pencemaran udara dengan sendirinya mempengaruhi daya kerja seseorang, yang berakibat turunnya nilai produktivitas serta mengakibatkan kerugian ekonomis pada jangka Panjang dan timbulnya permasalahan sosial ekonomi keluarga dan Masyarakat (Budiyono, 2001).

2.3.4 Baku Mutu NO_2

Baku mutu udara ambien diatur dalam Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup pada Lampiran VII. Baku Mutu Udara Ambien adalah nilai Pencemar Udara yang ditenggang keberadaannya dalam Udara Ambien. Ketika kadar udara melewati ambang batas yang sudah di tetapkan, maka akan terjadi pencemaran udara. Dalam pengujian NO_2 metode *Griess-Saltzman* menggunakan spektrofotometer dengan waktu pengukuran selama 1 jam ditetapkan bahwa baku mutu untuk parameter NO_2 adalah $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Adapun untuk waktu pengukuran selama 24 jam adalah $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan pengukuran dalam waktu 1 tahun adalah $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Satuan baku mutu adalah $\mu\text{g}/\text{m}^3$, jika hasil pengukuran di lapangan memiliki satuan ppm, maka perlu dikonversi ke satuan $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Berikut persamaan 1 untuk mengkonversi nilai satuan ppm ke $\mu\text{g}/\text{m}^3$

$$\mu g / Nm^3 = ppm \times 1000 \times \left(\frac{P \times M}{R \times T} \right) \quad (1)$$

Dimana :

P = tekanan udara (1 atm)

M = berat molekul/senyawa

R = konstanta gas universal (0,0821)

T = temperature absolut ($^{\circ}K$)

2.3.5 Perhitungan NO_2

Berdasarkan SNI 7119.2-2017 dijelaskan bahwa untuk menghitung jumlah NO_2 (μg) dalam 1 ml larutan standar yang digunakan, dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$NO_2 = \frac{a}{100} \times \frac{46}{69} \times \frac{1}{l} \times \frac{10}{1000} \times 10^6 \quad (2)$$

Dimana :

NO_2 = jumlah NO_2 dalam larutan standar $NaNO_2$ ($\mu g/ml$)

a = berat $NaNO_2$ yang ditimbang (g)

46/69 = berat molekul $NaNO_2$

l = faktor yang menunjukkan jumlah mol $NaNO_2$ (nilai f = 0,82)

$\frac{10}{100}$ = faktor pengenceran dari larutan induk $NaNO_2$

10^6 = konversi gram ke μg

$$V = \frac{\sum_{i=1}^n Qi}{n} \times t \times \frac{pa}{ta} \times \frac{298}{760} \quad (3)$$

Dimana :

V = volume udara yang diambil dan dikonversi pada kondisi normal $25^{\circ}C$ 760 mmHg (Nm^3)

Qi = pencacatan laju alir ke-I ($Nm^3/menit$)

n = jumlah catatan laju alir

t = durasi pengambilan contoh uji (menit)

Pa = Tekanan barometer rata-rata selama pengambilan contoh uji (mmHg)

Ta = temperature rata-rata selama pengambilan contoh uji dalam kelvin (K)

298 = konversi temperature pada kondisi normal (25°C) ke dalam kelvin (K)

760 = tekanan udara standar (mmHg)

Sedangkan untuk menghitung total konsententrasi NO₂ yang terdapat di dalam udara ambien dapat menggunakan persamaan 4 berikut.

$$C = \frac{b}{v} \times \frac{10}{25} \times 1000 \quad (4)$$

Dimana :

C = konsentrasi NO₂ di udara (µg/m³)

b = adalah jumlah NO₂ dari contoh uji hasil perhitungan dari kurva kalibrasi (µg)

v = volume udara yang dihisap dikoreksi pada kondisi normal 25°C 760 mmHg (Nm³)

10/25 = vaktor pengenceran

1000 = konversi dari liter ke m³

2.4 Karakteristik Individu yang Mempengaruhi adanya Keluhan Gangguan Pernapasan

Karakteristik Individu merupakan faktor yang dapat mempengaruhi adanya keluhan gangguan pernapasan pada manusia. Berikut adalah faktor-faktor yang dapat mempengaruhi gangguan pernapasan.

2.4.1 Usia

Menurut Rosbinawati (2002), ada hubungan yang signifikan secara statistik antara umur dan gejala gangguan pernapasan. Hal ini terjadi karena adanya hubungan antara faktor umur dan kemungkinan terpapar terhadap sumber infeksi, tingkat kekebalan tubuh, dan aktivitas fisiologis berbagai jaringan yang memengaruhi perjalanan penyakit (Fitriana, 2019)

Dengan bertambahnya usia, kerentanan terhadap paparan semakin meningkat, fungsi organ tubuh semakin menurun, sistem kekebalan tubuh semakin lemah, dan kapasitas vital paru-paru semakin menurun. Akibatnya, seseorang menjadi lebih rentan terhadap paparan polutan, yang dapat menyebabkan gangguan pernapasan (Wahyuni & Kurniawati, 2021).

2.4.2 Lama Paparan

Lama Paparan berdasarkan lama bekerja dan beraktivitas di sekitar bandara dengan lama 8 jam sehari dan 40 jam seminggu. Semakin tinggi konsentrasi partikel dalam udara dan semakin lama paparan berlangsung, jumlah partikel yang mengendap di paru juga semakin banyak. Salah satu upaya pencegahan tersebut adalah menetapkan waktu bekerja sehari-hari yaitu selama tidak lebih dari 8 jam per hari atau 40 jam perminggu (UU ketenagakerjaan nomor 13 tahun 2003). Lama paparan lebih dari 8 jam (> 8 jam) perhari mempunyai resiko kemungkinan terkena gangguan fungsi paru-paru sebesar 2,2 kali dibandingkan dengan responden dengan lama paparan kurang dari 8 jam perhari (Triatmo et al, 2006 dalam Ahadiansyah, 2017)

2.4.3 Lama Pajanan

Seberapa parah gangguan pernapasan yang diderita seseorang dipengaruhi oleh seberapa lama polutan berada di udara ambien. Menurut Kusnoputranto (2000), menjelaskan durasi dan frekuensi pemajanan tunggal atau berulang akan menghasilkan efek pemajanan akut maupun kronis. Dengan demikian, berapa lama seseorang mendapatkan pemajanan dan seberapa kerap pemajanan mengenai subjek dampaknya akan semakin berbeda (Riani, 2017).

2.4.4 Penggunaan APD

Alat Pelindung Diri (APD) merupakan alat yang digunakan untuk melindungi diri dari bahaya atau kecelakaan yang dapat terjadi selama melakukan pekerjaan atau aktivitas. Salah satu alat pelindung diri yang sering digunakan untuk mencegah masuknya polusi udara ke dalam saluran pernapasan adalah masker. Menurut (Fitriana, 2019) Adapun aspek-aspek yang mempengaruhi paparan pulatan adalah sebagai berikut :

- a) Suhu dan tekanan udara

Tekanan udara berubah karena suhu udara berubah, yang berdampak pada arah dan kecepatan angin di suatu area. Angin akan mengalir ke daerah bertekanan rendah dari daerah bertekanan tinggi (Qipra, 2007 dalam Fitriana, 2019)

b) Arah dan kecepatan angin

Angin menentukan arah dan seberapa jauh polutan akan menyebar. Polutan dapat mencapai objek penerima dampak dari jarak yang relatif jauh karena angin bertiup dari berbagai arah, sehingga tidak ada tempat di sekitar sumber emisi yang terbebas dari penyebaran polutan (Qipra, 2007 dalam Fitriana, 2019)

c) Kelembapan

Ketika kelembapan tinggi, kadar uap air di udara dapat bereaksi dengan polutan udara, meningkatkan atau mengurangi konsentrasi polutan (Rachmawati, 2013 dalam Fitriana, 2019).

2.5 Sumber Emisi di Bandar Udara

Bandar udara merupakan simpul dalam jaringan transportasi udara sesuai dengan hirarki fungsinya yaitu bandar udara pusat penyebaran dan bukan pusat penyebar. Tingginya aktivitas di bandara tentunya akan menghasilkan emisi. Adapun sumber-sumber emisi yang terdapat di bandara di kelompokkan ke dalam empat kategori yaitu (Mora, 2013) :

2.6.1 Emisi Pesawat Udara

Kategori emisi pesawat udara dapat dibagi menjadi dua yaitu mesin utama pesawat udara yang memberikan gaya dorong terhadap pesawat udara dan *Auxiliary Power Units* (APUs) yang memberikan sumber tenaga listrik dan pneumatic pada pesawat udara selama pengoperasian di darat.

2.6.2 Emisi Aircraft Handling

Emisi *aircraft handling*, dapat dikategorikan sebagai berikut:

1. *Ground Support Equipment* (GSE) yang berfungsi untuk mengendalikan pesawat udara pada saat turnaround di parking stand: *ground power unit, air climate unit, aircraft tugs, conveyer belts, passenger stairs, forklifts, tractors, cargo loaders*, dll;
2. *Airside traffic*. Lalu lintas kendaraan yang melayani di dalam perimeter bandar udara, seperti *sweepers, trucks catering, fuel, sewage*;

3. *Aircraft refuelling*. Penguapan yang berasal dari tangki bahan bakar pesawat udara dan dari truk bahan bakar atau sistem pipa selama operasi pengisian bahan bakar
4. *Aircraft de-icing*. Pemberikab de-icing dan anti-acing kepada pesawat udara selama musim dingin.

2.6.3 Infrastructure Or Stationary Related Sources

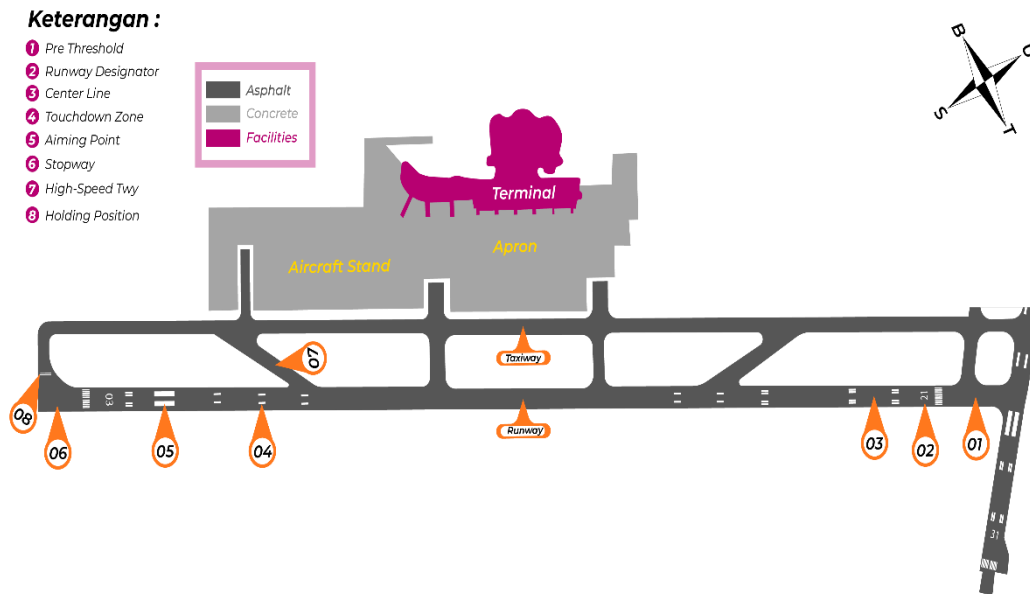
infrastructure or stationary related sources, terdiri dari:

1. *Power/heat generating plant*. Fasilitas yang menghasilkan energi dari infrastuktur bandar udara;
2. *Emergency power generator. Diesel generators for emergency operations (e.g. for buildings or for runway lights)*;
3. Perawatan pesawat udara. Semua aktifitas dan fasilitas untuk perawatan pesawat udara, seperti pembersihan, pengecata, tes mesin, dll.;
4. Perawatan bandar udara. Srmua aktifitas untuk perawatan fasilitas bandar udara (*cleaning agents, building maintenance, repairs, greenland maintenance*) and *machinery (vehicle maintenance, paint shop)*;
5. *Fuel. Storage, distribution and handling of fuel in fuel farms and vehicle fuel stations*;
6. Aktifitas kontruksi. Semua aktifitas kontruksi yang terkait dengan pengoperasian dan pengembangan bandar udara;
7. Pelatihan pemadam kebakaran. Aktifitas pemadaman kebakaran dengan menggunakan beberapa jenis bahan bakar yang berbeda;
8. *Surface de-icing. Emissions of deicing and anti-icing substances applied to aircraft moving areas and service and access roads*.

2.6.4 Kendaraan Oprasional Bandara

operasional bandar udara seperti sepeda motor, mobil, truk yang terkait dengan bandar udara pada *access roads, curbsides, drive-ups, and on- or off-site parking lots (including engine turn-off, startup and fuel tank evaporative emissions)*.

Adapun gambaran bandara internasional Sultan Hasanuddin dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 2 Sketsa Bandara Internasional Sultan Hasanuddin

2.6 Fase Penerbangan

Fase terbang (*phase of flight*) adalah tahapan terbang dari suatu pesawat udara dari tinggal landas sampai pada pendaratan berikutnya, tetapi tidak termasuk pendaratan teknis (*technical landing*). Fase terbang terdiri atas *taxi*, *take off*, *climb*, *cruise*, *descent*, *approach* dan *landing* (ICAO, 2006 dalam Saputra et al., 2016).

Adapun penjelasan mengenai fase penerbangan adalah sebagai berikut.

1. Fase *Taxi*

Fase *taxi-in* ini dapat dibagi menjadi 2 (dua) bagian yaitu *taxi-in* dan *taxi-out*. *Taxi-in* adalah fase ketika pesawat udara menuju gate di bandar udara tujuan setelah melakukan pendaratan, sedangkan *taxi-out* adalah ketika pesawat udara keluar dari gate bandar udara asal untuk lepas landas. Fase yang memberikan kontribusi yang cukup signifikan terhadap konsumsi bahan bakar pesawat udara ketika terjadi *ground delay* adalah fase *taxi-out* karena waktu yang dibutuhkan pesawat udara untuk *taxi-out* menjadi lebih lama dari yang seharusnya (Mora & Susanti, 2020).

Waktu untuk *taxi-out* (*taxi-out time*) dapat didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan pesawat udara mulai dari *pushback* dari *gate* sampai dengan lepas landas dari landas pacu dan menggambarkan jumlah waktu yang dihabiskan oleh pesawat udara di Bandar udara dalam keadaan mesin menyala. Dengan demikian

konsumsi bahan bakar pada proses keberangkatan terkait erat dengan waktu untuk *taxi-out* (Mora & Susanti, 2020)

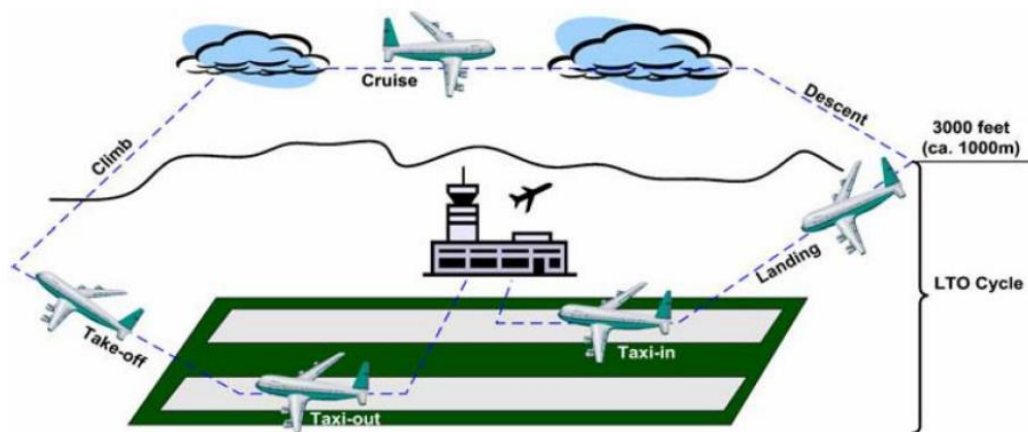
2. Fase *Take Off*

Fase *takeoff* dijelaskan melalui 2 (dua) fase, yaitu di darat dan di udara. Fase di darat dimulai saat *brake release* (rem dilepaskan) dan tenaga penuh (*full power*) diikuti gerak rotasi dan kemudian ada indikasi bahwa pesawat udara mulai mengudara (*airborne*). Fase *takeoff* di udara, yaitu mulai saat pesawat udara meninggalkan landasan pacu (*liftoff*) sampai mencapai ketinggian terbang 50.0 feet, dimana pesawat udara dalam keadaan stabil dan sudut penanjakan yang konstan. Fase mengudara ditandai dengan keadaan transisi dan keadaan *steady* menaik sampai ke ketinggian 50.0 feet (Syamsuar, 2015)

3. Fase *Landing*

Fase *landing*, juga mempunyai 2 (dua) fase yaitu fase saat di udara yang dimulai dari ketinggian 50.0 feet sampai pesawat udara *touchdown* di landasan pacu sebagai final *approach* dan fase di darat yaitu saat *touchdown* di landasan pacu sampai dengan berhenti penuh di ujung landasan pacu (Syamsuar, 2015).

Berikut adalah gambar fase penerbangan pesawat udara yang dapat dilihat pada gambar Gambar 3



Sumber : Pejovic et al, (2008) dalam (Mora & Susanti, 2020)

Gambar 3 Fase Penerbangan Pesawat Udara

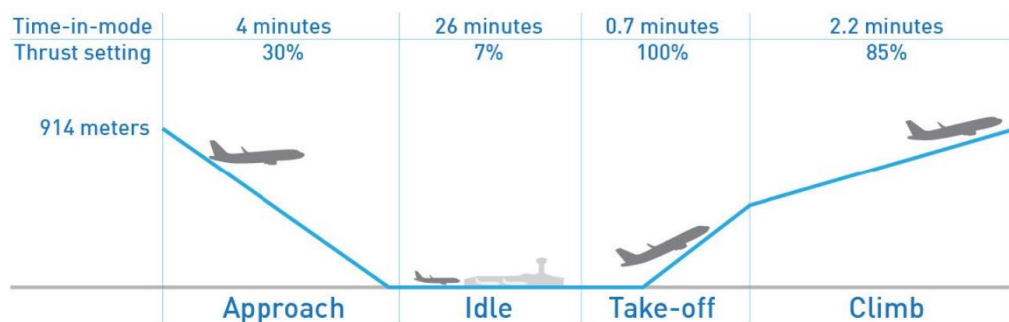
Untuk kepentingan pengukuran emis, ICAO telah menetapkan standarisasi terkait lama suatu modus dan seberapa besar dorongan (*thrust*) yang digunakan pesawat dapat di lihat pada Tabel 2 dan diperjelas pada Gambar 4. penetapan standar

ini hanya untuk mempermudah pengukuran emisi pesawat. Dalam dokumen *Air Traffic Activities* dari EEA dijelaskan sebagian besar konsumsi bahan bakar terjadi pada ketinggian di atas 1.000 m, dan oleh karena itu emisi yang dihasilkanpun Sebagian besar terjadi pada saat pesawat melakukan mode jelajah dan bukan pada LTO. Pencemaran saat LTO, di lain pihak telah menjadi dasar pembatasan emisi pesawat, hal ini dikarenakan pencemaran pada saat LTO dapat mempengaruhi udara lokal baik secara langsung dan berpengaruh pada manusia didalamnya. Persentase pencemarannya terhadap total pencemaran di udara lokasi bervariasi, 10% pada udara perkotaan sampai 50% pada udara pedesaan. (ICAO Environmental Report, 2010 dalam Ombasta, 2012).

Tabel 2 *Time-In-Mode* Pesawat

Mode Operasi	Thrust Setting	Time-in-mode (menit)
Take-off	100%	0,7
Climb-out	85%	2,2
Approach-landing	30%	4
Taxi/ground idle	7%	26

Sumber : ICAO Environmental Report 2022



Sumber : ICAO Environmental Report 2022

Gambar 4 Besaran *Thrust* dan *Time-In-Mode* Pesawat

2.7 Emisi Pesawat Terbang Komersial

Emisi yang berasal dari pesawat terbang berasal dari proses pembakaran mesin jet yang terdapat pada pesawat. Umumnya pesawat terbang mengeluarkan emisi yang terdiri dari 70% CO₂, dan sisa 30% kurang terdiri dari H₂O dan kurang dari 1% terdiri dari NO_x, CO, SO₂. Emisi yang dihasilkan dari proses pembakaran turbin mesin pesawat pada saat terbang maupun pada saat siaga. Emisi dari pesawat juga didasarkan

dari tipe pesawat itu sendiri dan juga jenis bahan bakar yang digunakan. Penyebaran emisi dapat dibagi berdasarkan tahapan terbang dari pesawat tersebut, secara garis besar tahapan penerbangan pesawat terdiri atas dua yaitu *Fase Landing* dan *Fase Take Off* (LTO). LTO adalah tahapan saat pesawat dalam posisi untuk lepas landas dan mendarat menuju bandara yang sama yang dijadikan suatu siklus dan tahapan yang kedua saat pesawat mengudara pada ketinggian (*cruise*). Emisi yang keluar pada saat LTO hanya 10% selebihnya terbang pada saat *cruise*. (IPCC, 2006)

Setiap fase penerbangan menghasilkan emisi gas buang, mulai dari lepas landas (*take-off*), *taxi-out*, menanjak (*climbing*), terbang jelajah (*cruise*), menurun (*descent*), dan mendarat (*landing*). Karbon dioksida (CO₂), uap air (H₂O), ozon (O₃), nitrogen oksida (NO_x), dan metana adalah beberapa contoh gas buang yang dihasilkan oleh pembakaran mesin pesawat udara. Selain itu, pesawat udara menghasilkan sulfur oksida (SO_x), karbon monoksida (CO), dan jelaga. (Norton, 2014). Waktu *taxi-out* adalah periode dimulainya pesawat udara dari *pushback* di gerbang hingga sesaat setelah lepas landas (*wheel-off*). Semakin lama waktu *taxi-out*, semakin meningkat pula emisi yang dihasilkan oleh pesawat udara, karena mesin pesawat tetap beroperasi selama proses tersebut (Mora & Susanti, 2020)

Pada saat terbang jelajah (*cruise*), emisi gas buang pesawat udara dapat berdampak pada radiasi dan penipisan ozon. Polutan seperti karbon dioksida memiliki efek langsung pada pemanasan atmosfer. Sebaliknya, NO_x menyebabkan ozon pada ketinggian rendah (kurang dari 15 km). Pada ketinggian lebih dari 15 km, ozon mengurangi pemanasan global, tetapi pada ketinggian rendah, ozon meningkatkan pemanasan global. Pesawat jet komersial biasanya terbang pada ketinggian 12 km. (Barrett, 2004)

Emisi yang dilepaskan oleh pesawat udara seperti CO dan NO_x akan berdampak pada kualitas udara lokal di bandara. Keberadaan polutan CO dan NO_x di udara berperan dalam pembentukan senyawa beracun, yakni ozon troposfer, yang dapat merugikan kualitas udara. Selain itu, keberadaan NO_x dalam udara menjadi elemen utama dalam terbentuknya kabut asap dan hujan asam, yang dapat memperburuk kondisi pernapasan bagi penderita asma. Selanjutnya, jika konsentrasi karbon monoksida (CO) melebihi ambang batas, dapat menyebabkan keracunan dan bahkan kematian. (Mora & Susanti, 2020).

Faktor emisi dari pesawat terbang sendiri masuk didalam sektor energi yang berada dalam kategori transportasi dan sudah ada faktor emisi yang berasal dari IPCC yang dapat dijadikan dasar dalam perhitungan emisi berikut ini adalah daftar tabel dari IPCC yang menunjukkan faktor emisi dari jenis jenis pesawat yang umum digunakan dalam penerbangan komersil. Adapun faktor emisi yang dihasilkan dari pesawat untuk tiap-tiap jenis pesawat, dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3 Faktor Emisi Pesawat Terbang

Jenis Pesawat	Faktor emisi pada saat Landing Take- Off (kg/LTO)					Konsumsi bahan bakar saat LTO
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	
A300	5450	0,12	0,2	25,85	14,8	1720
A310	4760	0,63	0,2	19,46	28,3	1510
A319	2310	0,06	0,1	8,73	6,35	730
A320	2440	0,06	0,1	9,01	6,19	770
A321	3020	0,14	0,1	16,72	7,55	960
A330-200/300	7050	0,13	0,2	35,57	16,2	2230
A340-200	5890	0,42	0,2	28,31	26,19	1860
A340-300	6380	0,39	0,2	34,81	25,23	2020
A340-500/600	10660	0,01	0,3	64,45	15,31	3370
707	5890	9,75	0,2	10,96	92,37	1860
717	2140	0,01	0,1	6,68	6,78	680
727-100	3970	0,69	0,1	9,23	24,44	1260
727-200	4610	0,81	0,1	11,97	27,16	1460
737-100/200	2740	0,45	0,1	6,74	16,04	870
737-300/400/500	2280	0,08	0,1	7,19	13,03	780
737-600	2280	0,1	0,1	7,66	8,65	720
737-700	2460	0,09	0,1	9,12	8	780
737-800/900	2780	0,07	0,1	12,3	7,07	880
747-100	10140	4,84	0,3	49,17	114,59	3210
747-200	11370	1,82	0,4	49,52	79,78	3600
747-300	11080	0,27	0,4	65	17,84	3510
747-400	10240	0,22	0,3	42,88	26,72	3240
757-200	4320	0,02	0,1	23,43	8,08	1370
757-300	4630	0,01	0,1	17,85	11,62	1460
767-200	4620	0,33	0,1	23,76	14,8	1460
767-300	5610	0,12	0,2	28,19	14,47	1780
767-400	5520	0,12	0,2	24,8	12,37	1750

Jenis Pesawat	Faktor emisi pada saat Landing Take- Off (kg/LTO)					Konsumsi bahan bakar saat LTO
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	
777-200/300	8100	0,07	0,3	52,81	12,76	2560
DC-10	7290	0,24	0,2	35,65	20,59	2310
DC-8-50/60/70	5360	0,15	0,2	15,62	26,31	1700
DC-9	2650	0,46	0,1	6,16	16,29	840
L-1011	7300	7,4	0,2	31,64	103,33	2310
MD-11	7290	0,24	0,2	35,65	20,59	2310
MD-80	3180	0,19	0,1	11,97	6,46	1010
MD-90	2760	0,01	0,1	10,76	5,53	870
TU-134	2930	1,8	0,1	8,68	27,98	930
TU-154-M	5960	1,32	0,2	12	82,88	1890
TU-154-B	7030	11,9	0,2	14,33	143,05	2230
RJ-RJ85	1910	0,13	0,1	4,34	11,21	600
BAE 146	1800	0,14	0,1	4,07	11,18	570
CRJ 100ER	1060	0,06	0,03	2,27	6,7	330
ERJ-145	990	0,06	0,03	2,69	6,18	310
Fokker 100/70/28	2390	0,14	0,1	5,75	13,84	760
BAC111	2520	0,15	0,1	7,4	13,07	800
Dornier 328 Jet	870	0,06	0,03	2,99	5,35	280
Gulfstream IV	2160	0,14	0,1	5,63	8,88	680
Gulfstream V	1890	0,03	0,1	5,58	8,42	600
Yak-42M	2880	0,25	0,1	10,66	10,22	910
Cessna 525/560	1070	0,33	0,03	0,74	34,07	340
Beech King Air	230	0,06	0,01	0,3	2,97	70
DHC8-100	640	0	0,02	15`	2,24	200
ATR72-500	620	0,03	0,02	1,82	2,33	200

Sumber : IPCC, 2006 Chapter 3

2.8 Jenis Pesawat Komersial

Mayoritas pesawat komersial yang menudara saat ini bersal dari 2 produsen besar, yaitu Boeing dan Airbuss SAS. Adapun jenis-jenis pesawat yang sering melakukan aktivitas di Bandara Internsional Sultan Hasanuddin adalah sebagai berikut.

2.7.1 Boeing 737

Boeing adalah sebuah Perusahaan aeroangkasa yang didirikan pada tahun 1916 dan berkolaborasi di Seattle, Washington, AS. Selama perjalanan perusahaannya, boeing telah melakukan merger dan akuisisi sejumlah Perusahaan aeroangkasa lainnya, yaitu North American Aviation, MCDonnell Douglas, Rockwell International, Hughes Space & Communication, dan Jeppesen.

Boeing 737 adalah satu-satunya jenis keluarga pesawat selaras-tunggal yang diproduksi oleh Boeing dan juga pesawat paling diminati serta telah dipesan sekitar 6.000 unit. Pesawat ini memiliki 2 mesin dan ditujukan untuk penerbangan jarak pendek-menengah. Berikut adalah jenis mesin yang di pakai berdasarkan tipe Boeing 737 yang dalah dilihat pada Tabel 4 dibawah ini.

Tabel 4 Jenis Pesawat Boeing 737

Tipe Boeing	Mesin	Produsen Mesin
737-100 & 200	JT8D-7	Pratt & Whitney
	JT8D-9	
	JT8D-5	
	JT8D-17	
	JT8D-17R	
	JT8D-9A	
	JT8D-15A	
	JT8D-17A	
	JT8D-17AR	
737-300,-400, &-500	CFM56-3	CFM Internasional
737-600,-700,-800 & -900	CFM56-7	CFM Internasional

Sumber : 737 Airplane Characteristic for Airport Planning, 2006 dalam Ombasta, 2012

2.7.2 Airbuss 320

Keluarga Airbus A320 adalah pesawat jarak pendek-menengah, selaras-tunggal dan memiliki dua mesin serta merupakan keluarga pesawat komersial pertama di dunia yang menerapkan keluarga pesawat komersial pertama di dunia yang menerapkan teknologi *Fly-by-wire*. Termasuk dalam keluarga ini adalah A318, A319, dan A321. A321 adalah turunan pertama A320 dengan badan yang direntangkan/diperpanjang juga dikenal sebagai Stretched A320 atau A320-500. A319 adalah turunan kedua yang merupakan penyusutan dari A320, sedangkan A318

adalah turunan ketiga dengan penyusutan lebih jauh. Berikut adalah jenis pesawat A320 beserta jenis mesin yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 5

Tabel 5 Jenis Pesawat Airbuss A320

Tipe Pesawat	Jenis Mesin	Pabrikan Mesin
A320-111	CFM56-5A1	CFM International
A320-211	CFM56-5A1	
A320-212	CFM56-5A3	
A320-214	CFM56-5B4	
A320-215	CFM56-5B5	
A320-216	CFM56-5B6	
A320-231	V2527-A1	International Aero Engines
A320-232	V2527-A5	
A320-233	V2527E-A5	

Sumber : Type-Certificate Data Sheet (TCDS) EASA.A.064, 2011 dalam (Ombasta, 2012)

2.7.3 ATR-72

ATR-72 adalah pesawat penumpang regional jarak pendek yang bermesin *twin-turboprop* yang dibangun oleh Perusahaan pesawat Prancis-Italia ATR. Pesawat ini memiliki kapasitas hingga 78 penumpang dalam konfigurasi kelas Tunggal dan dioperasikan oleh dua kru penerbangan. Adapun varian pesawat ATR-72 adalah ATR 72-100, ATR 72-101, ATR 72-102, ATR 72-200, ATR 72-201, ATR 72-202, ATR 72-210, ATR 72-211, ATR 72-212 dan ATR 72-500. Varian ATR 72-500 adalah varian yang digunakan oleh Wings Air dan sering melakukan aktivitas penerbangan di Bandara Internasional Sultan Hasanuddin.

2.9 Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP)

Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP) merupakan wilayah daratan dan/atau perairan dan ruang udara di sekitar bandar udara yang dipergunakan untuk kegiatan operasi penerbangan dalam rangka menjamin keselamatan penerbangan. Penetapan kawasan keselamatan operasi penerbangan di bandar udara dan sekitarnya dilakukan dengan ketentuan teknis sebagai berikut (Rumata, 2020):

2.8.1 Kawasan Pendekatan dan Lepas Landas

Kawasan ini dibatasi oleh tepi dalam yang berhimpit dengan ujung-ujung permukaan utama berjarak 60 m dari ujung landas pacu dengan lebar tertentu pada

bagian dalam, kawasan ini melebar ke arah luar secara teratur dengan sudut pelebaran 10% atau 15% (sesuai klasifikasi landas pacu) serta garis tengah bidangnya merupakan perpanjangan dari garis tengah landas pacu dengan jarak mendatar tertentu dan akhir kawasan dengan lebar tertentu.

2.8.2 Kawasan Kemungkinan Bahaya Kecelakaan

Kawasan kemungkinan bahaya kecelakaan dibatasi oleh tepi dalam yang berhimpit dengan ujung – ujung permukaan utama dengan lebar 60 m atau 80 m atau 150 m atau 300 m (sesuai klasifikasi landas pacu), kawasan ini meluas keluar secara teratur dengan garis tengahnya merupakan perpanjangan dari garis tengah landas pacu sampai lebar 660 m atau 680 m atau 750 m atau 1150 m atau 1200 m (sesuai klasifikasi landas pacu) dan jarak mendatar 3.000 m dari ujung permukaan utama.

2.8.3 Kawasan Di Bawah Permukaan Horizontal Dalam

Kawasan ini dibatasi oleh lingkaran dengan radius 2000 m atau 2500 m atau 3500 m atau 4000 m (sesuai klasifikasi landas pacu) dari titik tengah tiap ujung permukaan utama dan menarik garis singgung pada kedua lingkaran yang berdekatan tetapi kawasan ini tidak termasuk kawasan di bawah permukaan transisi.

2.8.4 Kawasan Di Bawah Permukaan Horizontal Luar

Kawasan ini dibatasi oleh lingkaran dengan radius 15.000 m dari titik tengah tiap ujung permukaan utama dan menarik garis singgung pada kedua lingkaran yang berdekatan tetapi kawasan ini tidak termasuk kawasan di bawah permukaan transisi, kawasan di bawah permukaan horizontal dalam, kawasan di bawah permukaan kerucut.

2.8.5 Kawasan Di Bawah Permukaan Kerucut

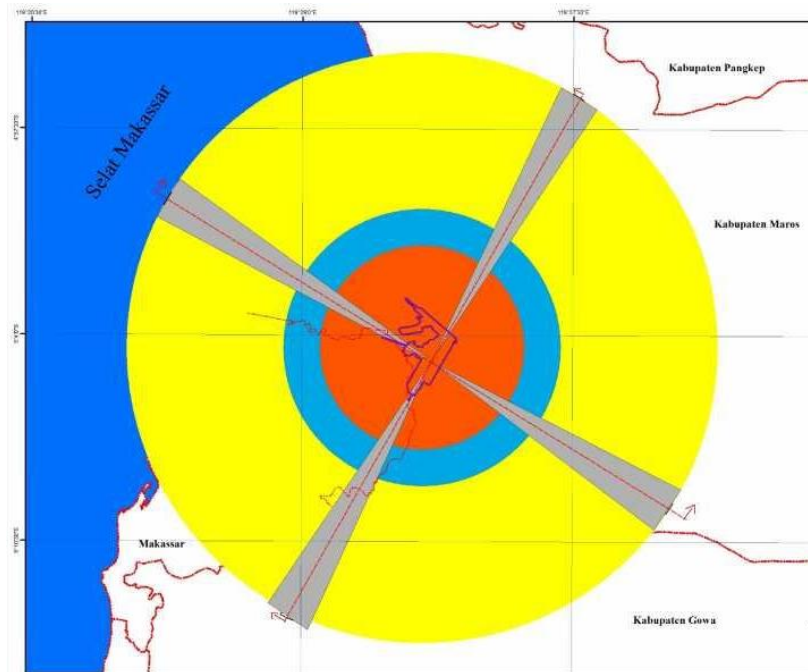
Kawasan ini dibatasi dari tepi luar kawasan di bawah permukaan horizontal dalam meluas dengan jarak mendatar 700 m atau 1100 m atau 1200 m atau 1500 m atau 2000 m (sesuai klasifikasi landas pacu) dengan kemiringan 5% (sesuai klasifikasi landas pacu).

2.8.6 Kawasan Di Bawah Permukaan Transisi

Kawasan ini dibatasi oleh tepi dalam yang berhimpit dengan sisi panjang permukaan utama dan sisi permukaan pendekatan, kawasan ini meluas keluar

sampai jarak mendatar 225 m atau 315 m (sesuai klasifikasi landas pacu) dengan kemiringan 14,3% atau 20% (sesuai klasifikasi landas pacu).

Untuk lebih jelasnya terkait Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP) dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Sumber : Sembiring (2018)

Gambar 5 KKOP Bandara Internasional Sultan Hasanuddin

2.10 Metode Pemantauan Pengambilan Sampel di Udara

Berdasarkan Lampiran II Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. 27 Tahun 2021 Tentang Indeks Kualitas Lingkungan Hidup menyatakan bahwa metode pengambilan data kualitas udara ambien secara garis besar terdiri atas 2 (dua): metode manual dan metode otomatis. Metode manual dilakukan dengan cara pengambilan sampel udara terlebih dahulu lalu dianalisis di laboratorium. Metode manual ini dibedakan lagi menjadi metode pasif dan metode aktif. Perbedaan ini didasarkan pada ada tidaknya pompa untuk mengambil sampel udara.

Pada metode dengan alat manual aktif untuk mendapatkan data/nilai harian 24 (dua puluh empat) jam dilakukan perata-rataan aritmatik dari 4 (empat) kali hasil pemantauan (pagi, siang, sore, malam) dengan interval waktu seperti di bawah ini. Masing-masing interval waktu diukur 1 (satu) jam.

Interval waktu pengukuran adalah:

- a) interval waktu 06.00 – 10.00 (pagi);
- b) interval waktu 10.00 – 14.00 (siang);
- c) interval waktu 14.00 – 18.00 (sore); dan
- d) interval waktu 18.00 – 22.00 (malam).

Metode otomatis dilakukan dengan menggunakan alat yang dapat mengukur kualitas udara secara langsung sekaligus menyimpan datanya. Metode pemantauan kualitas udara ambien dapat dilihat pada tabel berikut.

No.	Parameter	Metode Analisis/Pengukuran		
		Manual		Otomatis
		Passif	Aktif	
1.	Sulfur Dioksida (SO ²)	<i>Impregnated filter</i>	<i>Pararosaniline</i>	a) <i>UV fluorescence</i> b) <i>Conductivity</i> c) <i>Elektrokimia</i>
2.	Nitrogen Dioksida (NO ₂)	<i>Impregnated filter</i>	<i>Saltzman</i>	a) <i>Chemiluminescence</i> b) <i>Fluorescence</i> c) <i>Elektrokimia</i>

Sumber : Permen LHK RI No. 27 Tahun 2021

Untuk pemilihan lokasi pemantauan kualitas udara ambien mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI 19-7119.6-2005) yang mengatur tentang penentuan lokasi pengambilan contoh uji pemantauan kualitas udara ambien. Kriteria lokasi pemantauan kualitas udara ambien :

- a) Daerah padat transportasi yang meliputi jalan utama dengan lalu lintas padat;
- b) daerah atau kawasan industri;
- c) pemukiman padat penduduk; dan
- d) kawasan perkantoran yang tidak terpengaruh langsung transportasi.

Secara umum kriteria penempatan alat pemantau kualitas udara ambien sebagai berikut :

- a) udara terbuka dengan sudut terbuka 120° (seratus dua puluh derajat) terhadap penghalang, antara lain bangunan dan pohon tinggi;
- b) ketinggian sampling inlet dari permukaan tanah untuk partikel dan gas paling sedikit 2 (dua) meter;
- c) jarak alat pemantau kualitas udara dari sumber emisi terdekat paling sedikit adalah 20 (dua puluh) meter; dan

- d) untuk industri, penetapan lokasi sampling mengacu pada peraturan perundang-undangan yang mengatur tentang pengendalian pencemaran udara dari sumber tidak bergerak.

2.11 Populasi dan Sampel

2.11.1 Pengertian Populasi dan Sampel

Menurut Margono (2004), dalam Ahyar et al., (2020) bahwa populasi merupakan keseluruhan dari suatu objek yang akan diteliti baik itu manusia, hewan, tumbuh-tumbuhan, gejala-gejala, nilai tes, atau peristiwa-peristiwa sebagai sumber data yang memiliki karakteristik tersendiri dalam suatu penelitian. Dalam setiap penelitian, populasi harus disebutkan secara tersurat, yang berarti jumlah anggota populasi dan area penelitian yang mencakupnya. Diadakannya populasi dilakukan dengan tujuan untuk membatasi daerah generalisasi yang berlaku dan menentukan jumlah sampel yang diambil dari anggota populasi. Namun, penelitian yang menggunakan seluruh anggota populasinya disebut sampel total atau sensus, dan ini berlaku untuk populasi yang relatif kecil. Satu individu dapat digunakan sebagai populasi karena berbagai macam sifatnya, seperti gaya bicara, disiplin, hobi, cara bergaul, kepemimpinan, dll. Misalnya, saudara ingin melakukan penelitian tentang cara direktur A memimpin, yang merupakan contoh dari semua sifat yang dimiliki direktur A. (Ahyar et al., 2020).

Sampel adalah bagian dari anggota populasi yang di ambil dengan menggunakan Teknik pengambilan sampel Husain dan Purnomo, (2001) dalam Ahyar et al., 2020). Di sini sampel harus benar-benar bisa mencerminkan keadaan populasi, artinya kesimpulan hasil penelitian yang diangkat dari sampel harus merupakan kesimpulan atas populasi. Penelitian dengan menggunakan teknik pengambilan sampel lebih menguntungkan dibanding dengan menggunakan populasi saja. Oleh karena itu pertimbangan-pertimbangan itu perlu diperhatikan oleh peneliti agar dalam pelaksanaan pencarian informasinya nanti dapat menghasilkan informasi yang representatif sehingga penelitiannya dapat dikategorikan penelitian yang valid (Ahyar et al., 2020).

Dalam penelitian ini menggunakan rumus slovin. Rumus Slovin biasa digunakan untuk penelitian pada suatu objek tertentu dalam populasi yang besar,

sehingga digunakan untuk meneliti pada sampel populasi objek yang besar tersebut. Rumus ini digunakan untuk menghitung jumlah sampel minimal dalam kasus di mana perilaku populasi tidak diketahui secara pasti. (Nalendra et al., 2021). Ukuran sampel menurut Slovin ditentukan berdasarkan rumus berikut :

$$n = \frac{N}{1+N(e)^2} \quad (7)$$

Dimana :

n = ukuran sampel/jumlah responden

N = ukuran populasi

E = batas kesalahan

2.11.2 Teknik Pengambilan Sampel

Teknik sampling digunakan untuk menentukan jumlah sampel yang sesuai dengan ukuran sampel yang akan digunakan sebagai sumber data sebenarnya. Untuk memperoleh sampel representatif, teknik ini mempertimbangkan karakteristik dan distribusi populasi (Murgono, 2004 dalam Ahyar et al., 2020). Adapun Teknik yang digunakan untuk pengambilan sampel terbagi menjadi dua yaitu sebagai berikut.

1) *Probability Sampling*

Menurut Sugiyono (2018) dalam Ahyar et al., 2020), probabilitas sampel, juga dikenal sebagai sampling random, memberikan peluang yang sama bagi setiap anggota populasi untuk diambil sebagai sampel. Pada penelitian kuantitatif, sangat disarankan untuk memilih sampel dengan cara probabilitas ini. Dalam hal probabilitas sampling, ada empat metode yang dapat digunakan, yang termasuk:

a) *Simpel Random Sampling*

Salah satu ciri utama sampling ini adalah bahwa setiap unsur dari populasi keseluruhan memiliki kesempatan yang sama untuk dipilih; dengan demikian, setiap unsur dapat dipilih secara independen dari unsur lainnya. Caranya adalah dengan membuat undian atau lotre dengan nama-nama dimasukkan ke dalam wadah dan kemudian dikocok-kocok. Nama pemenang dipilih secara objektif. Keuntungannya adalah anggota sampel dapat diperoleh dengan mudah dan cepat, sedangkan kelemahannya adalah kadang-kadang tidak dapat memperoleh data populasi yang lengkap.

b) *Disproportionate stratified random*

Apabila populasi kurang proposional tetapi berstrata atau bertingkat adalah ciri utama teknik sampling ini. Misalnya, di unit kerja tertentu ada karyawan dengan gelar S3, 3 gelar S2, 100 gelar S1, 700 gelar SMA, 600 gelar SMP. Dengan demikian, satu pekerja dengan gelar S3 dan tiga pekerja dengan gelar S2 diambil sebagai sampel.

c) *Cluster Sampling*

Ciri utama sampling ini adalah apabila populasi terbesar dalam beberapa daerah, propinsi, kabupaten, kecamatan dan seterusnya. Teknik sampling ini sering digunakan melalui dua tahap yaitu tahap pertama menentukan sampel daerah, tahap berikutnya menentukan orang-orang yang ada pada daerah itu secara sampling. Keuntungan menggunakan teknik ini adalah (1) dapat mengambil populasi besar yang tersebar didaerah, (2) pelaksanaannya lebih mudah dan murah dibandingkan teknik lainnya. Kelemahannya ialah (1) jumlah individu dalam setiap pilihan tidak sama, (2) ada kemungkinan penduduk satu daerah berpindah ke daerah lain tanpa sepengetahuan peneliti, sehingga penduduk tersebut mungkin menjadi anggota rangkap sampel penelitian.

2) ***Non Probability Sampling***

Menurut Sugiyono (2018), metode sampel non-probabilitas tidak memberikan peluang atau kesempatan yang sama kepada setiap komponen atau anggota populasi untuk diambil sebagai sampel. Teknik ini dapat dilakukan dengan mudah dalam waktu yang sangat singkat. Karena sebagian besar populasi tidak dilibatkan dalam penelitian, kelemahan teknik ini adalah hasilnya tidak dapat diterima dan tidak berlaku untuk seluruh populasi. Ada enam metode pemilihan sampel dalam metode non-probability sampling ini, yaitu:

a) *Sampling Sistematis*

Salah satu ciri utama sampling ini adalah pemilihan sampel berdasarkan urutan dari semua anggota populasi yang diberi nomor urut. Sebagai contoh, populasi dari penelitian tentang daftar pegawai di kantor terdiri dari 150 orang, dan setiap orang diberikan nomor urut dari 1 hingga 150. Bilangan sampel dapat diambil dengan kelipatan, ganjil, atau genap saja. Keuntungan dari metode ini adalah bahwa itu cepat dan mudah digunakan. Cara ini tidak sebaik sampling acak karena populasi di antara yang kesekian dan kesekian dikesampingkan.

b) *Sampling Insidental*

Pemilihan anggota sampel berdasarkan kebetulan adalah ciri utama sampling ini. Sebagai contoh, seorang peneliti menanyakan pelayanan puskesmas kepada pasien. Keuntungan dari metode ini adalah mudah, cepat, dan murah. Kemampuannya tidak cukup representatif.

c) *Sampling Purposive*

Anggota sampel dipilih secara khusus untuk tujuan penelitian, yang merupakan ciri utama dari sampling ini. Sebagai contoh, dalam penelitian kualitatif dengan tujuan mengamati kasus tertentu, sampel sumber datanya adalah para ahli pertanian.

d) *Sampling Kuota*

Ciri utama dari sampling kuota ini adalah anggota sampel pada suatu tingkat dipilih dengan jumlah tertentu, atau kuota, dengan karakteristik tertentu, yang merupakan ciri utama sampling ini. Sebagai contoh, seorang investigator akan menyelidiki pendapat publik tentang pemindahan ibu kota Negara Indonesia. Jumlah sampel 800 orang. Jika pengumpulan data masih belum memenuhi kuota, penelitian dianggap belum selesai.

e) *Sampling Jenuh*

Ciri utama sampling ini dikatakan jenuh (tuntas) apabila semua anggota populasi digunakan sebagai sampel. Sampling jenuh juga dapat digunakan dalam penelitian dengan kesalahan yang relatif kecil, seperti kurang dari 30 orang.

f) *Snowball Sampling*

Hubungan antar individu dalam kelompok yang akrab dengan cara informasi tersebar dikalangan tertentu diselidiki dengan menggunakan ciri utama sampling ini. Pada awalnya, hanya ada satu atau dua individu namun, karena keduanya tidak puas dengan data yang mereka berikan, peneliti mencari individu lain yang dianggap lebih memahami dan dapat melengkapi data yang diberikan oleh individu sebelumnya. Begitu seterusnya sampai jumlah sampel menjadi lebih besar. Salah satu keuntungan dari pengumpulan *snowball* adalah adanya peningkatan kecenderungan untuk memasukkan ciri-ciri yang diinginkan ke dalam populasi. Karena jumlah sampel melebihi 100 orang, penanganannya sulit dikendalikan.

2.12 Skala Likert

Menurut Komang Sukendra & Atmaja, (2020) dalam bukunya yang berjudul Instrumen Penelitian dijelaskan bahwa Skala Likert merupakan skala yang digunakan untuk mengetahui sikap, perilaku dan persepsi seseorang maupun suatu kelompok. Dalam skala likert variabel yang diukur akan dijabarkan menjadi indikator-indikator variabel. Hasil dari indikator-indikator tersebut akan dibuatkan suatu pertanyaan/pernyataan yang akan digunakan sebagai item pada instrument.

Jawaban setiap item instrument menggunakan skala likert yang bergradasi dari sangat positif sampai dengan sangat negatif, yang dapat berupa kata-kata sebagai berikut :

- | | |
|------------------------|------------------|
| a) Sangat Setuju | a) Selalu |
| b) Setuju | b) Sering |
| c) Ragu-ragu (Netral) | c) Kadang-kadang |
| d) Tidak Setuju | d) Tidak Pernah |
| e) Sangat Tidak Setuju | |

Untuk keperluan pada penelitian dengan metode analisis Kuantitatif, maka jawaban dapat diberi skor seperti :

1. Sangat Setuju/selalu/sangat positif diberi skor 5
2. Setuju/sering/positif diberi skor 4
3. Ragu-ragu/kadang-kadang/netral diberi skor 3
4. Tidak setuju/hampir tidak pernah/negatif diberi skor 2
5. Sangat tidak setuju/tidak pernah diberi skor 1

Skala likert yang digunakan pada penyusunan instrument penelitian dapat dibuat dalam bentuk *ceklist* ataupun pilihan ganda. Namun, agar tidak terlalu banyak skala yang membingungkan responden saat menjawab kuesioner, peneliti menggunakan lima skala *ceklist* untuk menekankan opsi kepada responden.

2.13 Analisis Statistik

2.13.1 Pengujian Instrumen

Kuesioner adalah metode pengumpulan informasi yang memungkinkan analisis mempelajari sikap, keyakinan, perilaku, dan karakteristik beberapa individu penting

dalam kelompok yang mungkin terpengaruh oleh sistem yang diusulkan atau sudah ada. Tujuan pengujian validitas dan reliabilitas kuesioner adalah untuk meyakinkan bahwa kuesioner akan menghasilkan data yang valid dan efektif dalam mengukur gejala (Fitriani, 2021).

1. Uji Validitas

Uji validitas menunjukkan seberapa baik suatu instrumen mengukur ide-ide yang seharusnya diukur. Instrumen yang valid berarti instrumen tersebut dapat digunakan untuk mengukur ide-ide yang seharusnya diukur secara tepat dan benar dengan menggunakan instrumen penelitian yang memiliki validitas yang tinggi. Suatu tes dapat dikatakan valid jika ia memberikan hasil ukuran yang tepat dan akurat sesuai dengan tujuan tes tersebut. Pengujian validitas kuesioner dibagi menjadi dua, yaitu (Muhlisa, 2020) :

a. Validitas Faktor

Diukur apabila item yang disusun menggunakan lebih dari satu faktor memiliki kesamaan dengan faktor lain. Ini diukur dengan membandingkan skor masing-masing faktor dengan skor total faktor.

b. Validitas Item

Untuk mengetahui apakah skor item memiliki korelasi atau dukungan terhadap skornya, perhitungan dilakukan dengan mengkorelasikan skor item dengan skor total item. Jika item memiliki lebih dari satu faktor, pengujian validitas item juga dilakukan dengan mengkorelasikan skor item dengan skor faktor tersebut.

Teknik korelasi pearson produk moment pada aplikasi SPSS adalah metode yang paling umum digunakan dalam penelitian untuk menentukan instrumen valid. Dalam metode ini, nilai r-hitung dikonsultasikan dengan r tabel product moment dengan taraf signifikan 5%; apabila r-hitung lebih besar dari r tabel, instrumen dikatakan valid, dan apabila r-hitung kurang dari r tabel, instrumen dikatakan tidak valid (Sugiyono, 2014 dalam Muhlisah, 2020).

2. Uji Reliabilitas

Alat ukur yang dapat diandalkan dan dapat dipercaya adalah indikator reliabilitas. Sebuah instrumen memiliki kemampuan untuk mengukur sesuatu yang diukur secara konsisten dari waktu ke waktu. Jadi, konsistensi, atau tidak

berubah-ubah, adalah kata kunci untuk syarat kualifikasi instrumen pengukuran. Keandalan ini dapat berarti bahwa meskipun variabel-variabel kuesioner diberikan kepada responden dengan hasil yang berbeda, hasilnya tidak akan menyimpang terlalu jauh dari rata-rata jawaban responden untuk variabel-variabel tersebut. Reliabilitas dapat diukur dengan tiga metode: pengukuran ulang, konsistensi internal, dan parallel (Arikunto, 2007 dalam Arifin 2020).

Untuk menilai reliabilitas suatu instrumen, digunakan persamaan *Cronbach Alpha* yang dihitung dengan program SPSS. Sebuah instrumen memiliki reliabilitas tinggi jika nilai *Cronbach's Coefficient Alpha* $> 0,6$ (Sugiyono, 2014 dalam Muhlisah, 2020).

2.13.2 Uji Asumsi Klasik

Untuk memberikan kepastian bahwa regresi yang didapatkan memiliki ketepatan dalam estimasi, menunjukkan hubungan signifikan dan representatif, maka model tersebut harus memenuhi asumsi klasik regresi. Uji asumsi klasik yang dilakukan yaitu uji normalitas dan uji linearitas (Fitriani, 2021).

1. Uji Normalitas

Uji normalitas digunakan untuk menentukan apakah distribusi variabel independen dan dependen dalam model regresi normal. Uji normalitas ini dilakukan secara statistik dengan alat analisis *One Sample Kolmogorov-Smirnov* (K-S) untuk data kuesioner > 50 sampel dan metode analisis *Shapiro Wilk* untuk data konsentrasi dan jumlah pesawat < 50 sampel. Dalam program SPSS dengan taraf probabilitas (sig) 0,05. Dasar pengambilan keputusan dengan uji normalitas K-S adalah (Ghozali, 2018 dalam Fitriani, 2021).

- a. Jika signifikansi $> 0,05$ maka data berdistribusi normal.
- b. Jika signifikansi $< 0,05$ maka data tidak berdistribusi normal.

2. Uji Linearitas

Uji linearitas digunakan untuk menentukan apakah hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat bersifat linier. Uji ini dapat digunakan sebagai syarat untuk analisis korelasi atau regresi linier. Pengujian linearitas data dilakukan dengan menggunakan *ANOVA table* dalam SPSS (Fitriani, 2021). Menurut (Sugiyono, 2014 dalam Muhlisah, 2020) kriteria untuk menilai data

memiliki distribusi normal yaitu berdasarkan nilai signifikansi (*Deviation from Linearity*), yaitu :

- a. Jika nilai *Deviation from Linearity* (Sig) > 0,05, maka ada hubungan yang linear.
- b. Jika nilai *Deviation from Linearity* (Sig) < 0,05, maka tidak ada hubungan yang linear.

2.13.3 Analisa Regresi dan Korelasi

Korelasi dan regresi sangat terkait. Ada korelasi antara dua variabel yang tidak memiliki hubungan kausal, sebab akibat, atau fungsional, dikenal sebagai korelasi yang tidak dilanjutkan dengan regresi. Untuk menentukan apakah kedua variabel memiliki hubungan kausal satu sama lain, Anda harus bergantung pada teori atau konsep yang berkaitan dengan kedua variabel tersebut (Arifin, 2020 dalam Fitriani, 2021).

1. Regresi

Analisa regresi mengukur bagaimana dua variabel atau lebih berhubungan satu sama lain diwakili dalam bentuk hubungan atau fungsi. Dalam regresi, ada variabel yang ditentukan dan variabel yang menentukan, atau hubungan antara variabel bebas dan variabel yang terikat, yang biasanya diwakili dengan huruf x dan huruf y. Kedua variabel biasanya bersifat kausal atau saling berpengaruh, atau hubungan sebab akibat. Jadi, regresi adalah fungsi antara variabel tak bebas y dan variabel bebas x, atau $y = a + b(x)$. Bentuk regresi bergantung pada persamaan atau fungsi yang mendukungnya (Wardika, 2012, dalam (Fitriani, 2021).

Dalam kasus ini, regresi digunakan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh satu atau lebih dari satu variabel bebas dibandingkan dengan variabel terikat. Syarat kelayakan telah dipenuhi ketika regresi digunakan untuk linear sederhana adalah:

- a. Jumlah sampel yang digunakan sama.
- b. Nilai residual harus berdistribusi normal.
- c. Terdapat hubungan yang linear variabel bebas dengan variabel tergantung
- d. Tidak terjadi gejala heteroskedastisitas.

e. Tidak terjadi gejala autokorelasi (untuk data *time series*)

2. Korelasi

Korelasi sederhana adalah metode statistik yang digunakan untuk mengukur kekuatan hubungan dua variabel dengan hasil kuantitatif. Kekuatan hubungannya adalah erat, lemah, atau tidak erat, dan bentuk hubungannya adalah linear positif atau linear negatif. Ada berbagai macam korelasi yang dapat terjadi antara dua variabel ini (Trisna, 2017, dalam Muhlisah, 2020).

- a. Korelasi Positif adalah korelasi dua variabel, apabila variabel independen (X) meningkat atau turun maka variabel dependen (Y) cenderung untuk meningkat atau turun.
- b. Korelasi Negatif adalah jika dua variabel (atau lebih) yang berkorelasi itu berjalan dengan arah yang berlawanan, bertentangan, atau berkebalikan. Ini berarti bahwa kenaikan atau penambahan pada variabel X misalnya, akan diikuti dengan penurunan atau pengurangan pada variabel Y.
- c. Tidak ada Korelasi terjadi apabila kedua variabel X dan Y tidak menunjukkan adanya hubungan.
- d. Korelasi Sempurna adalah korelasi dari dua variabel yang benar-benar terjadi.

Untuk melihat seberapa erat hubungan antar variabel, kita dapat melihatnya dari pedoman derajat hubungan seperti pada Tabel 6 berikut ini.

Tabel 6 Interpretasi Koefisien Korelasi

No.	Nilai Korelasi Pearson	Keterangan
1	0,00 s/d 0,20	Tidak ada korelasi
2	0,21 s/d 0,40	Korelasi lemah
3	0,41 s/d 0,60	Korelasi sedang
4	0,61 s/d 0,80	Korelasi kuat
5	0,81 s/d 1,00	Korelasi sempurna

Sumber : Sugiyono, 2014 dalam Muhlisah, 2020

2.13.4 Analisis Bivariat

Analisis Biavariat merupakan penelitian dua variabel biasanya bertujuan untuk mendeskripsikan distribusi data, menguji perbedaan, dan mengukur hubungan antara dua variabel yang diteliti. Analisis bivariat menggunakan metode statistik inferensial untuk menganalisis data dua variabel (Maskur, 2012 dalam Fitriani, 2021).

Metode yang biasa digunakan dalam analisis ini menggunakan metode *Chi Square*. Fungsi dari *Chi Square* digunakan untuk menganalisa frekuensi dari dua variabel dengan banyak kategori untuk menentukan apakah kedua variabel tersebut berhubungan satu sama lainnya. Pengambilan hipotesis penelitian didasarkan pada tingkat signifikan dengan derajat kepercayaan $\alpha = 0,05$, dengan ketentuan sebagai berikut (Sugiyono,2014 dalam Fitriani, 2021) :

- a. Apabila nilai signifikansi (Sig) atau $P_{value} < 0,05$, maka terdapat hubungan antara dua variabel
- b. Apabila nilai signifikansi (Sig) atau $P_{value} < 0,05$, maka terdapat hubungan antara dua variabel