

Studi Penentuan Lokasi Runway 2 Dengan Memperhatikan Kontur Kebisingan Bandara Juanda

Daviq Yepti Edik, Ervina Ahyudanari dan Nursakti Adhi Pratomoatmojo

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

e-mail: ervina@ce.its.ac.id ; pratomoatmojo@urplan.its.ac.id

Abstrak—Bandara Juanda merencanakan untuk membangun runway 2 disisi timur terminal 2. Posisi runway dan gedung terminal perlu direncanakan agar tidak termasuk wilayah Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP) dari runway 1 yang sudah ada. Pada KKOP tidak dibenarkan adanya bangunan atau benda tumbuh, baik yang tetap (fixed) maupun dapat berpindah (mobile), yang lebih tinggi dari batas ketinggian yang diperkenankan sesuai dengan Aerodrome Reference Code (Kode Referensi Landas Pacu) dan Runway Classification (Klasifikasi Landas Pacu) dari suatu bandar udara. Keperluan lahan untuk peletakan navigasi juga menjadi salah satu pertimbangan. Pertimbangan lain adalah berkaitan dengan kebisingan mesin pesawat terhadap kawasan perumahan. Informasi perkiraan lokasi runway 2 ini akan membantu pihak perencana bandara dalam mempersiapkan disain struktur landasan dan bangunan lain di area Timur bandara yang ada, dimana untuk lokasi runway 2 bandara Juanda pada studi ini adalah $7^{\circ}20'57.8''S$ $112^{\circ}51'05.7''E$.

Kata Kunci—KKOP, Runway, Kebisingan.

I. PENDAHULUAN

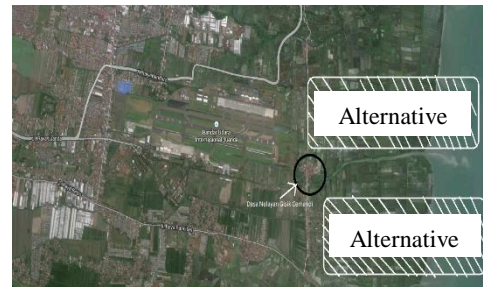
BANDAR udara merupakan suatu prasarana transportasi dengan menggunakan sarana pesawat terbang yang memerlukan waktu lebih sedikit dari pada prasarana transportasi lain dalam perjalanan menuju lokasi yang dituju. Bandar udara lebih ditujukan untuk perjalanan jauh seperti pergi ke negara lain atau ke kota-kota besar. Oleh karena itu, bandar udara merupakan prasarana transportasi yang dipenuhi penumpang tiap tahunnya, seperti halnya pada Bandara Juanda. Bandara Juanda adalah bandara yang melayani kota Surabaya, salah satu kota teramai. Setiap tahunnya, penumpang bandara Juanda terus bertambah, sehingga kapasitas pelayanannya tidak mencukupi kapasitas penumpang. Oleh karena itu, direncanakan pembangunan runway 2 di bandara Juanda untuk mengatasi kurangnya kapasitas pelayanan. Selain masalah kapasitas pelayanan yang kurang, bandara Juanda juga termasuk salah satu dari 5 bandara di Indonesia yang harus siap dalam program Open Sky. Open sky adalah sebuah kesepakatan yang pada intinya menciptakan pasar terbuka di antara negara untuk memberikan peluang yang lebih besar bagi perusahaan penerbangan masing-masing negara dalam menawarkan dan mengoperasikan layanan penerbangan kepada publik.

Pada luas area bandara Juanda, perlu diperhatikan ketersediaan lokasi untuk pembangunan runway 2. Berikut gambaran ketersediaan lahan di bandara Juanda:



Gambar 1. Lokasi Bandara Juanda (Sumber : Google Earth)

Pada gambar 1, terdapat wilayah kosong disebelah kanan yang memungkinkan untuk pembangunan runway 2. Akan tetapi, dalam wilayah kosong tersebut terdapat Desa Nelayan Gisik Cemandi sehingga perkiraan lokasi untuk runway 2 menjadi seperti gambar 2 berikut :



Gambar 2. Perkiraan lokasi Runway 2 (Sumber : Google Earth)

Dalam menentukan perkiraan lokasi pembangunan untuk runway 2, selain dengan menggunakan ketersediaan lokasi yang ada di bandara Juanda, diperlukan juga penentuan *imaginary surface* atau kawasan keselamatan operasional penerbangan (kkop). Kawasan keselamatan operasional penerbangan (kkop) adalah tanah dan/atau perairan dan ruang udara di sekitar bandar udara yang dipergunakan untuk kegiatan operasi penerbangan dalam menjamin keselamatan penerbangan.

Adapun beberapa parameter lain dalam menentukan lokasi pembangunan, yaitu pembangunan harus berada dalam area pengembangan bandara, mengatur akses pada pembangunan runway 2 agar cukup dekat dengan akses yang ada, menentukan kontur kebisingan yang dimiliki oleh pesawat sehingga tidak mengganggu daerah sekitar pada saat *landing* dan *takeoff*. Dimana pada menentukan kontur kebisingan, ketinggian dapat mempengaruhi kebisingan pesawat,

sehingga perlu dipertimbangkan dampak ketinggian terhadap kebisingan.

Dalam penulisan studi ini, membatasi masalah dengan tidak memperhitungkan detail rencana gedung dan fasilitas sisi darat maupun udara dan tidak mempertimbangkan proses pembebasan lahan dan segala biaya yang terkait, serta tidak menentukan prioritas utama antara kkop, kontur kebisingan dan aksesibilitas.

Tujuan studi ini adalah dapat menentukan geometri runway yang akan dibangun, menentukan *imaginary surface* untuk menjaga keselamatan operasional penerbangan, untuk menentukan posisi runway 2 pada area pengembangan bandara yang sesuai dengan keselamatan operasional bandara, untuk menentukan kontur kebisingan pesawat pada arah landing dan takeoff yang berkaitan dengan pengoperasian penerbangan.

II. METODOLOGI

Berikut adalah proses yang dilakukan dalam studi ini.

A. Pengumpulan Data

Dalam mengumpulkan data pesawat dibutuhkan spesifikasi pesawat berupa wing span dan outer main gear wheel span (mtow). Beberapa data spesifikasi pesawat perlu di koreksi untuk mendapat panjang runway actual. Pengoreksian spesifikasi tersebut diambil dari kode-kode dan literatur-literatur yang berkaitan. Berikut ada modul-modul yang digunakan untuk menentukan spesifikasi pesawat termasuk kedalam kategori apa pada ICAO Annex 14, 2004. [1]

Untuk analisis keselamatan penerbangan, perlu menentukan kawasan keselamatan operasional penerbangan (KKOP) dimana ketentuan wilayah keselamatan operasional penerbangan dapat diambil berdasarkan ICAO Annex 14 atau dari FAA.

Tabel 1. Dimensions and slopes of obstacle limitation surfaces (approach runway) [1]

Surface and dimension ^a	RUNWAY CLASSIFICATION											
	Non instrument			Non precision approach				Precision approach category				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
CONICAL												
Slope	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Height	35 m	55 m	75 m	100 m	60 m	75 m	100 m	60 m	100 m	100 m	100 m	100 m
INNER HORIZONTAL												
Height	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m
Radius	2 000 m	2 500 m	4 000 m	4 000 m	3 500 m	4 000 m	4 000 m	3 500 m	4 000 m	4 000 m	4 000 m	4 000 m
INNER APPROACH												
Width	—	—	—	—	—	—	—	90 m	120 m ^b	120 m ^b	120 m ^b	120 m ^b
Distance from threshold	—	—	—	—	—	—	—	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m
Length	—	—	—	—	—	—	—	900 m	900 m	900 m	900 m	900 m
Slope	—	—	—	—	—	—	—	2.5%	2%	2%	2%	2%
APPROACH												
Length of inner edge	60 m	80 m	150 m	150 m	150 m	300 m	300 m	150 m	300 m	300 m	300 m	300 m
Distance from threshold	20 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m
Divergence (each side)	10%	10%	10%	10%	10%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
First section												
Length	1 600 m	2 500 m	3 000 m	3 000 m	2 500 m	3 000 m	3 000 m	3 000 m	3 000 m	3 000 m	3 000 m	3 000 m
Slope	5%	4%	3.33%	2.5%	3.33%	2%	2%	2.5%	2%	2%	2%	2%
Second section												
Length	—	—	—	—	—	3 600 m ^b	3 600 m ^b	12 000 m	3 600 m ^b	3 600 m ^b	3 600 m ^b	3 600 m ^b
Slope	—	—	—	—	—	2.5%	2.5%	3%	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%
Horizontal section												
Length	—	—	—	—	—	8 400 m ^b	8 400 m ^b	—	8 400 m ^b	8 400 m ^b	8 400 m ^b	8 400 m ^b
Total length	—	—	—	—	—	15 000 m	15 000 m	15 000 m	15 000 m	15 000 m	15 000 m	15 000 m
TRANSITIONAL												
Slope	20%	20%	14.3%	14.3%	20%	14.3%	14.3%	14.3%	14.3%	14.3%	14.3%	14.3%
INNER TRANSITIONAL												
Slope	—	—	—	—	—	—	—	40%	33.3%	33.3%	33.3%	33.3%
BALKEED LANDING SURFACE												
Length of inner edge	—	—	—	—	—	—	—	90 m	120 m ^b	120 m ^b	120 m ^b	120 m ^b
Distance from threshold	—	—	—	—	—	—	—	c	1 800 m ^b	1 800 m ^b	1 800 m ^b	1 800 m ^b
Divergence (each side)	—	—	—	—	—	—	—	10%	10%	10%	10%	10%
Slope	—	—	—	—	—	—	—	4%	3.33%	3.33%	3.33%	3.33%

a. All dimensions are measured horizontally unless specified otherwise.
 b. Variable length (see 4.2.9 or 4.2.17).
 c. Distance to the end of strip.
 d. Or end of runway whichever is less.
 e. Where the code letter is F (Column 10) of Table 1-1), the width is increased to 155 m.

Kemudian bila penentuan KKOP tidak memenuhi dengan lokasi runway yang ditentukan sekarang, maka perlu dilakukan analisis ulang dengan lokasi runway yang berbeda.

B. Analisis Kebisingan

Untuk analisis kebisingan pada pesawat yang beroperasi di bandara juanda, terutama pesawat A-380, diperlukan perhitungan manual dikarenakan terbatasnya perhitungan dalam menggunakan software untuk perhitungan kebisingan.

Perhitungan manual tersebut dilakukan berdasarkan besar suara yang dikeluarkan oleh pesawat A-380 dalam dB yang kemudian dihitung berdasarkan berapa jarak antara pesawat dengan daratan, terutama yang ada di sekitar perumahan.

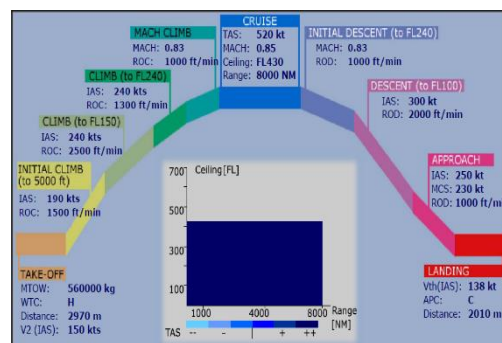
Adapun data kebisingan tiap pesawat yang didapatkan berdasarkan FAA, 2002 [2] beserta batas ambang kebisingan untuk setiap wilayah yang dapat ditoleransi, adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Bunyi Bising Pesawat [2]

No	Aircraft	Family	Jarak Sumber (ft)	Jarak Sumber (ft)
			21325.5	6561.7
			Engine Sound takeoff (dB)	Engine Sound approach (dB)
1	A-319	A-320	73.20	83.5
2	A-320		70.70	84.4
3	B-732	B-737 Original	87.3	91
4	B-733	B-737 Classic	78.2	90.4
5	B-734		80.4	90.4
6	B-735		78.4	89.8
7	B-737	B-737	75.1	86.7
8	B-738	Next	76.8	87.5
9	B-739	Generation	77.1	87.5

1. Zona A : Intensitas 35 – 45 dB (zona yang diperuntukkan bagi RS, tempat penelitian , tempat perawatan kesehatan/sosial)
2. Zona B: Intensitas 45 – 55 dB (zona yang diperuntukkan bagi perumahan, tempat pendidikan dan rekreasi)
3. Zona C : Intensitas 50 – 60 dB (zona yang diperuntukkan bagi perkantoran, perdagangan dan pasar)
4. Zona D : Intensitas 60 – 70 dB (zona yang diperuntukkan bagi industri, pabrik, stasiun KA, terminal bis dan sejenisnya)

Dalam memperhitungkan besar suara, ketinggian juga akan digunakan untuk menentukan jarak tempuh yang diperlukan dalam ketinggian tertentu seperti contoh untuk pesawat A-380 berikut :



Gambar 3. Ketinggian Penerbangan Pesawat dengan ROC dan IAS [3]

Dapat dilihat pada gambar 3.2, pesawat A-380 memiliki tahap *takeoff* pada 5000 ft, FL150 (15000 ft), FL240 (24000 ft) dan *landing* FL240 (24000 ft), FL100 (10000 ft) dan pada saat *cruise* dengan FL430 (43000 ft) dimana setiap *rate of climb* dan *indicated airspeed* berbeda. Sehingga jarak setiap sesi antara pesawat juga berbeda-beda.

Kemudian bila analisis kebisingan tidak memenuhi dengan lokasi *runway* yang ditentukan sekarang, maka perlu dilakukan analisis ulang dengan lokasi *runway* yang berbeda.

C. Gambar Layout Lengkap

Setelah semua ketentuan sudah memenuhi, maka dilanjutkan dengan menggambar layout lengkap yang merupakan hasil dari semua analisis yang sudah dilakukan.

III. HASIL DAN ANALISIS

A. Runway

Tabel 3. Karakteristik Pesawat A380 [4]

Karakteristik Pesawat	
Modul Pesawat	A380-800
Panjang (m)	72.7
Lebar Sayap (m)	79.8
Outer Main Gear Wheel Span (OMGWS) (m)	14.3
Maximum Take-Off Weight (MTOW) (kg)	560000
Aerodrome Reference Field Length (ARFL) (m)	3350
Tyre Pressure (TP) (kPa)	1400

Dengan menggunakan data karakteristik A380 diatas, maka dapat ditentukan panjang dan lebar *runway* berdasarkan ketentuan ICAO Annex 14.

Sehingga, dimensi runway untuk A380 menurut ICAO Annex 14 termasuk pada kategori *code letter F* dan *code number 4* dengan panjang *runway* 1800 meter atau lebih dan lebar *runway* 60 meter.

Tabel 4. Karakteristik Runway

Karakteristik Runway	
Elevasi Runway (m)	3
Suhu rata-rata (°C)	29.5
Slope Runway (%)	1

Dari kedua data karakteristik diatas, selanjutnya dapat dilakukan perhitungan untuk menentukan perencanaan panjang *runway*. Dengan melakukan perhitungan koreksi terhadap *runway* berdasarkan ARFL dan karakteristik *runway* adalah sebagai berikut:

1. Koreksi Elevasi (Fe)
 $= 1 + 0.07 (h / 300)$

$$= 1 + 0.07 (3 / 300)$$

$$= 1.0007 \text{ m}$$

2. Koreksi Temperatur (Ft)
 $= 1 + 0.01 (T - (15 - 0.0065 h))$
 $= 1 + 0.01 (29.5 - (15 - 0.0065 \times 3))$
 $= 1.145195 \text{ m}$

3. Koreksi Slope (Fs)
 $= 1 + 0.1 \times S$
 $= 1 + 0.1 \times 1\%$
 $= 1.001 \text{ m}$

4. Koreksi panjang *runway* :
 $ARFL = Lr_o / (Fe \times Ft \times Fs)$
 $3350 = Lr_o / (1.0007 \times 1.145195 \times 1.001)$
 $Lr_o = 3842.93 \text{ m}$

Dengan mempertimbangkan faktor keamanan dan kemudahan pengerjaan maka, panjang *runway* actual atau yang dikenal juga sebagai TORA (*Take-off Run Available*) adalah 3850 m dengan mengikuti arah yang sama sesuai *runway* yang sudah ada (*runway existing*).

B. Imaginary Surface

Hasil Spesifikasi KKOP disesuaikan dengan ketentuan berdasarkan ICAO Annex 14 dan karakteristik pesawat yang digunakan yaitu A380 dimana termasuk kategori 4F, dengan uraian sebagai berikut: [5]

1. Conical Surface

Jarak mendatar *conical surface* adalah $X = \frac{100}{5\%} = 2000$ meter

2. Inner Horizontal Surface

Bidang khayal horizontal setinggi 45 meter dari elevasi *aerodrome* yang ditinjau. Batas-batasnya dibuat dengan membuat lingkaran dengan jari-jari 4000 meter dari satu titik referensi *aerodrome*.

3. Approach Surface

Jarak threshold 60 meter, panjang sisi bagian dalam 300 meter dan *divergence* tiap sisi 15% dengan bagian pertama memiliki panjang 3000 meter dan *slope* 2% dan bagian kedua memiliki panjang 3600 meter dan *slope* 2.50%.

4. Inner Approach Surface

Berbentuk segi empat memanjang searah sumbu *runway* dengan ketentuan lebar 120 meter, jarak threshold 60 meter, panjang 900 meter dan *slope* 2%.

5. Transitional Surface

Permukaan sepanjang sisi strip dan merupakan bagian dari sisi *approach surface* yang diperluas ke atas dan ke luar dengan kemiringan tertentu sampai berpotongan dengan *inner horizontal surface* yaitu dengan kemiringan 14.3%.

6. Inner Transitional Surface

Batas atas adalah *inner horizontal surface* yaitu dengan kemiringan 33.3%

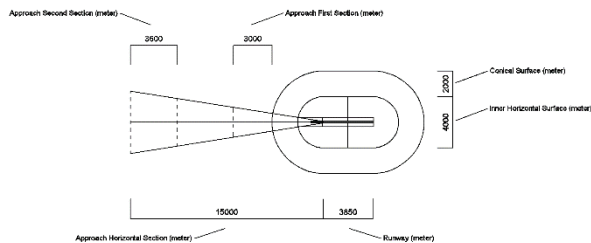
7. Balked Landing Surface

Panjang sisi bagian dalam 120 meter, jarak threshold 1800 meter, *divergence* tiap sisi 10%, *slope* 3.33%.

8. Take-off Runway

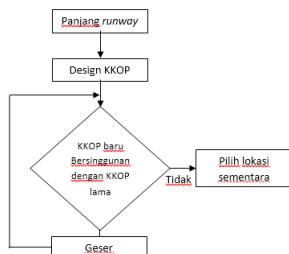
Panjang sisi bagian dalam 180 meter, jarak dari ujung *runway* 60 meter, *divergence* tiap sisi 13%, lebar akhir 1200 meter, panjang 15000 meter dan kemiringan 2%.

Sehingga KKOP yang didapat adalah sebagai berikut:



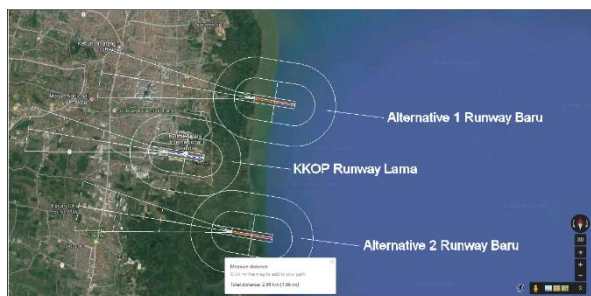
Gambar 4. Hasil Gambar Wilayah KKOP runway 2

Dengan perkiraan penempatan runway mengikuti langkah:



Gambar 5. Flowchart Perkiraan Penempatan Runway (KKOP)

Maka didapat gambar lokasi sementara sebagai berikut :



Gambar 6. Perkiraan Penempatan Runway Berdasarkan KKOP

Tergantung kepada tingkat "ketergantungan" antara dua landasan dalam kondisi IFR. Landasan sejajar berdekatan (Close) mempunyai jarak sumbu kesumbu 100 ft = 213 M (untuk lapangan terbang pesawat transport) sampai 3500 ft = 1067 M. Dalam kondisi IFR operasi penerbangan pada satu landasan tergantung kepada operasi pada landasan lain. Landasan sejajar menengah (Intermediate) mempunyai jarak sumbu kesumbu 3500 ft = 1067 M sampai 5000 ft = 1524 M. Dalam kondisi IFR kedatangan pada satu landasan tidak tergantung kepada keberangkatan pada landasan lain. Landasan sejajar jauh (far) mempunyai jarak sumbu kesumbu 4300ft = 1310 M atau lebih. Dalam kondisi IFR dua landasan dapat dioperasikan tanpa tergantung kepada keberangkatan satu sama lain.

C. Perhitungan Kebisingan Pesawat

Pesawat yang digunakan bandara Juanda adalah sebagai berikut :

Tabel 5. Daftar Pesawat Juanda

Aircraft	Family	Engine
A-319	A-320	IAE V2500 series
A-320		CFM International CFM56-5 series
B-732	B-737 Original	Pratt & Whitney JT8D
B-733	B-737 Classic	CFM International CFM56-3 series
B-734		
B-735		
B-737	B-737	CFM International CFM56-7 series
B-738	Next	
B-739	Generation	

(Sumber : Bandara Juanda)

Dari mesin tiap pesawat, dapat dihitung kebisingan yang dikeluarkan. Untuk contoh perhitungan menentukan decibel (dB), yang digunakan adalah pesawat Family B-737 Classic. Mesin jet B-737 Classic (CFM International CFM56-3 series) mengeluarkan bunyi 150 dB sepanjang runway dengan jarak 3,5 mile = 5632,7 meter = 18480 feet. Digunakan rumus : [6]

$$Sound\ Level\ L\ and\ Distance\ r : L_2 = L_1 - \left[20 \times \log \left(\frac{r_1}{r_2} \right) \right]$$

Dimana : L₂= Sound Level (dB) dari jarak (r₂)

L₁= Sound Level (dB) dari jarak (r₁)

r₁ = jarak dari sumber

r₂ = jarak sumber ke 2

Setiap pesawat memiliki IAS (Indicated Airspeed) dan ROC (Rate of Climb) yang berbeda sehingga mempengaruhi jarak terbang setiap sesi climb dan descent.

Berikut merupakan Tabel untuk hasil semua perhitungan setiap jenis pesawat :

Tabel 6. Sesi 1 Climb to 5000 ft

No	Aircraft	Family	Engine	ROC				Climb (ft)		Engine Sound (dB)	Sound Level (dB)
				T/min	min	IAS	R/min	ft	ft		
1	A-319	A-320	IAE V2500 series	2500	2.00	165	16709.39	13418.77	71.30	69.30	
2	A-320	A-320	CFM International CFM56-5 series	2500	2.00	175	17722.08	15444.15	70.70	68.29	
3	B-732	B-737 Original	Pratt & Whitney JT8D	1500	1.33	175	17722.08	50073.58	87.3	78.45	
4	B-733	B-737 Classic	CFM International CFM56-3 series	2500	2.00	165	16709.39	13418.77	78.2	74.30	
5	B-734			2000	1.67	175	17722.08	29536.78	80.4	77.57	
6	B-735			3000	1.67	165	16709.39	27848.98	78.4	76.08	
7	B-737	B-737	Next	2000	1.67	165	16709.39	27848.98	75.1	72.28	
8	B-738	Next	CFM International CFM56-7 series	2000	1.67	165	16709.39	27848.98	76.8	74.48	
9	B-739	Generation	CFM International CFM56-7 series	2000	1.67	165	16709.39	27848.98	77.1	74.78	

Tabel 7. Sesi 2 Climb to 15000 ft

No	Aircraft	Family	Engine	ROC				Climb (ft)		Engine Sound (dB)	Sound Level (dB)
				T/min	min	IAS	R/min	ft	ft		
1	A-319	A-320	IAE V2500 series	2200	4.50	200	28388.01	13840.95	71.30	57.27	
2	A-320	A-320	CFM International CFM56-5 series	2000	4.50	200	28388.01	14640.15	70.70	53.94	
3	B-732	B-737 Original	Pratt & Whitney JT8D	1200	1.33	250	25317.25	23097.08	87.3	67.39	
4	B-733	B-737 Classic	CFM International CFM56-3 series	2000	4.50	270	27342.63	13673.12	78.2	62.06	
5	B-734			2500	4.50	270	27342.63	10970.52	80.4	66.20	
6	B-735			2500	4.00	270	27342.63	10970.52	78.4	64.20	
7	B-737	B-737	Next	2500	4.50	280	28388.01	11272.84	75.1	61.28	
8	B-738	Next	CFM International CFM56-7 series	2000	4.50	280	28388.01	14640.15	76.8	61.04	
9	B-739	Generation	CFM International CFM56-7 series	2000	4.50	280	28388.01	14640.15	77.1	61.34	

Tabel 8. Sesi 3 Climb to 24000 ft

No	Aircraft	Family	Engine	ROC				Climb (ft)		Engine Sound (dB)	Sound Level (dB)
				T/min	min	IAS	R/min	ft	ft		
1	A-319	A-320	IAE V2500 series	1500	6.00	200	28388.01	17638.05	71.30	54.86	
2	A-320	A-320	CFM International CFM56-5 series	1400	6.43	200	28388.01	18874.15	70.70	51.76	
3	B-732	B-737 Original	Pratt & Whitney JT8D	900	1.00	250	25317.25	22983.25	87.3	66.72	
4	B-733	B-737 Classic	CFM International CFM56-3 series	1400	6.43	270	27342.63	17074.05	78.2	59.88	
5	B-734			2000	4.50	270	27342.63	12541.84	80.4	65.18	
6	B-735			1800	5.00	270	27342.63	13873.12	78.4	62.26	
7	B-737	B-737	Next	2500	4.50	280	28388.01	10274.84	75.1	61.28	
8	B-738	Next	CFM International CFM56-7 series	2000	4.50	280	28388.01	13216.05	76.8	61.04	
9	B-739	Generation	CFM International CFM56-7 series	2000	4.50	280	28388.01	13216.05	77.1	61.28	

Tabel 9.
Sesi 4 Mach Climb

No	Aircraft	Family	Engine	ROD		MACH		Jarak Sesi (ft)		Engine Sound (dB)	Sound Level (dB)
				ft/min	m/s	Mach	ft/min	ft	ft		
1	A-330	A-330	JAE V2500 series	1000	15.00	0.78	3265.37	70960.49	73.20	41.83	
2	A-330	A-330	CFM International CFM56-5 series	1000	17.00	0.78	3265.37	80511.22	70.70	38.24	
3	B-737	B-737 Original	Pratt & Whitney JT8D	500	26.00	0.68	40513.4	119374.30	67.3	52.34	
4	B-737	B-737 Classic	CFM International CFM56-3 series	1000	13.00	0.70	47261.79	614420.27	78.2	49.02	
5	B-737	B-737 Classic	CFM International CFM56-3 series	1000	13.00	0.70	47261.79	614420.27	80.4	51.21	
6	B-737	B-737	Next	1500	11.13	0.72	48654.18	50960.75	75.1	46.86	
7	B-737	Next	CFM International CFM56-7 series	1500	11.13	0.72	48654.18	50960.75	76.8	48.56	
8	B-737	Next	CFM International CFM56-7 series	1500	11.13	0.72	48654.18	50960.75	77.1	48.86	

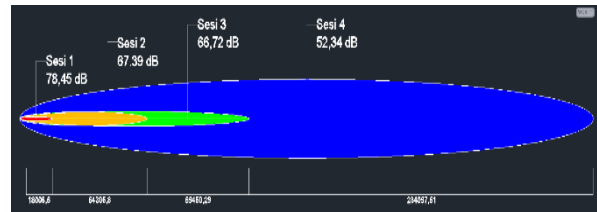
Tabel 10.
Sesi 5 Initial Descent to 24000 ft

No	Aircraft	Family	Engine	ROD		MACH		Jarak Sesi (ft)		Engine Sound (dB)	Sound Level (dB)
				ft/min	m/s	Mach	ft/min	ft	ft		
1	A-330	A-330	JAE V2500 series	1000	15.00	0.78	3265.37	70960.49	83.5	41.89	
2	A-330	A-330	CFM International CFM56-5 series	1000	17.00	0.78	3265.37	80511.22	84.4	41.70	
3	B-737	B-737 Original	Pratt & Whitney JT8D	800	16.25	0.70	47261.79	70836.59	91	49.63	
4	B-737	B-737 Classic	CFM International CFM56-3 series	800	16.25	0.70	47261.79	70836.59	90.4	49.02	
5	B-737	B-737 Classic	CFM International CFM56-3 series	1500	8.67	0.74	49964.58	41930.34	90.4	54.63	
6	B-737	B-737	Next	1000	13.00	0.74	49964.58	49530.51	88.8	49.89	
7	B-737	B-737	Next	1500	11.13	0.72	48654.18	50960.75	87.2	43.76	
8	B-737	Next	CFM International CFM56-7 series	1500	11.13	0.72	48654.18	50960.75	87.5	43.56	
9	B-737	Next	CFM International CFM56-7 series	1500	17.00	0.79	53360.56	90789.571	87.5	44.49	

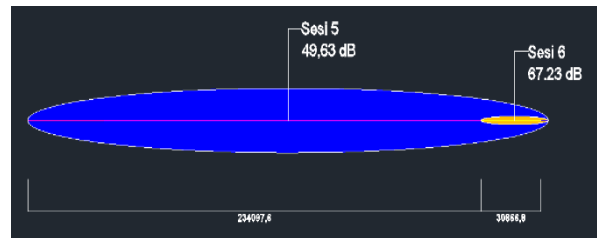
Tabel 11.
Sesi 6 Descent to 10000 ft

No	Aircraft	Family	Engine	ROD		MACH		Jarak Sesi (ft)		Engine Sound (dB)	Sound Level (dB)
				ft/min	m/s	Mach	ft/min	ft	ft		
1	A-330	A-330	JAE V2500 series	3500	4.00	280	29368.01	117472.04	83.5	55.44	
2	A-330	A-330	CFM International CFM56-5 series	3500	4.00	280	29368.01	117472.04	84.4	55.34	
3	B-737	B-737 Original	Pratt & Whitney JT8D	3500	4.00	250	25317.25	101269.00	91	67.23	
4	B-737	B-737 Classic	CFM International CFM56-3 series	3500	4.00	270	27342.63	109370.52	90.4	65.96	
5	B-737	B-737 Classic	CFM International CFM56-3 series	3500	4.00	270	27342.63	109370.52	88.8	65.36	
6	B-737	B-737	Next	3500	4.00	280	29368.01	117472.04	86.2	61.64	
7	B-737	B-737	Next	3500	4.00	280	29368.01	117472.04	87.5	62.44	
8	B-737	Next	CFM International CFM56-7 series	3500	4.00	280	29368.01	117472.04	87.5	62.44	
9	B-737	Next	CFM International CFM56-7 series	3500	4.00	280	29368.01	117472.04	87.5	62.44	

Maka dengan menggunakan rumus perbandingan dB diatas juga bisa didapatkan lebar keseluruhan tiap sesi yang menghasilkan gambar sebagai berikut dibawah :



Gambar 7. Kontur Sesi 1, Sesi 2, Sesi 3 dan Sesi 4



Gambar 8. Kontur Sesi 5 dan Sesi 6

D. Kontur Kebisingan

Dari perhitungan kebisingan pesawat, didapat hasil pesawat yang terbising overall adalah pesawat B-737-200 (B-737 Original) dengan data sebagai berikut :

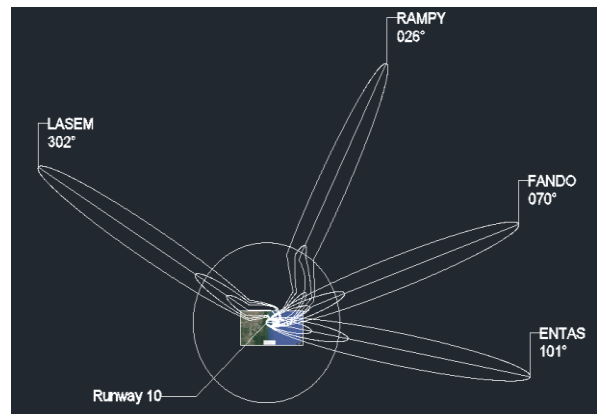
1. Sesi 1 dengan jarak 59073.58 ft didapatkan = 78.45 dB
2. Sesi 2 dengan jarak 210977.08 ft didapatkan = 67.39 dB
3. Sesi 3 dengan jarak 227855.25 ft didapatkan = 66.72 dB
4. Sesi 4 dengan jarak 1193748.30 ft didapatkan = 52.34 dB
5. Sesi 5 dengan jarak 768036.59 ft didapatkan = 49.63 dB
6. Sesi 6 dengan jarak 101269 ft didapatkan = 67.23 dB

Dengan menggunakan rumus perbandingan jarak terhadap dB yaitu $r_2 = r_1 \times 10^{(L_1 - L_2) / 20}$, maka dapat dicari lebar pada sesi 1 hingga sesi 6 dengan ketentuan yang didapat (lebar $r_1 = 4400$ ft atau 1341.12 meter dengan bunyi $L_1 = 75$ dB) sebagai berikut:

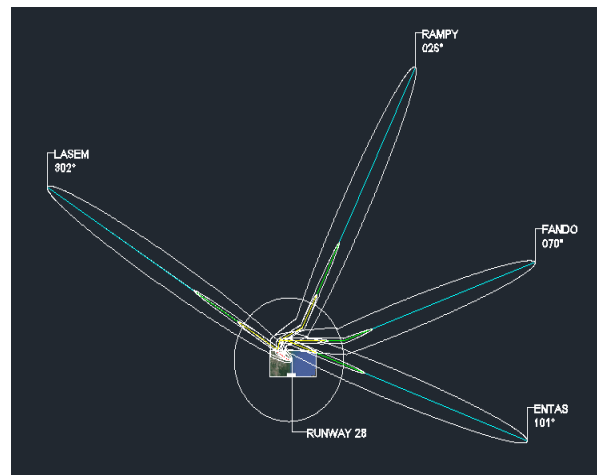
1. Sesi 1 dengan bunyi (L_2) = 78.45 dB maka lebar sesi 1 (r_2) = 901.5 meter
2. Sesi 2 dengan bunyi (L_2) = 67.39 dB maka lebar sesi 2 (r_2) = 3219.6 meter
3. Sesi 3 dengan bunyi (L_2) = 66.72 dB maka lebar sesi 3 (r_2) = 3477.2 meter
4. Sesi 4 dengan bunyi (L_2) = 52.34 dB maka lebar sesi 4 (r_2) = 18217.2 meter
5. Sesi 5 dengan bunyi (L_2) = 49.63 dB maka lebar sesi 5 (r_2) = 24879.0 meter
6. Sesi 6 dengan bunyi (L_2) = 67.23 dB maka lebar sesi 6 (r_2) = 3280.4 meter

Pada menentukan lebar kontur digunakan panduan dari bising pesawat 75 dB, yaitu dengan menghasilkan lebar total 4400 ft (2200 ft kiri dan 2200 ft kanan).

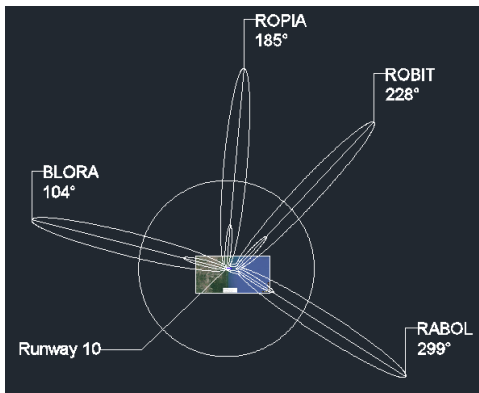
Setelah mendapatkan gambar tiap sesi, maka saatnya menggabungkan kontur tersebut kepada rute pesawat bandara juanda. Bandara juanda mempunyai 4 rute *takeoff* dan *approach*. Sehingga menjadi seperti berikut :



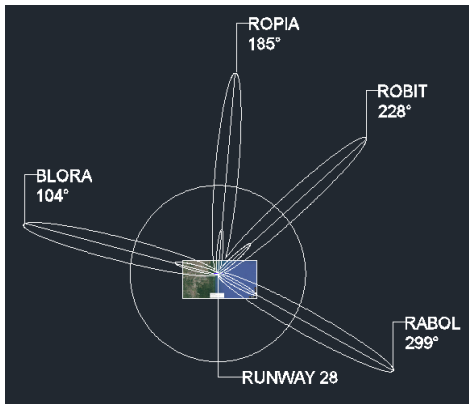
Gambar 9. Rute Kontur Runway 10 Takeoff



Gambar 10. Rute Kontur Runway 28 Takeoff

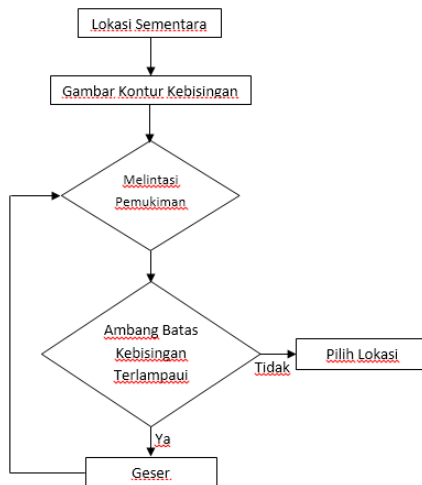


Gambar 11. Rute Kontur Runway 10 Approach



Gambar 12. Rute Kontur Runway 28 Approach

Setelah mendapatkan gambar sesuai rute, kemudian melakukan langkah sebagai berikut

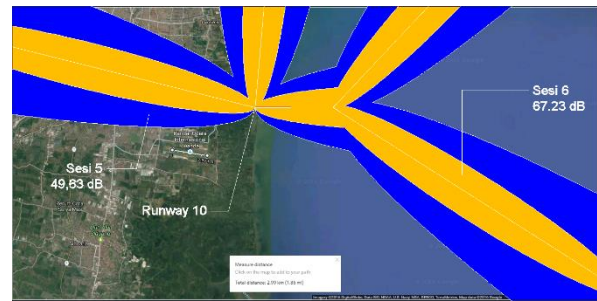


Gambar 13. Flowchart Perkiraan Penempatan Runway (Kontur Kebisingan)

Sehingga gambar yang didapat adalah sebagai berikut :



Gambar 14. Kontur Kebisingan Takeoff



Gambar 15. Kontur Kebisingan Approach

Dengan hasil dari gambar kontur kebisingan diatas, area pemukiman yang berada di sekitar Bandara Juanda khususnya untuk runway 2 ini, mendapatkan kebisingan dari pesawat yang melewati pemukiman sebesar :

1. Pada gambar 13. didapat area pemukiman terkena 52.34 dB dan bila dilihat pada peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.718/Men/Kes/Per/XI/1987 bahwa hasil kebisingan tersebut sudah memasuki angka aman untuk zona B, yaitu zona dengan Intensitas 45 – 55 dB (zona yang diperuntukkan bagi perumahan, tempat pendidikan dan rekreasi).
2. Pada gambar 14. didapat area pemukiman terkena 49.63 dB dan bila dilihat pada peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.718/Men/Kes/Per/XI/1987 bahwa hasil kebisingan tersebut sudah memasuki angka aman untuk zona B, yaitu zona dengan Intensitas 45 – 55 dB (zona yang diperuntukkan bagi perumahan, tempat pendidikan dan rekreasi)

Setelah sudah memastikan posisi runway aman baik dalam KKOP maupun kontur kebisingan, maka bisa didapat lokasi pasti untuk runway baru berada di koordinat 7°20'57.8"S 112°51'05.7"E.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang diperoleh dari penentuan lokasi runway Bandara Juanda yang telah dilakukan pada studi ini, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada penentuan panjang runway, dalam menentukan panjang suatu runway diperlukan pedoman yang sudah ada, sehingga didapat panjang runway baru sepanjang 3850 meter.
2. Pada penentuan runway berdasarkan KKOP, dalam menentukan runway baru berdasarkan KKOP diperlukan wilayah KKOP lama agar tidak bertabrakan dengan yang baru sehingga dengan demikian penempatan runway baru berada di daerah dekat laut.
3. Pada kasus perhitungan kebisingan pesawat A380 dengan pesawat B-737, yang perlu diperhatikan adalah mesin jet yang digunakan berbeda sehingga mempengaruhi kebisingan yang dihasilkan walaupun ukuran pesawat A380 lebih besar dari pesawat B-737. Sehingga kebisingan pesawat yang dipakai untuk menentukan runway adalah B-737-200 karena mesin jetnya yang terbising diantara jenis pesawat lain.
4. Pada kasus penentuan runway berdasarkan kontur kebisingan setelah menentukan lokasi sementara

(KKOP), kasus yang perlu diperhatikan adalah pada penentuan lokasi sementara setelah berdasarkan kontur kebisingan, jika lokasi sementara tersebut melewati ambang batas kebisingan untuk daerah warga maka perlu dilakukan penentuan ulang untuk lokasi sementara sampai 2 syarat tersebut terpenuhi dan untuk studi ini didapat lokasi runway berada di koordinat $7^{\circ}20'57.8''S$ $112^{\circ}51'05.7''E$.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] International Civil Aviation Organization. 2004. Aerodromes – Annex 14 : Volume 1 Aerodrome Design and Operations – 4th ed. Chicago : ICAO.
- [2] Federal Aviation Administration. 2002. Estimated Airplane Noise Levels In A-Weighted Decibels. U.S. Department of Transportation
- [3] Euro Control. “Aircraft Performance Data Base”. 1 Februari 2016
<https://contentzone.eurocontrol.int/aircraftperformance/default.aspx?>
- [4] Wikipedia. “Airbus A380”. 1 Februari 2016
https://id.wikipedia.org/wiki/Airbus_A380#Spesifikasi_pesawat
- [5] Departemen Perhubungan. 2005. Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor : SKEP/77/VI/2005 Tentang Persyaratan Teknis Pengoperasian Fasilitas Teknik Bandar Udara. Jakarta.
- [6] Rumus Sound and Distance. 10 Maret 2016
<http://sengpielaudio.com/calculator-SoundAndDistance.htm>
- [7] Sanderson, Jeppesen. 2013. Airport Information for WARR. Jeppesen Sanderson, INC.
- [8] Ashford, Norman J., et al. 2011. Airport Engineering : Planning, Design, and Development of 21st Century Airports – 4th ed. New Jersey : John Wiley & Sons, Inc.
- [9] Horenjeff, Robert, et al. 2010. Planning and Design of Airports – 5th ed. United States: The McGraw – Hill Companies, Inc.
- [10] Engine Alliance, 2015. “Mesin GP7200”. 1 Februari 2016.
<http://www.enginealliance.com/gp7200.html>