Jurnal Mahasiswa Dirgantara (JMD)
Vol. 4 , No. 2, Desember 2025, hal. 58 – 66
ISSN: 2830-2958 (Online) 3109-1075 (Cetak)
https://doi.org/10.35894/jmd.v4i2.210

Penentuan Jarak Aman Permukiman Berdasarkan Jarak Kebisingan Terhadap Lintas Terbang Approach ILS Runway 24 Bandar Udara Halim Perdanakusuma

Nurul Fitri Ramadani [1,*], Erna Shevilia Agustian [2], Mufti Arifin [3]
[1, 2, 3] Teknik Penerbangan, Fakultas Teknologi Dirgantara dan Industri, Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma, Jakarta

Info Artikel

Histori Artikel:
Diajukan: 15 September 2025
Direvisi: 15 Januari 2026
Diterima: 30 Januari 2026

Kata kunci:
Kebisingan
Kawasan Permukiman
Pesawat Terbang
Approach
Bandara Halim Perdanakusuma

ABSTRAK

Bandar udara berperan penting sebagai pusat aktivitas transportasi dan ekonomi, namun peningkatan intensitas operasional penerbangan dapat menimbulkan permasalahan kebisingan yang berdampak pada kenyamanan dan kesehatan masyarakat di kawasan sekitarnya. Salah satu fase penerbangan yang berkontribusi signifikan terhadap kebisingan adalah fase pendekatan (approach), khususnya pada lintasan Instrument Landing System (ILS). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis jarak aman kawasan permukiman terhadap paparan kebisingan pesawat pada lintasan approach ILS Runway 24 Bandar Udara Halim Perdanakusuma. Metode yang digunakan berupa analisis teoritis tingkat kebisingan berbasis data sertifikasi kebisingan pesawat dari Federal Aviation Administration (FAA), dengan pendekatan perhitungan Sound Pressure Level (SPL) dan asumsi perambatan kebisingan di ruang bebas. Analisis dilakukan pada tiga titik lintasan approach, yaitu 1,8 nm, 3 nm, dan 6 nm, untuk beberapa tipe pesawat yang umum beroperasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setiap tipe pesawat menghasilkan jarak paparan kebisingan yang berbeda, dengan jarak terjauh dihasilkan oleh Boeing 737-300 (±7,07 km), diikuti Airbus A320-214 (±4,07 km), Dassault Falcon 7X (±3,38 km), dan ATR 72-200 (±2,95 km). Evaluasi pada seluruh titik lintasan menunjukkan bahwa tingkat kebisingan yang dihasilkan masih melampaui ambang batas 55 dBA untuk kawasan permukiman. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi awal dalam perencanaan tata ruang kawasan sekitar bandara serta sebagai dasar pengendalian dampak kebisingan penerbangan.

Keywords:
Noise
Residential Area
Aircraft
Approach
Halim Perdanakusuma Airport

Penulis Korespondensi:
Nurul Fitri Ramadani
Email:
Lulu.nfr12@gmail.com

Airports play a vital role as centers of transportation and economic activity; however, increasing flight operations can generate noise issues that adversely affect the comfort and health of surrounding communities. One of the flight phases that significantly contributes to aircraft noise is the approach phase, particularly along the Instrument Landing System (ILS) flight path. This study aims to analyze the safe distance of residential areas from aircraft noise exposure along the ILS approach path of Runway 24 at Halim Perdanakusuma Airport. The research employs a theoretical noise analysis based on aircraft noise certification data issued by the Federal Aviation Administration (FAA), using a Sound Pressure Level (SPL) calculation approach with the assumption of free-field noise propagation. The analysis is conducted at three approach points, namely 1.8 nm, 3 nm, and 6 nm, for several aircraft types commonly operating at the airport. The results indicate that each aircraft type produces a different noise exposure distance, with the Boeing 737-300 generating the longest distance (approximately 7.07 km), followed by the Airbus A320-214 (approximately 4.07 km), the Dassault Falcon 7X (approximately 3.38 km), and the ATR 72-200 (approximately 2.95 km). Evaluation at all approach points shows that the noise levels exceed the 55 dBA threshold for residential areas. The findings of this study are expected to serve as an initial reference for spatial planning in airport surrounding areas and as a basis for mitigating the impact of aircraft noise.

Copyright © 2025 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Bandar udara merupakan infrastruktur transportasi strategis yang berperan penting dalam mendukung mobilitas manusia, distribusi barang, serta pertumbuhan ekonomi suatu wilayah. Namun, peningkatan intensitas operasional penerbangan secara langsung menimbulkan dampak lingkungan, salah satunya berupa kebisingan pesawat terbang. Berbagai studi menunjukkan bahwa kebisingan pesawat, khususnya pada fase pendekatan menuju pendaratan, merupakan kontributor dominan terhadap paparan kebisingan di kawasan sekitar bandara dan berpotensi mengganggu kenyamanan serta kualitas hidup masyarakat [1].

Di kawasan perkotaan dengan kepadatan penduduk tinggi, keberadaan bandara sering kali beririsan langsung dengan kawasan permukiman. Penelitian terkait estimasi kebisingan di kawasan permukiman padat di sekitar bandara menunjukkan bahwa aktivitas penerbangan dapat menghasilkan tingkat kebisingan yang melampaui ambang batas yang direkomendasikan, sehingga berpotensi menimbulkan dampak negatif jangka panjang [2]. Dari sisi kesehatan, paparan kebisingan yang berlebihan diketahui dapat menyebabkan gangguan pendengaran, stres, gangguan tidur, serta penurunan produktivitas masyarakat, sehingga kebisingan dikategorikan sebagai salah satu faktor lingkungan yang perlu dikendalikan secara serius [3].

Pendekatan analisis spasial telah banyak digunakan untuk memetakan tingkat kebisingan dan mengevaluasi zona kebisingan bandara sebagai dasar perencanaan tata ruang. Studi sebelumnya menegaskan bahwa pemetaan zona kebisingan sangat penting untuk menentukan kesesuaian pemanfaatan lahan di sekitar bandara, termasuk kawasan permukiman, pendidikan, dan fasilitas umum lainnya [4]. Selain pendekatan zonasi, berbagai upaya mitigasi kebisingan juga telah dikembangkan, baik melalui rekayasa teknis maupun peredaman suara, meskipun sebagian besar masih berfokus pada sumber kebisingan non-penerbangan atau skala industri tertentu [5].

Permukiman sebagai ruang hunian memiliki fungsi utama dalam mendukung keberlangsungan hidup dan kesejahteraan masyarakat. Oleh karena itu, perencanaan kawasan permukiman harus mempertimbangkan aspek lingkungan, termasuk tingkat kebisingan yang dapat diterima [6]. Pemilihan lokasi permukiman yang tidak memperhatikan faktor kebisingan berisiko menurunkan kualitas lingkungan dan menimbulkan konflik tata ruang di masa mendatang [7]. Dalam konteks bandara, analisis jarak aman permukiman terhadap lintasan terbang pesawat menjadi salah satu pendekatan penting untuk meminimalkan dampak kebisingan.

Dalam operasi penerbangan, fase-fase penerbangan pesawat, mulai dari lepas landas, jelajah, hingga pendekatan dan pendaratan, memiliki karakteristik kebisingan yang berbeda [8]. Fase descent dan approach terjadi pada ketinggian rendah dengan konfigurasi pesawat yang meningkatkan emisi kebisingan, sehingga fase ini menjadi perhatian utama dalam kajian kebisingan bandara [9]. Pemahaman terhadap karakteristik fase penerbangan ini menjadi dasar dalam analisis kebisingan berbasis lintasan terbang.

Di sisi lain, perkembangan teknologi dan pendekatan sistem cerdas dalam bidang teknik penerbangan dan keteknikan menunjukkan potensi integrasi data dan analisis yang lebih komprehensif untuk mendukung pengambilan keputusan berbasis lingkungan, meskipun penerapannya pada kajian kebisingan bandara masih relatif terbatas [10]. Secara operasional, istilah landing dan approach merujuk pada tahapan kritis dalam penerbangan yang memiliki implikasi langsung terhadap keselamatan dan dampak lingkungan, termasuk kebisingan [11]. Oleh karena itu, pendekatan presisi seperti Instrument Landing System (ILS) menjadi elemen penting dalam analisis lintasan approach pesawat [12].

Setiap pesawat angkut sipil wajib memenuhi standar sertifikasi kebisingan yang ditetapkan oleh otoritas penerbangan internasional, seperti European Union Aviation Safety Agency (EASA) dan Federal Aviation Administration (FAA). Data sertifikasi kebisingan ini menyediakan informasi kuantitatif mengenai tingkat kebisingan pesawat pada fase-fase tertentu, termasuk approach, yang dapat dimanfaatkan sebagai dasar analisis teoritis [13]. Pemanfaatan data sertifikasi memungkinkan estimasi awal paparan kebisingan tanpa harus selalu melakukan pengukuran lapangan secara langsung.

Bandara Halim Perdanakusuma merupakan salah satu bandara dengan karakteristik unik karena melayani penerbangan militer dan komersial serta berlokasi di kawasan perkotaan Jakarta yang padat penduduk. Sejak kembali melayani penerbangan komersial, intensitas operasi pesawat di bandara ini

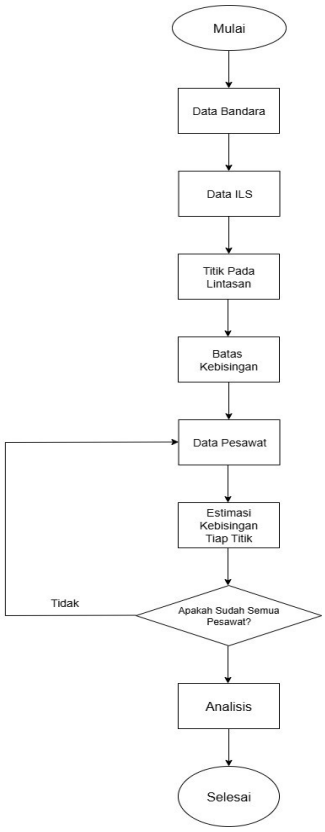
mengalami peningkatan yang signifikan [14], [15]. Kondisi tersebut menjadikan kawasan di sekitar lintasan approach, khususnya Runway 24, rentan terhadap paparan kebisingan pesawat.

Berdasarkan kajian-kajian terdahulu mengenai kebisingan pesawat pada fase approach [1], [16], masih terdapat kebutuhan untuk analisis yang lebih spesifik terhadap lintasan approach ILS dengan mempertimbangkan variasi tipe pesawat yang beroperasi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan menentukan jarak aman kawasan permukiman terhadap paparan kebisingan pesawat pada lintasan approach ILS Runway 24 Bandar Udara Halim Perdanakusuma. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi awal bagi perencanaan tata ruang kawasan sekitar bandara serta mendukung upaya pengendalian dampak kebisingan penerbangan secara lebih terarah dan berbasis teknis.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dirancang menggunakan metode deskriptif-analitis dengan fokus pada fase approach penerbangan, karena pada fase ini pesawat beroperasi pada ketinggian rendah dan menghasilkan tingkat kebisingan yang signifikan. Penelitian ini menggunakan pendekatan analisis kuantitatif berbasis pemodelan teoritis untuk mengevaluasi paparan kebisingan pesawat terhadap kawasan permukiman di sekitar lintasan approach Instrument Landing System (ILS) Runway 24 Bandar Udara Halim Perdanakusuma. Pendekatan ini dipilih untuk memperoleh estimasi awal jarak aman kebisingan dengan memanfaatkan data sertifikasi kebisingan dan karakteristik operasional pesawat, sebagaimana pendekatan yang telah diterapkan pada kajian kebisingan di bawah lintasan kedatangan bandara yang sama [17].

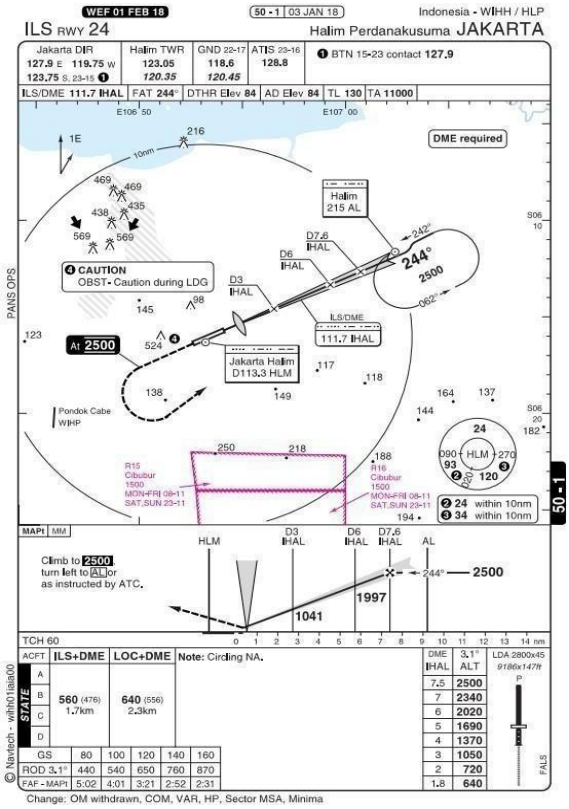
Jenis pesawat yang dianalisis meliputi Airbus A320-214, Boeing 737, ATR 72-200, dan Dassault Falcon 7X. Pemilihan tipe pesawat ini didasarkan pada variasi kelas pesawat, karakteristik teknis, serta ketersediaan data sertifikasi kebisingan dan spesifikasi teknis yang relevan [18], [19], [20]. Variasi tersebut memungkinkan analisis komparatif terhadap pengaruh karakteristik pesawat terhadap jarak paparan kebisingan di kawasan permukiman.



Gambar 1 *Flowchart*

Gambar 1 memperlihatkan bahwa penelitian diawali dengan identifikasi permasalahan kebisingan pesawat pada lintasan approach. Tahap berikutnya meliputi pengumpulan data bandara, data lintasan penerbangan, serta data sertifikasi kebisingan pesawat. Selanjutnya dilakukan pemodelan lintasan approach ILS Runway 24, perhitungan tingkat kebisingan menggunakan metode Sound Pressure Level (SPL), penentuan jarak aman kawasan permukiman, dan diakhiri dengan analisis hasil serta penyusunan kesimpulan.

Prosedur ILS Runway 24 di Bandara Halim Perdanakusuma merupakan pendekatan presisi dengan localizer 111.7 MHz pada heading 244°, transition altitude 11.000 ft, dan elevasi bandara 84 ft ditunjukkan Gambar 2. Final approach dimulai dari D6 HAL pada ketinggian 2500 ft dengan sudut glide slope 3° hingga decision altitude 560 ft; jika tidak ada visual reference, pilot wajib melakukan missed approach dengan naik ke 2500 ft dan holding di ALOR sesuai instruksi ATC. Adapun MSA ditetapkan 2500–3400 ft tergantung sektor, dengan peringatan adanya obstacle pada jalur pendekatan. Informasi ini menjadi dasar analisis penelitian untuk menghitung jarak paparan kebisingan pada setiap lintasan ILS Runway 24.

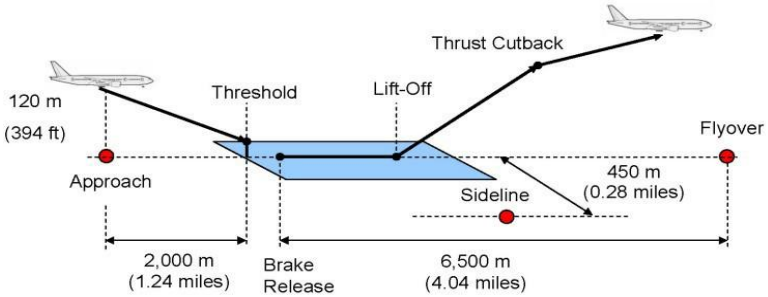


Gambar 2 Lintasan ILS Runway 24[22]

Dalam pengukuran kebisingan, digunakan dua kriteria utama yaitu *Sound Pressure Level* (SPL) dan *Sound Power Level* (SWL). SPL menunjukkan tingkat kebisingan yang terdengar pada titik tertentu, diukur dengan alat pengukur suara dan dinyatakan dalam dBA beserta jarak ke sumber. Sementara itu, SWL menggambarkan total daya suara yang dipancarkan sumber kebisingan, berguna untuk memperkirakan tekanan suara pada jarak yang lebih jauh. *Sound Pressure Level* ditunjukkan pada persamaan 1 dimana r adalah jarak pengambilan data

$$SPL_{(r_1)} - SPL_{(r_2)} = 10\log\frac{r_2^2}{r_1^2} = 20\,Log\frac{r_2}{r_1} \quad (1)$$

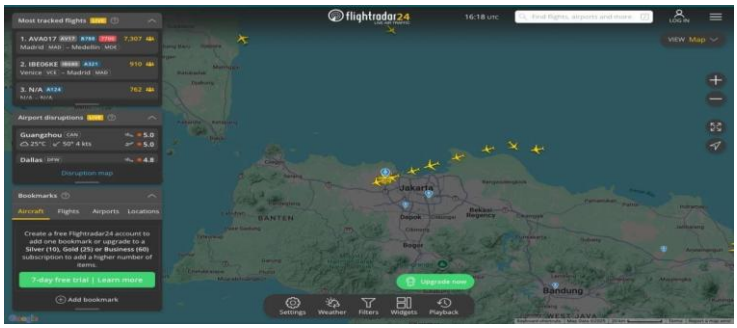
Pesawat angkut sipil wajib memiliki sertifikasi kebisingan sesuai FAR Part 36 FAA dan Annex 16 ICAO, yang diuji melalui pengukuran di tiga titik utama: flyover (6,5 km dari pelepasan rem saat lepas landas dengan daya mesin dikurangi), sideline (450 m dari sumbu landasan saat mesin penuh), dan approach (2 km sebelum ujung landasan pada ketinggian 120 m dengan roda dan flap terbuka).



Gambar 3 ICAO and FAR Noise Certification Points[23]

Pada Gambar 3, tingkat kebisingan maksimum pesawat diukur pada fase *approach*, ketika pesawat berada pada ketinggian 120 meter (394 ft) dan berjarak 2.000 meter dari ujung landasan, yang merupakan titik terakhir sebelum memasuki fase pendaratan.

Dalam penelitian ini, aplikasi *Flightradar24* digunakan untuk merancang dan melihat jalur penerbangan pada peta ditunjukkan pada Gambar 4. Aplikasi ini dapat digunaka secara online tanpa perlu diunduh dan berfungsi untuk melacak pesawat secara *real-time*, termasuk informasi seperti rute penerbangan, asal dan tujuan, jenis pesawat, posisi, ketinggian, arah, dan kecepatan.

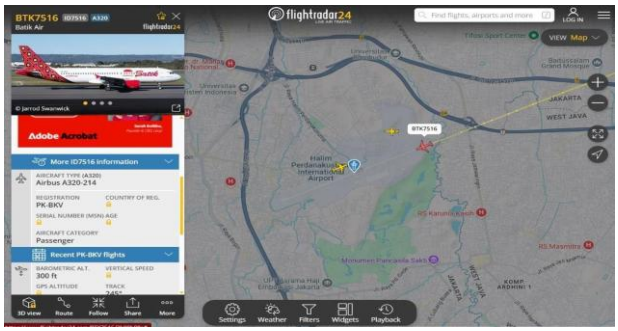


Gambar 4 Tampilan *Flightradar24*[24]

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Hasil

Lintasan approach ILS Runway 24 digunakan sebagai acuan utama dalam analisis kebisingan karena lintasan ini memiliki geometri yang tetap dan konsisten. Evaluasi kebisingan dilakukan pada tiga titik lintasan, yaitu 1,8 nm, 3 nm, dan 6 nm dari threshold runway, yang merepresentasikan variasi ketinggian dan jarak pesawat selama fase *approach*.



Gambar 5 Lintasan ILS 24 pada Flightradar24

Gambar 5 menunjukkan lintasan approach ILS Runway 24 yang melintasi kawasan perkotaan dengan kepadatan permukiman tinggi. Visualisasi ini menegaskan bahwa pada fase approach, pesawat melintas relatif dekat dengan kawasan hunian, sehingga potensi paparan kebisingan terhadap masyarakat cukup signifikan.

Perhitungan tingkat kebisingan dilakukan menggunakan pendekatan Sound Pressure Level (SPL) dengan data sertifikasi kebisingan sebagai nilai referensi. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa setiap tipe pesawat menghasilkan jarak paparan kebisingan yang berbeda, meskipun berada pada lintasan approach yang sama.

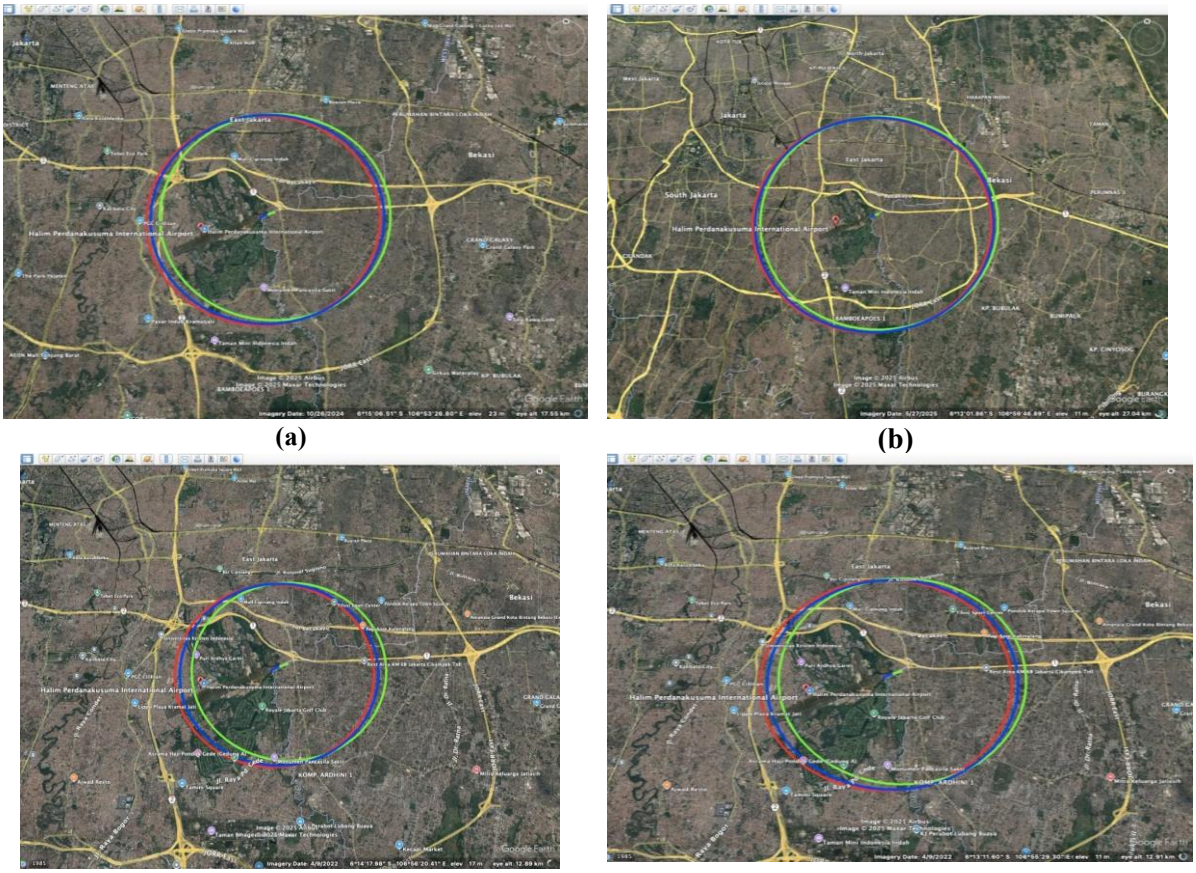
Tabel 1. Estimated Maximum A-Weighted Sound Levels Measured[25]

ESTIMATED MAXIMUM A-WEIGHTED SOUND LEVELS
MEASURED IN ACCORDANCE WITH PART-36 APPENDIX - C PROCEDURES
***APPROACH**

MANUFACTURER	AIRPLANE	ENGINE	MLW 1000 LBS	EST dBA
AIRBUS	A320-214/P	CFM56-5B4/P	149.91	85.5
BOEING	B-737-300	CFM56-3-B1	121.00	90.4
AEROSPATIALE	ATR72-200	PW124B/45 14SF11	43.87	82.7
DASSAULT	FALCON 7X (SFT)	PW307A	62.40	80.6

Tabel 1 memperlihatkan perbedaan tingkat kebisingan maksimum antar tipe pesawat pada fase approach. Pesawat Boeing 737-300 menghasilkan tingkat kebisingan tertinggi, diikuti oleh Airbus A320-214, Dassault Falcon 7X, dan ATR 72-200. Perbedaan ini dipengaruhi oleh karakteristik teknis pesawat, seperti jenis dan konfigurasi mesin, ukuran pesawat, serta generasi desain pesawat. Pesawat generasi lama dengan teknologi mesin yang kurang efisien cenderung menghasilkan emisi kebisingan yang lebih tinggi dibandingkan pesawat yang lebih modern.

3.2 Radius Jarak Aman Lintasan ILS 24



Gambar 6 Radius kebisingan yang aman pada Lintasan ILS 24 (a) A320-214 (b) B737-300 (c) ATR 72-200 (d) Dessault Falcon 7X

Pada Gambar 6a merupakan jarak lintasan ILS, lintasan pada saat pesawat Airbus A320-214 yang ingin melakukan fase landing, dilihat menggunakan aplikasi Google Maps mengambil jarak 4062.12 m (merah), 4054.19 m (biru), dan 4019.93 m (hijau). Pada Gambar 6b, merupakan jarak lintasan ILS, lintasan pada saat pesawat Boeing B737-300 yang ingin melakukan fase landing, dilihat menggunakan aplikasi Google Maps mengambil jarak 7064.11 m (merah), 7059.55 m (biru), dan 7039.93m (hijau). Pada Gambar 6c, merupakan jarak lintasan ILS, lintasan pada saat pesawat ATR 72-200 yang ingin melakukan fase landing, dilihat menggunakan aplikasi Google Maps mengambil jarak 2939.54 m (merah), 2928.56 m (biru), dan 2880.95 m (hijau). Radius kebisingan Dessault Falcon 7X yang aman pada Lintanasan ILS 24 Pada Gambar 6d, saat pesawat Dessault Falcon 7x yang ingin melakukan fase landing, dilihat menggunakan aplikasi Google Maps mengambil jarak 3377.18 m (merah), 3367.63 m (biru), dan 3326.29 m (hijau).

Hasil perhitungan kebisingan pada lintasan ILS menunjukkan perbedaan jarak aman berdasarkan jenis pesawat, yaitu Airbus 320-214 sekitar 4 km, Boeing 737-300 sekitar 7 km, ATR 72- 200 sekitar 2,9 km, dan Dessault Falcon 7X sekitar 3,3 km. Pada tiga titik lintasan ILS 24 (1,8 nm; 3 nm; dan 6 nm), diperoleh bahwa kawasan permukiman yang berjarak lebih dari 7 km dari jalur lintasan, seperti Setiabudi (Jakarta Selatan), Kemayoran (Jakarta Pusat), Jatiasih (Bekasi), dan Beji (Depok), menerima kebisingan di bawah ambang batas aman 55 dBA sesuai Kepmen LH No.48 Tahun 1996.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini telah menganalisis paparan kebisingan pesawat terbang pada lintasan approach Instrument Landing System (ILS) Runway 24 Bandar Udara Halim Perdanakusuma dengan menggunakan pendekatan perhitungan teoritis berbasis Sound Pressure Level (SPL) dan data sertifikasi kebisingan pesawat. Hasil analisis menunjukkan bahwa fase approach merupakan fase kritis yang memberikan kontribusi signifikan terhadap tingkat kebisingan di kawasan sekitar bandara, terutama karena pesawat beroperasi pada ketinggian rendah dengan konfigurasi mesin dan aerodinamis yang meningkatkan emisi kebisingan. Perhitungan yang dilakukan pada beberapa tipe pesawat menunjukkan adanya variasi yang jelas dalam jarak paparan kebisingan, yang dipengaruhi oleh karakteristik teknis dan generasi desain pesawat.

Berdasarkan hasil perhitungan, Boeing 737-300 menghasilkan jarak paparan kebisingan terjauh dengan nilai sekitar 7 km dari lintasan approach, diikuti oleh Airbus A320-214 dengan jarak sekitar 4 km, Dassault Falcon 7X sekitar 3,3 km, dan ATR 72-200 sebagai yang terendah dengan jarak sekitar 2,9 km. Evaluasi pada tiga titik lintasan approach, yaitu 1,8 nm, 3 nm, dan 6 nm dari threshold runway, menunjukkan bahwa pada seluruh titik tersebut tingkat kebisingan yang dihasilkan masih melampaui ambang batas 55 dBA yang direkomendasikan untuk kawasan permukiman. Temuan ini mengindikasikan bahwa kawasan hunian yang berada di bawah lintasan approach ILS Runway 24 berpotensi mengalami paparan kebisingan yang signifikan, khususnya untuk operasi pesawat dengan tingkat kebisingan tinggi.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menegaskan bahwa penentuan jarak aman permukiman di sekitar bandara tidak dapat dilakukan secara seragam, melainkan harus mempertimbangkan variasi tipe pesawat dan karakteristik operasional lintasan penerbangan. Meskipun pendekatan teoritis yang digunakan dalam penelitian ini memberikan gambaran awal yang konservatif mengenai jarak paparan kebisingan, hasil yang diperoleh masih memiliki keterbatasan karena tidak mempertimbangkan faktor lingkungan seperti kondisi meteorologi, topografi, serta efek peredaman bangunan. Oleh karena itu, penelitian lanjutan disarankan untuk melakukan pengukuran kebisingan langsung di lapangan atau menggunakan pemodelan kebisingan lanjutan berbasis perangkat lunak khusus bandara guna meningkatkan akurasi dan validitas hasil. Temuan penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi awal dalam perencanaan tata ruang kawasan sekitar Bandara Halim Perdanakusuma serta sebagai dasar pertimbangan dalam pengendalian dampak kebisingan penerbangan secara lebih terarah dan berbasis teknis.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Johansson, "Aircraft approach noise trials," Proc. Inst. Acoust., vol. 44, no. 3, pp. 45–56, 2022. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/362530823_Aircraft_Approach_Noise_Trials. [Accessed: Jan. 5, 2025].

[2] "Estimasi Kebisingan Pemukiman Padat Penduduk Disekitar Bandara (Studi Kasus: Bandara Halim Perdanakusuma)," J. Teknol. Kedirgantaraan, vol. 6, no. 1, 2021. [Online]. Available: https://jurnal.ftkunsurya.com/index.php/jtk/article/view/27. [Accessed: Jan. 5, 2025].

[3] Admin, "Kebisingan dan pengaruhnya terhadap pendengaran," Dinas Kesehatan Provinsi NTB, Apr. 27, 2021. [Online]. Available: https://dinkes.ntbprov.go.id/berita/datin/kebisingan-danpengaruhnyaterhadap-pedengaran/. [Accessed: Jan. 5, 2025].

[4] D. Imami, A. Zahra, N. K. Sari, and W. Prayogo, "Spatial analysis of noise levels and evaluation of noise zones around Radin Inten II International Airport, Lampung Province," J. Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan, vol. 19, no. 3, pp. 542–552, 2022. [Online]. Available: https://ejournal.undip.ac.id/index.php/presipitasi/article/view/47093. [Accessed: Jan. 5, 2025].

[5] N. R. Putra, "Pembuatan alat sekat peredam kebisingan semi permanen dalam rangka upaya menurunkan kebisingan (Studi kasus CV. Rakabu Furniture)," 2011.

[6] Editorial, "Pengertian permukiman, tujuan, dan bedanya dengan perumahan," Blog Nimbus9, Jul. 11, 2022. [Online]. Available: https://nimbus9.tech/blog/permukiman-adalah/. [Accessed: Jan. 6, 2025].

[7] R. Rusmawan, "Pemilihan lahan untuk lokasi permukiman," Geomedia: Majalah Ilmiah dan Informasi Kegeografian, vol. 7, no. 2, 2018. [Online]. Available:

[8] https://journal.uny.ac.id/index.php/geomedia/article/view/19088/10567. [Accessed: Jan. 6, 2025].

[9] T. Hartiwi, "Fase penerbangan pesawat terbang," Alat-Test.Com, Feb. 18, 2021. [Online]. Available: https://alat-test.com/blog/fase-penerbanganpesawatterbang/. [Accessed: Jan. 8, 2025].

[10] G. AG, "What does 'Descent' mean?," GlobeAir. [Online]. Available: https://www.globeair.com/g/descent. [Accessed: Feb. 6, 2025].

[11] M. F. Zulfa, R. I. S., and S. H. S. P., "Prototype charging system photovoltaic berbasis IoT dengan fuzzy logic," Approach: J. Teknol. Penerbangan, vol. 7, no. 2, 2024. [Online]. Available: https://ejournal.poltekbangsby.ac.id/index.php/approach. [Accessed: Jan. 14, 2025].

[12] "Arti landing dan istilah lain dalam aktivitas penerbangan," Kumparan. [Online]. Available: https://kumparan.com/pengertian-dan-istilah/arti-landing-dan-istilahlain-dalam-aktivitaspenerbangan- 21PkSVETBCo/2. [Accessed: Feb. 14, 2025].

[13] Saputra, Instrument Landing System [PDF]. Scribd. [Online]. Available: https://www.scribd.com. [Accessed: Jul. 22, 2025].

[14] EASA Type Certificate Data Sheet For Noise TCDSN No.: EASA.A.064.3. [Online]. Available: https://www.easa.europa.eu. [Accessed: Jun. 11, 2025].

[15] "Kembali layani penerbangan komersial, ini profil Bandara Halim Perdanakusuma," Tempo, Sep. 4, 2022. [Online]. Available: https://www.tempo.co/ekonomi/kembali-layani-penerbangankomersialini- profil-bandara-halim-perdanakusuma--296093. [Accessed: Feb. 3, 2025].

[16] Admin, "Bandar udara Halim Perdanakusuma—Jakarta," Aviasipedia, Mar. 19, 2022. [Online]. Available: https://aviasipedia.com/2022/03/19/bandar-udarahalim-perdanakusuma-adalah-bandarudara/. [Accessed: Feb. 7, 2025].

[17] Johansson, "Aircraft approach noise trials," Proceedings of the Institute of Acoustics, vol. 44, no. 3, pp. 45–56, 2022. [Online] https://www.researchgate.net/publication/362530823_Aircraft_Approach_Noise_Trials. [Accessed: Feb. 7, 2025].

[18] R. G. Anjani, "Estimasi kebisingan pada pemukiman dibawah lintasan standard terminal arrival route Bandara Halim Perdanakusuma," Skripsi, Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma, 2023. [Accessed: Jun. 11, 2025].

[19] Avibroker, Airbus A320-214 specifications [PDF], 2014. [Online]. Available: https://www.avibroker.com/specs/A320-214%20-%20YOM%202014%20%5BSALE%5D.pdf. [Accessed: Jun. 14, 2025].

[20] "Spesifikasi pesawat Boeing 737," Scribd. [Online]. Available: https://www.scribd.com/document/355418898/Spesifikasi-Pesawat-Boeing-737-docx. [Accessed: Jun. 14, 2025].

[21] Royal Australian Air Force, "Dassault Falcon 7X," RAAF Official Website. [Online]. Available: https://www.airforce.gov.au/aircraft/dassault-falcon-7x. [Accessed: Jun. 14, 2025]

[22] Skybrary, Performance-based navigation (PBN) [PDF]. [Online]. Available: https://skybrary.aero/sites/default/files/bookshelf/3697.pdf. [Accessed: Jun. 14, 2025].

[23] L. T. Leifsson, "Multidisciplinary design optimization of low-noise transport aircraft," Ph.D. dissertation, Virginia Polytechnic Institute and State University, 2006. [Accessed: Jun. 20, 2025].

[24] "Mengenal apa itu Flightradar24 aplikasi pelacak secara real time," Kompas.com, Aug. 30, 2022. [Online]. Available: https://www.kompas.com/tren/read/2022/08/30/200100165/mengenal-apa-ituflightradar24-aplikasi-pelacak-penerbangan-real-time. [Accessed: Jun. 22, 2025].

[25] Federal Aviation Administration Advisory Circular (AC) 36-3H, U.S. Department of Transportation, 1991. [Accessed: Jun. 22, 2025].