

Analisis Tingkat Kebisingan Pesawat Saat Take-Off Berdasarkan Variasi Tinggi Lintasan di Bandara Halim Perdanakusuma

Arindho Andriha Faturrohman^{(1)*}, Mufti Arifin⁽²⁾, Ericko Chandra Utama⁽³⁾

(1)(2)(3)Prodi Teknik Penerbangan, Fakultas Teknologi Kedirgantaraan,
Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma, Jakarta, Indonesia

*Korespondensi Penulis: arindhoaf@gmail.com

Abstrak - Peningkatan frekuensi penerbangan dapat menyebabkan dampak negatif pada lingkungan sekitarnya salah satunya ialah tingkat kebisingan yang tinggi. Kebisingan dapat berasal dari aktifitas pendaratan, tinggal landas, pergerakan menuju landasan pacu, maupun uji mesin pesawat. Kebisingan pesawat terbang saat *take-off* adalah salah satu masalah lingkungan yang perlu diperhatikan di bandara. Tinggi lintasan pesawat saat *take-off* dapat mempengaruhi tingkat kebisingan yang dihasilkan oleh pesawat, namun belum banyak penelitian yang dilakukan untuk mengukur dampak variasi tinggi lintasan terhadap tingkat kebisingan pesawat di Bandara Halim Perdanakusuma. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur tingkat kebisingan pesawat saat *take-off* dengan variasi tinggi lintasan di Bandara Halim Perdanakusuma. Metode yang digunakan pada penelitian ini ialah dengan melakukan observasi pada 4 pesawat yang sedang *take-off* di Bandara Halim Perdanakusuma dengan 3 hari waktu penelitian, dan alat ukur yang digunakan ialah *sound level meter*. *Sound level meter* mengukur kebisingan dalam satuan dBA antara 30 hingga 130 dB dalam frekuensi 20 hingga 20.000 Hz. Berdasarkan hasil perhitungan dan pengukuran yang didapatkan diketahui bahwa ketinggian maksimum ketika pengukuran berada di hari kedua yaitu di titik A sebesar 277 meter, sedangkan pada titik B sebesar 299 meter. Sedangkan pengukuran kebisingan tertinggi pada titik A sebesar 93,1 dB sedangkan pada titik B sebesar 91,5 dB. Nilai kebisingan terukur berdasarkan perhitungan diperkirakan 66,2 dB dan masih berada dibawah sertifikasi kebisingan pesawat Airbus A320 untuk *take off flyover* sebesar 73,7 dB.

Kata kunci: Kebisingan, *Take off*, *Sound Level Meter*, Ketinggian, Sertifikasi, Bandara Halim Perdanakusuma.

Abstract - An increase in flight frequency can have a negative impact on the surrounding environment, one of which is high noise levels. Noise can be generated from activities such as landing, take-off, taxiing to the runway, and aircraft engine testing. Airplane noise during take-off is one of the environmental problems that need attention at airports. The height of the aircraft's trajectory during take-off can affect the noise level generated by the aircraft, but not much research has been conducted to measure the impact of variations in the height of the disturbance on the noise level of aircraft at Halim Perdanakusuma Airport. This study aims to measure the noise level of aircraft during take-off with variations in track height at Halim Perdanakusuma Airport. The method used in this study is to observe 4 aircraft taking off at Halim Perdanakusuma Airport with a research time of 3 days, and the measuring instrument used is a sound level meter. Sound level meters measure noise in dBA units between 30 and 130 dB at a frequency of 20 to 20.000 Hz. Based on the calculation and measurement results obtained, it is known that the maximum height when the measurement is on the second day is at point A of 277 meters, while at point B is 299 meters. While the highest noise measurement at point A is 93,1 dB while at point B it is 91,5 dB. The measured noise value based on calculations is estimated at 66,2 dB and is still below the Airbus A320 aircraft noise certification for flyover take-off of 73,7 dB.

Keywords: Noise, *Take off*, *Sound Level Meter*, Altitude, Certification, Halim Perdanakusuma Airport.

I. PENDAHULUAN

Penerbangan merupakan salah satu transportasi yang sangat penting dalam kehidupan manusia saat ini, baik untuk keperluan bisnis maupun pribadi. Meningkatnya frekuensi penerbangan di suatu bandara akan menimbulkan dampak positif dan negatif^[1]. Salah satu dampak negatif tersebut adalah kebisingan, kebisingan tersebut bukan hanya terjadi di kawasan bandara tersebut saja akan tetapi dampak tersebut akan dirasakan juga bagi masyarakat sekitarnya, baik di dalam maupun di luar wilayah bandara. Efek atau dampak dari tingkat kebisingan yang terus-menerus dapat merusak pendengaran karena bisa mematikan fungsi sel-sel sistem pendengaran^[2].

Intensitas kebisingan di bandara yang ditimbulkan dari aktifitas pesawat udara baik waktu mendarat (*landing*), tinggal landas (*take off*), pergerakan menuju landasan pacu (*taxiing*) serta uji mesin pesawat pun menjadi lebih tinggi^[3]. Penelitian mengenai analisis tingkat kebisingan pesawat sangat penting dilakukan untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhinya, termasuk ketinggian saat pesawat take-off.

Bandara Internasional Halim Perdanakusuma terletak di wilayah administrasi kelurahan khusus Halim Perdanakusuma, serta sebagian berada di wilayah kecamatan Makasar, Kota Madya Jakarta Timur, Pemerintah Provinsi DKI Jakarta dan letak geografis Bandara pada koordinat 6° 16' 7" LS dan antara 106° 53' 30" BT. Rata-rata bunyi bising yang dihasilkan oleh pesawat yang berada di Bandara Halim Perdanakusuma yaitu lebih dari 100dB. Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Hernayanti, dkk (2018) efek kebisingan dari pesawat-pesawat tersebut bahkan masih dapat dirasakan 15 mil jauhnya^[4].

Dalam penelitian ini akan dilakukan pengukuran kebisingan pesawat berdasarkan variasi tinggi lintasan pesawat yang berbeda-beda pada saat *take off* dengan dua titik pengukuran yang berbeda. Pada saat *take off*, mesin pesawat bekerja dengan sangat keras dan menghasilkan kebisingan yang sangat tinggi.

Kebisingan adalah bunyi yang tidak dikehendaki karena tidak sesuai dengan konteks ruang dan waktu sehingga dapat menimbulkan gangguan terhadap kenyamanan dan kesehatan manusia^[5]. Menurut *International Civil Aviation Organization* (ICAO) Annex 16 mengenai *Environmental Protection* atau Perlindungan Lingkungan, dijelaskan bahwa orientasi dan tata letak bandar udara harus dipilih untuk melindungi sejauh mungkin area yang sangat sensitif seperti zona perumahan, sekolah, dan rumah sakit dari ketidaknyamanan yang disebabkan oleh kebisingan pesawat^[6].

Suara atau bunyi-bunyian dapat diukur dengan suatu alat yang disebut "*sound level meter*" yaitu berupa intensitas atau kekerasan suara dihitung dengan satuan *desibel* dan frekuensi atau gelombang suara dihitung dengan satuan *Hertz*. Skala penilaian yang akan digunakan untuk menentukan nilai dari hasil pengukuran yaitu dengan menggunakan rumus LAeq (tingkat kebisingan equivalen) yaitu tingkat kebisingan dari kebisingan yang berubah-ubah selama selang waktu tertentu. Persamaan LAeq adalah sebagai berikut:

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n 10^{\frac{L_A(k)}{10}} \right] \quad (1)$$

Dengan keterangan sebagai berikut:

$L_A(k)$: tingkat suara yang diterima

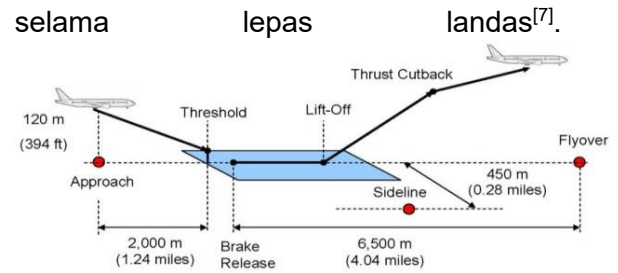
n : jumlah sampel dalam waktu pengukuran

Selain perhitungan kebisingan equivalen menggunakan rumus LAeq, terdapat perhitungan perambatan bunyi atau bisa disebut dengan *Sound Pressure*. *Sound pressure level* merupakan fluktuasi dari tekanan udara. Ketika suatu sumber bunyi menghasilkan bunyi, maka bunyi tersebut akan merambat melalui medium udara yang ada disekitarnya. Ketika terjadi perambatan, maka terjadi perubahan tekanan atmosfer beberapa saat. Kekuatan suara yang dipancarkan oleh suatu sumber menyebar ke permukaan yang semakin besar, dengan jarak yang semakin jauh dari sumber. Oleh karena itu, intensitas suara (kekuatan suara) turun ketika jarak dari sumber bertambah. Maka selisih nilai tingkat tekanan suara pada jarak satu (r_1) dan pada jarak dua (r_2) dapat di tentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$SPL(r_1) - SPL(r_2) = 10 \log \frac{r_2^2}{r_1^2} = 20 \log \frac{r_2}{r_1} \quad (2)$$

Data yang telah didapatkan dari pengukuran di lapangan akan digunakan untuk melakukan perhitungan sertifikasi kebisingan pesawat yang diukur yaitu pesawat dengan tipe Airbus A320. Tujuan sertifikasi kebisingan adalah untuk memastikan bahwa teknologi pengurangan kebisingan terbaru yang aman dan layak terbang dimasukkan ke dalam desain pesawat terbang dan memungkinkan pengurangan kebisingan yang dialami oleh masyarakat serta menentukan pesawat memiliki tingkat kebisingan ambang batas wajar yang diatur dalam CASR Part 36: *Noise Standard*.

Sertifikasi kebisingan ini dikeluarkan oleh pihak yang berwenang, di Indonesia hal ini dilakukan oleh DGCA (*Directorate General of Civil Aviation*). Menurut CASR Part 36 untuk titik pengukuran kebisingan pada saat *take off* berada pada garis sejajar dan 6.500 m dari garis tengah landasan pacu, atau garis tengah landasan pacu yang diperpanjang, di mana tingkat kebisingan maksimum



Gambar 1.1 ICAO and FAR noise certification points^[7]

Airbus A320 menghasilkan tingkat kebisingan saat *Take off* sebesar 73,7 dB^[8]. penghitungan tingkat kebisingan yang belum dapat diketahui nilai ketinggiannya pada titik pengukuran yang dikeluarkan ICAO dapat berjalan dengan menggunakan rumus kesebangunan dimana dua titik pengukuran dan titik pengukuran standar sertifikasi ICAO memiliki sisi-sisi yang bersesuaian sebanding (proporsional) dan sudut-sudut yang bersesuaian sama besar. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\frac{X_2}{X} = \frac{Y_1}{Y_2} \quad (3)$$

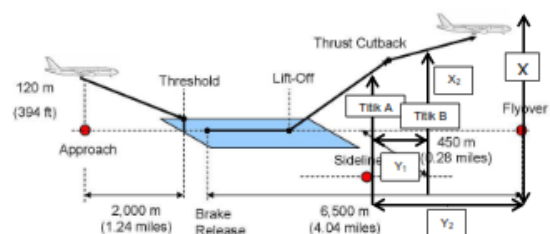
Dengan keterangan sebagai berikut:

X_2 = Jarak ketinggian terakhir yang diketahui

X = Nilai yang dicari

Y_1 = Panjang lintasan dari titik A dengan titik B

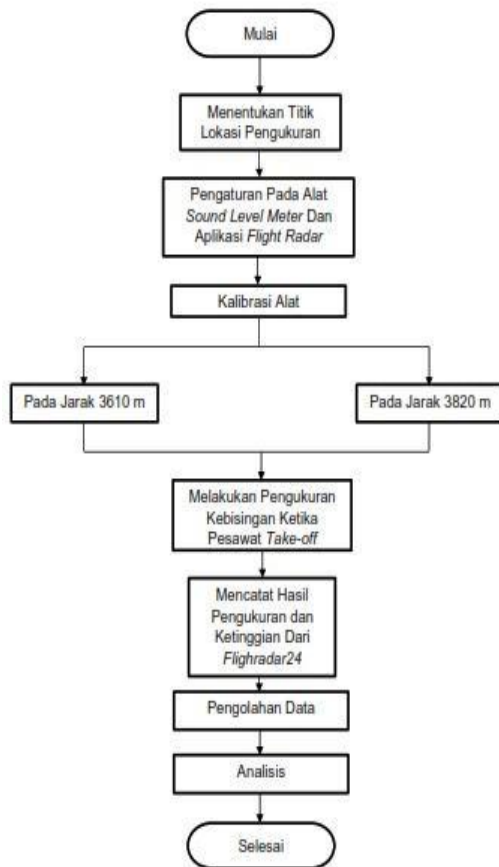
Y_2 = Panjang lintasan titik A menuju titik standar pengukuran kebisingan



Gambar 1.2. Keterangan Titik Pengukuran

II. METODE PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian dilakukan secara berurutan sesuai dengan *flowchart* dibawah ini:



Gambar 2.1 Diagram Alur Penelitian

Penelitian dilakukan dengan beberapa tahap perhitungan dan analisis dengan rincian prosedur sebagai berikut:

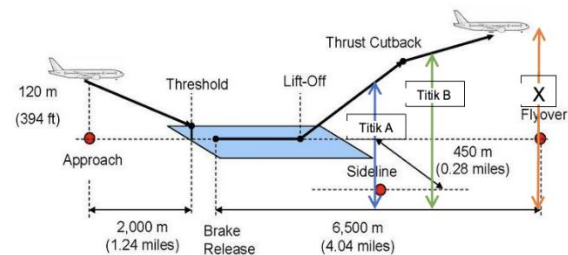
1. Menentukan lokasi pengukuran yang sudah ditentukan.
2. Mempersiapkan alat yang akan digunakan yaitu *Sound Level Meter* dan aplikasi *Flightradar24* untuk mengetahui jarak ketinggian pesawat.
3. Mengkalibrasikan alat ukur kebisingan.
4. Melakukan pengukuran saat pesawat sedang *take off* dan posisi sejajar dengan alat ukur.
5. Melakukan pencatatan ketinggian dan besar kebisingan pada

pesawat yang sejajar dengan alat ukur.

6. Menghitung menggunakan persamaan *measuring loudness levels*
7. Melakukan analisa perbandingan data yang sudah didapatkan.

Adapun prosedur yang perlu dilakukan untuk melakukan pengukuran adalah:

1. Mencari posisi untuk menentukan jarak pengukuran pada 2 titik dari Bandara Halim Perdanakusuma dengan menggunakan bantuan *Flightradar24* supaya dapat mengetahui lintasan yang akan dilewati oleh pesawat. Titik A lebih dekat dengan landasan pacu bandara Halim Perdanakusuma daripada titik B, sedangkan keterangan X pada gambar tersebut adalah titik pengukuran berdasarkan sertifikasi kebisingan.



Gambar 2.2. Visualisasi Pengukuran Kebisingan

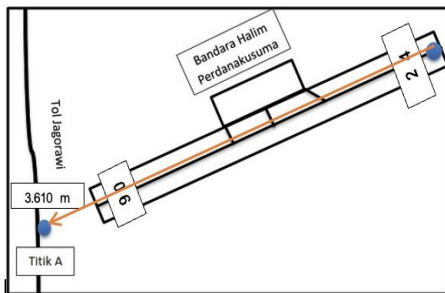
2. Mengukur kebisingan di pemukiman pada 2 titik yang sudah ditentukan tanpa adanya pesawat dengan menggunakan alat *Sound Level Meter*.
3. Mengukur kebisingan di pemukiman pada 2 titik yang sama, dengan adanya sumber kebisingan dari pesawat menggunakan alat *Sound Level Meter*.
4. Alat ukur *Smart Sensor Digital Sound Level Meter* dengan tipe AS804 diletakkan menggunakan *tripod* pada ketinggian 1 meter diatas permukaan tanah untuk melakukan pengukuran pada titik A.
5. Pengukuran juga dilakukan menggunakan

alat ukur *Smart Sensor Digital Sound Level Meter* dengan tipe AS804 diletakkan menggunakan tongkat pada ketinggian 1 meter di atas permukaan tanah pada titik B.

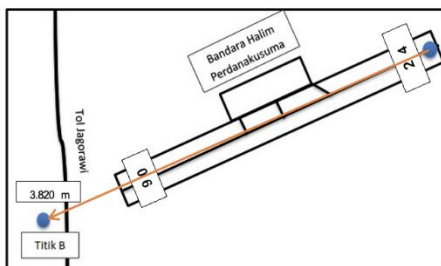
- Pengukuran dimulai dengan melihat jadwal pesawat yang ada di aplikasi *flightradar24* ketika pesawat memulai *engine take off* secara *real time* dan perekaman pada alat ukur kebisingan mulai dilakukan. Nilai pengukuran yang diambil hanya ketika kebisingan pesawat mulai terdengar sampai saat kebisingan pesawat mulai menghilang.
- Setelah dilakukan pengukuran, langkah selanjutnya adalah mengolah data dari hasil pengukuran kebisingan di 2 titik lokasi yang berbeda di sekitar Bandara Halim Perdanakusuma selama 3 hari.

2.1 Waktu dan Lokasi Pengukuran

Pengambilan data ini dilaksanakan pada tanggal 15 Juni 2023 – 17 Juni 2023 pada 2 titik yang sudah ditentukan, yaitu:



Gambar 2.3. Titik lokasi A jarak 3.610 m dari ujung landasan pacu



Gambar 2.4. Titik lokasi B jarak 3.820 m dari ujung landasan pacu

2.2 Tipe Pesawat Yang Digunakan

Besarnya intensitas kebisingan pada saat pengukuran bergantung pada beberapa hal salah satunya pada tipe pesawat. Berikut adalah tipe pesawat dan nomor registrasi pesawat yang telah diukur selama 3 hari pengukuran:

Tabel 2.1. Tabel Tipe Pesawat dan Nomor Registrasi

Hari	Tipe Pesawat	No. Reg.
Kamis/15-06-2023	Airbus A320	PK-LAW
	Airbus A320	PK-LUU
	Airbus A320	PK-LAI
	Airbus A320	PK-LAZ
Jumat/16-06-2023	Airbus A320	PK-GTH
	Airbus A320	PK-LUJ
	Airbus A320	PK-GQC
	Airbus A320	PK-LAQ
Sabtu/17-06-2023	Airbus A320	PK-LUT
	Airbus A320	PK-LAJ
	Airbus A320	PK-LUR
	Airbus A320	PK-GLY

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengukuran Kebisingan

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan rumus LAeq (tingkat kebisingan equivalen) sebagaimana telah dicantumkan pada persamaan 1. Data yang dihitung hanya ketika kebisingan mulai terdengar hingga kebisingan menghilang. Berdasarkan data yang telah diperoleh, maka perhitungan adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Titik A} &= 10 \text{ Log } \left(\frac{1}{20} 64015116,0 \right) \\
 &= 10 \text{ Log } (3200755,8) \\
 &= 65,0 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Titik B} &= 10 \text{ Log } \left(\frac{1}{20} 923554,4 \right) \\
 &= 10 \text{ Log } (46177,72) \\
 &= 46,6 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

Tabel 2.2 Tabel Tanpa Pesawat

TANPA PESAWAT/160623						
detik	Titik A			Titik B		
	dB	$\frac{LA(k)}{10}$	$\frac{LA(k)}{10^{10}}$	dB	$\frac{LA(k)}{10}$	$\frac{LA(k)}{10^{10}}$
1	64,1	6,41	2570395,8	47,3	4,73	53703,2
2	64,5	6,45	2818382,9	46,3	4,63	42658,0
3	67,9	6,79	6165950,0	47,5	4,75	56234,1
4	64,5	6,45	2818382,9	49,5	4,95	89125,1
5	63,6	6,36	2290867,7	48,5	4,85	70794,6
6	64,2	6,42	2630268,0	49,0	4,9	79432,8
7	66,2	6,62	4168693,8	47,5	4,75	56234,1
8	64,5	6,45	2818382,9	46,9	4,69	48977,9
9	64,0	6,4	2511886,4	46,2	4,62	41686,9
10	63,8	6,38	2398832,9	45,7	4,57	37153,5
11	64,7	6,47	2951209,2	44,9	4,49	30903,0
12	67,0	6,7	5011872,3	43,4	4,34	21877,6
13	62,5	6,25	1778279,4	43,0	4,3	19952,6
14	66,5	6,65	4466835,9	42,3	4,23	16982,4
15	63,9	6,39	2454708,9	43,5	4,35	22387,2
16	65,1	6,51	3235936,6	44,3	4,43	26915,3
17	64,0	6,4	2511886,4	45,6	4,56	36307,8
18	63,0	6,3	1995262,3	47,0	4,7	50118,7
19	66,8	6,68	4786300,9	47,6	4,76	57544,0
20	65,6	6,56	3630780,5	48,1	4,81	64565,4
TOTAL			64015116,0			923554,4

Tabel 2.3 Tabel Pesawat PK-GTH

PK-GTH/160623						
detik	Titik A			Titik B		
	dB	$\frac{LA(k)}{10}$	$\frac{LA(k)}{10^{10}}$	dB	$\frac{LA(k)}{10}$	$\frac{LA(k)}{10^{10}}$
1	81,9	8,19	154881661,9	46,4	4,64	43651,6
2	82,5	8,25	177827941,0	47,4	4,74	54954,1
3	83,5	8,35	223872113,9	49,7	4,97	93325,4
4	83,9	8,39	245470891,6	51,5	5,15	141253,8
5	85,8	8,58	380189396,3	53,4	5,34	218776,2
6	86,0	8,6	398107170,6	54,9	5,49	309029,5
7	88,3	8,83	676082975,4	56,2	5,62	416869,4
8	90,0	9	1000000000,0	58,4	5,84	691831,0
9	92,0	9,2	1584893192,5	64,5	6,45	2818382,9
10	89,6	8,96	912010839,4	69,3	6,93	8511380,4
11	88,3	8,83	676082975,4	74,3	7,43	26915348,04
12	89,3	8,93	851138038,2	76,5	7,65	44668359,22
13	85,3	8,53	338844156,1	78,7	7,87	74131024,13
14	86,9	8,69	489778819,4	83,3	8,33	213796209
15	88,3	8,83	676082975,4	83,6	8,36	229086765,3
16	77,3	7,73	53703179,6	84,9	8,49	309029543,3
17	75,5	7,55	35481338,9	87,0	8,7	501187233,6
18	83,9	8,39	245470891,6	88,7	8,87	741310241,3
19	80,4	8,04	109647819,6	86,4	8,64	436515832,2
20	68,4	6,84	6918309,7	78,8	7,88	75857757,5
TOTAL			9236484686,3			266579767,8

Titik A = $10 \log \left(\frac{1}{20} 9236484686,3 \right)$
 = $10 \log (461824234,3)$
 = 86,6 dB

Titik B = $10 \log \left(\frac{1}{20} 2665797767,8 \right)$
 = $10 \log (133289888,4)$
 = 81,2 dB

Titik A = $10 \log \left(\frac{1}{20} 5247828856,5 \right)$
 = $10 \log (262391442,8)$
 = 84,1 dB

Titik B = $10 \log \left(\frac{1}{20} 1586994751,6 \right)$
 = $10 \log (79349737,58)$
 = 78,9 dB

Tabel 2.4. Tabel Pesawat PK-LUJ

PK-LUJ/160623						
detik	Titik A			Titik B		
	dB	$\frac{LA(k)}{10}$	$\frac{LA(k)}{10^{10}}$	dB	$\frac{LA(k)}{10}$	$\frac{LA(k)}{10^{10}}$
1	77,5	7,75	56234132,5	53,5	5,35	223872,1
2	79,9	7,99	97723722,1	53,8	5,38	239883,3
3	80,4	8,04	109647819,6	59,4	5,94	870963,6
4	82,1	8,21	162181009,7	57,4	5,74	549540,9
5	84,4	8,44	275422870,3	55,2	5,52	331131,1
6	85,9	8,59	389045145,0	59,5	5,95	891250,9
7	88,4	8,84	691830970,9	62,0	6,2	1584893,2
8	91,3	9,13	1348962882,6	63,2	6,32	2089296,1
9	88,3	8,83	676082975,4	65,8	6,58	3801894,0
10	86,5	8,65	446683592,2	73,4	7,34	21877616,2
11	85,3	8,53	338844156,1	76,9	7,69	48977881,94
12	83,7	8,37	234422881,5	76,6	7,66	45708818,96
13	81,1	8,11	12882495,2	79,9	7,99	97723722,1
14	79,5	7,95	89125093,8	80,2	8,02	104712854,8
15	78,6	7,86	72443596,0	82,0	8,2	158489319,2
16	76,1	7,61	40738027,8	83,6	8,36	229086765,3
17	75,6	7,56	36307805,5	85,1	8,51	323593656,9
18	73,7	7,37	23442288,2	82,4	8,24	173780082,9
19	72,3	7,23	16982436,5	81,4	8,14	138038426,5
20	71,1	7,11	12882495,5	83,7	8,37	234422881,5
TOTAL			5247828856,5			1586994751,6

Titik A = $10 \log \left(\frac{1}{20} 5247828856,5 \right)$
 = $10 \log (262391442,8)$
 = 84,1 dB

Titik B = $10 \log \left(\frac{1}{20} 1586994751,6 \right)$
 = $10 \log (79349737,58)$
 = 78,9 dB

Tabel 2.5 Tabel Pesawat PK-GQC

PK-GQC/160623						
detik	Titik A			Titik B		
	dB	$\frac{LA(k)}{10}$	$\frac{LA(k)}{10^{10}}$	dB	$\frac{LA(k)}{10}$	$\frac{LA(k)}{10^{10}}$
1	70,3	7,03	10715193,1	47,5	4,75	56234,1
2	71,5	7,15	14125375,4	51,1	5,11	128825,0
3	78,3	7,83	67608297,5	52,4	5,24	173780,1
4	80,6	8,06	114815362,1	53,9	5,39	245470,9
5	82,6	8,26	181970085,9	52,2	5,22	165958,7
6	86,4	8,64	436515832,2	54,1	5,41	257039,6
7	90,0	9	1000000000,0	55,3	5,53	338844,2
8	92,4	9,24	1737800828,7	56,9	5,69	489778,8
9	90,7	9,07	1174897554,9	59,2	5,92	831763,8
10	88,9	8,89	776247116,6	64,3	6,43	2691534,8
11	87,3	8,73	537031796,4	67,8	6,78	6025595,861
12	85,5	8,55	354813389,2	76,4	7,64	43651583,22
13	84,2	8,42	263026799,2	81,1	8,11	128824955,2
14	80,6	8,06	114815362,1	83,6	8,36	229086765,3
15	77,4	7,74	54954087,4	86,7	8,67	467735141,3
16	75,7	7,57	37153522,9	88,7	8,87	741310241,3
17	72,4	7,24	17378008,3	91,5	9,15	141253754,5
18	74,6	7,46	28840315,0	89,4	8,94	87096359,0
19	72,1	7,21	16218101,0	82,7	8,27	186208713,7
20	70,6	7,06	11481536,2	80,7	8,07	117489755,5
TOTAL			6950408564,4			4209213115,7

$$\begin{aligned} \text{Titik A} &= 10 \text{ Log } \left(\frac{1}{20} 6950408564,4\right) \\ &= 10 \text{ Log } (347520428.2) \\ &= 85,4 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Titik B} &= 10 \text{ Log } \left(\frac{1}{20} 4209213115,7\right) \\ &= 10 \text{ Log } (210460655.7) \\ &= 83.2 \text{ dB} \end{aligned}$$

Tabel 2.6. Tabel Pesawat PK-LAQ

PK-LAQ/160623						
detik	Titik A			Titik B		
	dB	$\frac{LA(k)}{10}$	$\frac{LA(k)}{10^{-19}}$	dB	$\frac{LA(k)}{10}$	$\frac{LA(k)}{10^{-19}}$
1	78,3	7,83	67608297,5	52,5	5,25	177827,9
2	83,4	8,34	218776162,4	54,5	5,45	281838,3
3	86,2	8,62	416869383,5	54,1	5,41	257039,6
4	88,2	8,82	660693448,0	55,7	5,57	371535,2
5	89,9	8,99	977237221,0	59,9	5,99	977237,2
6	90,6	9,06	1148153621,5	61,4	6,14	1380384,3
7	89,5	8,95	891250938,1	64,4	6,44	2754228,7
8	86,9	8,69	489778819,4	67,1	6,71	5128613,8
9	84,5	8,45	281838293,1	65,8	6,58	3801894,0
10	78,8	7,88	75857757,5	76,9	7,69	48977881,9
11	74,2	7,42	26302679,9	81,1	8,11	128824955,2
12	77,8	7,78	60255958,6	82,8	8,28	190546071,8
13	69,4	6,94	8709635,9	82,1	8,21	162181009,7
14	67,4	6,74	5495408,7	84,1	8,41	257039578,3
15	66,6	6,66	4570881,9	85,9	8,59	389045145
16	64,3	6,43	2691534,8	86,5	8,65	446683592,2
17	65,2	6,52	3311311,2	86,2	8,62	416869383,5
18	64,3	6,43	2691534,8	84,7	8,47	295120922,7
19	66,4	6,64	4365158,3	86,5	8,65	446683592,2
20	63,4	6,34	2187761,6	64,4	6,44	2754228,7
TOTAL			5348645807,8			2799856960,1

$$\begin{aligned} \text{Titik A} &= 10 \text{ Log } \left(\frac{1}{20} 5348645807,8\right) \\ &= 10 \text{ Log } (267432290.3) \\ &= 84,2 \text{ dB} \end{aligned}$$

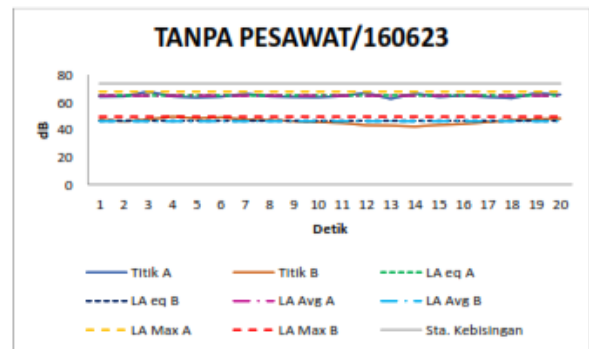
$$\begin{aligned} \text{Titik B} &= 10 \text{ Log } \left(\frac{1}{20} 2799856960,1\right) \\ &= 10 \text{ Log } (347520428.2) \\ &= 85,4 \text{ dB} \end{aligned}$$

Setelah dilakukan perhitungan LAeq, selanjutnya dapat dilakukan perhitungan untuk nilai LA maximum, dan nilai LA rata-rata.

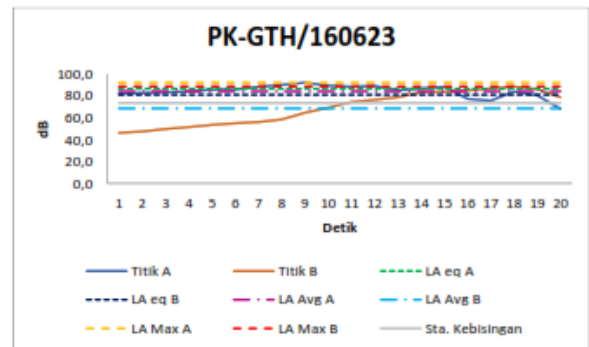
3.2 Analisis Tingkat Kebisingan Terhadap Jarak Ketinggian Pesawat

Dari hasil data yang sudah didapatkan dan telah dilakukan perhitungan untuk nilai LA eq, LA maximum, dan LA rata-rata. Maka dapat

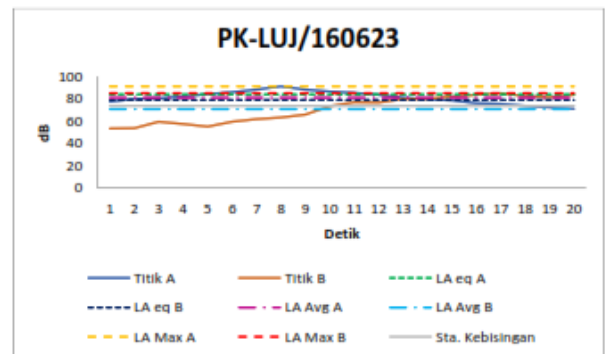
dilakukan analisis perbandingan pada grafik dengan standar dari sertifikasi kebisingan pesawat Airbus A320 yaitu sebesar 73,7 dB. Pada **Gambar 2.5** tanpa pesawat sampai dengan **Gambar 2.6 – 2.9** menunjukkan hasil pengukuran dimana faktor kebisingan pesawat sangat mempengaruhi nilai pengukuran noise yang terjadi di sekitar.



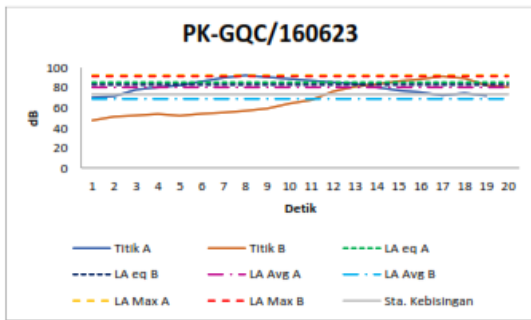
Gambar 2.5. Grafik LAeq, LA Avg, LA Max, Standar Kebisingan tanpa pesawat



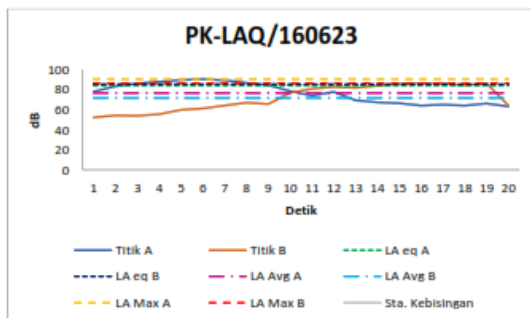
Gambar 2.6. Grafik LAeq, LA Avg, LA Max, Standar Kebisingan PK-GTH



Gambar 2.7. Grafik LAeq, LA Avg, LA Max, Standar Kebisingan PK-LUJ



Gambar 2.8. Grafik LAeq, LA Avg, LA Max, Standar Kebisingan PK-GQC



Gambar 2.9. Grafik LAeq, LA Avg, LA Max, Standar Kebisingan PK-LAQ

3.3 Perhitungan Selisih Hasil Tingkat Kebisingan Dengan Jarak Ketinggian Pesawat

Kebisingan yang dihasilkan pada pesawat yang sedang *take off* menyebar ke permukaan yang semakin dekat dengan alat ukur maka akan semakin besar kebisingan yang dihasilkan. Untuk mengetahui selisih nilai tingkat kebisingan antara tinggi lintasan terdekat di titik lokasi A dengan tinggi lintasan terjauh di titik B. sebagaimana yang telah dicantumkan pada Persamaan 2, nilai yang menjadi perhitungan adalah nilai ketinggian saat kebisingan terukur secara maksimum. Hasil yang didapatkan dengan persamaan tersebut adalah sebagai berikut:

[1] selisih tingkat kebisingan dari jarak 277 meter ke jarak 299 meter

SPL jarak 277 meter – 299 meter

$$SPL (r_1) - SPL (r_2) = 10 \log \frac{r_2^2}{r_1^2} = 20 \log \frac{r_2}{r_1}$$

$$SPL (277) - SPL (299) = 20 \log \frac{299}{277}$$

$$= 20 \log 1.07$$

$$= 0,58 \text{ dB}$$

[2] selisih tingkat kebisingan dari jarak 229 meter ke jarak 262 meter

SPL jarak 251 meter – 291 meter

$$SPL (r_1) - SPL (r_2) = 10 \log \frac{r_2^2}{r_1^2} = 20 \log \frac{r_2}{r_1}$$

$$SPL (229) - SPL (262) = 20 \log \frac{262}{229}$$

$$= 20 \log 1.14$$

$$= 1,13 \text{ dB}$$

[3] selisih tingkat kebisingan dari jarak 244 meter ke jarak 282 meter

SPL jarak 244 meter – 282 meter

$$SPL (r_1) - SPL (r_2) = 10 \log \frac{r_2^2}{r_1^2} = 20 \log \frac{r_2}{r_1}$$

$$SPL (244) - SPL (282) = 20 \log \frac{282}{244}$$

$$= 20 \log 1.15$$

$$= 1,21 \text{ dB}$$

[4] selisih tingkat kebisingan dari jarak 240 meter ke jarak 275 meter

SPL jarak 240 meter – 275 meter

$$SPL (r_1) - SPL (r_2) = 10 \log \frac{r_2^2}{r_1^2} =$$

$$20 \log \frac{r_2}{r_1}$$

$$SPL (240) - SPL (275) = 20 \log \frac{275}{240}$$

$$= 20 \log 1.14$$

$$= 1,13 \text{ dB}$$

Penghitungan perambatan suara digunakan untuk mengetahui nilai kebisingan secara teori dan lalu dibandingkan dengan data yang sudah diukur di lapangan.

3.4 Perhitungan Tingkat Kebisingan Berdasarkan Standar Sertifikasi *Take Off*

Berdasarkan data yang telah didapatkan, bahwa seluruh data yang diambil adalah pesawat bertipe Airbus

A320. Airbus A320 menghasilkan tingkat kebisingan saat *Take off* sebesar 73,7 dB^[8].

Berdasarkan lokasi pengukuran yang terdapat pada **Gambar 5** dan **Gambar 6** maka penghitungan tingkat kebisingan yang belum dapat diketahui nilai ketinggiannya pada titik pengukuran yang dikeluarkan ICAO dapat berjalan dengan menggunakan rumus kesebangunan berdasarkan pada rumus Persamaan 3 dimana dua titik pengukuran dan titik pengukuran standar sertifikasi ICAO memiliki sisi-sisi yang bersesuaian sebanding (proporsional) dan sudut-sudut yang bersesuaian sama besar berdasarkan pada **Gambar 2**.

Perhitungan yang digunakan pada persamaan kesebangunan tersebut berdasarkan dari nilai kebisingan tertinggi terakhir yang diketahui di titik B yaitu 91,5 dB dengan jarak ketinggian dari alat ukur ke pesawat sebesar 282m pada hari kedua pengukuran yang dapat diketahui dari aplikasi *flightradar24*. Berdasarkan standar sertifikasi kebisingan pesawat yang dikeluarkan ICAO maka akan mendapatkan hasil sebagai berikut:

$$\frac{X_2}{X} = \frac{Y_1}{Y_2} = \frac{282}{X} = \frac{210}{2.890}$$

$$210 \cdot X = 2890 \cdot 282$$

$$X = \frac{2.890 \cdot 282}{210}$$

$$X = 3.880 \text{ m}$$

Maka didapatkan bahwa dijarak 6.500 m dari ujung lintasan ketinggian pesawat adalah 3.880 m.

$$\text{SPL}_1 = 91,5 \text{ dB}$$

$$r_1 = 282 \text{ m}$$

$$r_2 = 3.880 \text{ m}$$

$$\text{SPL}_1 - \text{SPL}_2 = 20 \log \frac{r_2^2}{r_1^2}$$

$$91,5 - \text{SPL}_2 = 20 \log \frac{3880^2}{282^2}$$

$$= 25,3 \text{ dB}$$

$$\text{SPL}_2 = 91,5 - 25,3$$

$$= 66,2 \text{ dB}$$

Kebisingan tertinggi yang terukur pada titik B yaitu 91,5 dB pada jarak 210 meter dari titik A. Tingkat kebisingan pada jarak 2.890 meter dari titik A diperkirakan 66,2 dB menggunakan teori perambatan suara dalam bentuk bola dan proporsi tinggi terhadap jarak. Hasil perkiraan ini di bawah nilai sertifikasi dari pesawat Airbus A320 untuk fase *take off flyover* yaitu 73,7 dB.

IV. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan penghitungan yang telah dilakukan pada bab sebelumnya mengenai pengukuran tingkat kebisingan pesawat saat *take off* berdasarkan variasi tinggi lintasan di Bandara Halim Perdanakusuma, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Ketinggian maksimum yang diperoleh pada titik A sebesar 277 meter sedangkan pada titik B sebesar 299 meter dari alat ukur.
2. Pengukuran kebisingan maksimum yang terukur pada titik A sebesar 92,4 dB, sedangkan pada titik B sebesar 91,5 dB.
3. Berdasarkan data yang didapatkan di lapangan dan dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus persamaan kesebangunan dan rumus perambatas suara, maka tingkat kebisingan berdasarkan standar sertifikasi yang dikeluarkan oleh ICAO yaitu sebesar 66,2 dB. Hasil perhitungan ini dibawah nilai sertifikasi dari pesawat Aibus A320

untuk fase *take off flyover* yaitu 73,7 dB.

V. Daftar Pustaka

- [1] Fahreza, L., Fachrul, M. F., & Wijayanti, A. 2019. Intensitas Kebisingan Berdasarkan Jenis Tipe Pesawat Terbang Di Bandar Udara Internasional Minangkabau, Padang Pariaman, Sumatera Barat. *Journal of Environmental Engineering and Waste Management*, vol. 4 (2), p 78.
- [2] Kristiyanto, F., Kurniawan, B., & Wahyuni. I. 2013. Hubungan Intensitas Kebisingan Dengan Gangguan Psikologis Pekerja Departemen Laundry Bagian Washing PT. X Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. Vol. 2 (1), p 75-79.
- [3] Herawati, P. 2016. Dampak Kebisingan Dari Aktifitas Bandara Sultan Thaha Jambi Terhadap Pemukiman Sekitar Bandara. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*. Vol.16 (1).
- [4] Hernayanti, M. A. Joko, T. Dangiran, H. L. 2018. Hubungan Kebisingan Di Bandara Halim Perdanakusuma Jakarta Timur Terhadap Gangguan Non-Auditori Permukiman Penduduk Wilayah *Buffer*. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. Vol. 6 (6).
- [5] Kementerian Negara Lingkungan Hidup RI. 1996. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor KEP-48/MENLH/11/1996 tentang Baku Tingkat Kebisingan. Jakarta.
- [6] ICAO (International Civil Aviation Organization). 2011. Annex 16 6th Edition: *Environmental protection. Volume I, Aircraft noise*. International Civil Aviation Organization. Canada.
- [7] Leifsson, L. T. 2005. *Multidisciplinary Design Optimization of Low-Noise Transport Aircraft*. Virginia.
- [8] U.S Department of Transportation Federal Aviation Administration. 2021. Advisory Circular: Estimated Airplane Noise Levels in A-Weighted Decibels. USA. No, 36-3H Change 1. pp. 18T.