

Tersedia online di www.journal.unesa.ac.id

Halaman jurnal di www.journal.unesa.ac.id/index.php/mitrans

Perencanaan Desain Penambahan Kapasitas *Runway* Berdasarkan Karakteristik Jenis Pesawat di Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya

M. Alwan Fauzan Zaki ^a, Ari Widayanti ^b

^a Program Studi D4 Transportasi, Universitas Negeri Surabaya, Kota Surabaya, Indonesia

^b Program Studi D4 Transportasi, Universitas Negeri Surabaya, Kota Surabaya, Indonesia

email: ^amuhammad.19032@mhs.unesa.ac.id, ^bariwidayanti@unesa.ac.id

INFO ARTIKEL

Sejarah artikel:

Menerima 5 Desember 2023

Revisi 11 Desember 2023

Diterima 14 Desember 2023

Online 17 Desember 2023

Kata kunci:

Desain Kapasitas *Runway*,
Windrose,
Geometrik,
Bandar Udara Internasional
Juanda,
Kota Surabaya.

ABSTRAK

Fasilitas single runway (landasan pacu tunggal) merupakan salah satu fasilitas yang berada di sisi udara pada bandar udara digunakan untuk melayani pesawat yang ingin lepas landas maupun mendarat. Perencanaan penambahan kapasitas landasan pacu didasarkan pada karakteristik pesawat dan jumlah penerbangan. Studi ini melibatkan analisis angin dan perencanaan geometrik runway untuk mengatasi faktor angin dalam merencanakan peningkatan kapasitas landasan. Analisis angin dilakukan untuk menentukan persentase angin crosswind maksimum yang dapat diterima pada periode 2020-2022. Hasil menunjukkan bahwa persentase angin crosswind berada dalam batas yang diizinkan untuk pesawat dengan berbagai karakteristik. Angin permukaan dominan bertiup ke arah Barat Laut dengan kecepatan tertinggi 19 Knot dan kecepatan rata-rata 7,15 Knot. Berdasarkan perencanaan ini, landasan pacu tunggal yang ada perlu diperpanjang sebesar 1065 m dengan lebar tetap 45 m untuk mengakomodasi pesawat desain Boeing B773 atau B777-300. Namun, pesawat campuran seperti A320, B738, dan B739 masih dapat beroperasi dalam dimensi landasan eksisting.

Runway Capacity Additional Design Plan Based on Aircraft Type Characteristic in Juanda International Airport

ARTICLE INFO

Keywords:

Runway Capacity Design,
Windrose,
Geometric,
Juanda International
Airport,
Surabaya City.

ABSTRACT

The single runway facility at Juanda International Airport Surabaya serves aircraft for takeoff and landing purposes. The expansion planning of the runway's capacity is grounded in the characteristics of aircraft and flight volume. This study involves wind analysis and geometric runway planning to address wind factors when enhancing runway capacity. Wind analysis was conducted to determine the permissible percentage of maximum crosswind during the period of 2020-2022. The results indicated that the percentage of crosswind remains within the allowed limits for aircraft with various

Style APA dalam menyitasi artikel ini:

Zaki, M. A. F., & Widayanti, A. (2023). Perencanaan Desain Penambahan Kapasitas Runway Berdasarkan Karakteristik Jenis Pesawat di Bandar Udara Internasional Juanda. MITRANS: Jurnal Media Publikasi Terapan Transportasi, v1(n3), Halaman 338 - 348.

characteristics. The prevailing surface wind predominantly blows North West with a maximum speed of 19 knots and an average speed of 7.15 knots. Based on this planning, the existing single runway requires a 1065-meter extension while maintaining a width of 45 meters to accommodate Boeing B773 or B777-300 aircraft design. Nevertheless, mixed aircraft like A320, B738, and B739 can still operate within the dimensions of the current runway.

© 2023 MITRANS : Jurnal Media Publikasi Terapan Transportasi. Semua hak cipta dilindungi undang-undang.

1. Pendahuluan

Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya adalah termasuk bandar udara terbesar ketujuh seluas 477 Ha yang terletak di Kecamatan Sedati, Kabupaten Sidoarjo, 13 km (8,07 mil) dari pusat perkotaan Surabaya, Provinsi Jawa Timur. Bandar udara ini dikelola oleh PT. Angkasa Pura I (Persero) yang mempunyai koordinat $7^{\circ} 22' 47''$ South, $112^{\circ} 47' 13''$ East dengan elevasi 3,35 m (11 ft). Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya mempunyai kode WARR dari ICAO dan kode SUB dari IATA dengan satu landasan pacu yaitu *runway* R10 - R28 sepanjang 3.000 m dengan lebar 45 m yang dilengkapi dengan ILS (*Instrument of Landing System*).

Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya melayani penerbangan internasional maupun domestik dengan satu fasilitas *Single runway* (landasan pacu tunggal) dan tiga area terminal yaitu area terminal 2 (internasional), area terminal 1 barat dan timur (domestik). Pada data dari PT. Angkasa Pura I (Persero), tercatat jumlah penerbangan pesawat pada tahun 2018 – 2022 secara kontinu yaitu 156.521 pesawat, 129.863 pesawat, 69.248 pesawat, 55.942 pesawat, dan 78.028 pesawat dengan data trafik untuk jumlah total penumpang yang tertampung pada tahun 2018 – 2022 secara kontinu yaitu 20.951.063 penumpang, 16.626.186 penumpang, 6.801.099 penumpang, 5.909.837 penumpang, dan 10.794.111 penumpang (Sumber: PT. Angkasa Pura I, 2023).

Runway atau landasan pacu adalah salah satu konfigurasi sisi udara (*air side*) bandar udara yang disiapkan untuk pesawat melakukan kegiatan pendaratan pesawat dan lepas landas pesawat. Dalam perencanaannya, membutuhkan karakteristik jenis pesawat yang *landing*, orientasi arah angin dan luas daerah yang tersedia untuk pengembangan landasan pacu. Letak landasan pacu dengan bangunan terminal dibuat sedemikian rupa sehingga penumpang dapat dilayani dengan nyaman dan cepat.

Angin permukaan merupakan unsur meteorologi yang keadaannya baik arah maupun kecepatannya mudah sekali berubah. Selain itu, angin permukaan sangat mempengaruhi stabilitas operasi penerbangan pesawat saat *take off* atau *landing*. Arah *runway* atau orientasi *runway* harus searah dengan arah angin dominan serta dapat bermanuver di *runway* selama komponen angin *crosswind* tegak lurus searah dengan pesawat yang sedang melakukan aktivitas penerbangan. Sehingga perlu dilakukan analisis angin *windrose* pada arah *runway* R10 - R28 dengan sudut magnetik $279^{\circ} - 099^{\circ}$ menggunakan data kecepatan angin tahun 2020 – 2022 untuk mengetahui ada tidaknya *crosswind* dalam merencanakan penambahan kapasitas *runway*.

2. State of the Art

Beberapa penelitian sebelumnya terkait perencanaan desain penambahan kapasitas *runway*. Oleh karena itu penelitian terdahulu ini dapat dijadikan referensi untuk analisis yang dilakukan. Berikut beberapa penelitian terdahulu yang menjadi referensi dalam penelitian ini yaitu :

- 1.1. Penelitian dilakukan oleh Aji, A. S., (2016) dengan judul Perencanaan Geometrik, Tebal Perkerasan Pada *Runway*, *Taxiway* dan *Apron* Bandara Samarinda Baru. Parameter penelitian ini yaitu SKEP 77/VI/2005, FAA dan ICAO. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini pada Bandar Udara

Samarinda baru adalah untuk tipe pesawat Airbus A320-200 adalah 4C, direncanakan panjang *runway* 3000 m.

- 1.2. Penelitian dilakukan oleh Priyanto, H. and Erwan, K., (2018) dengan judul Perencanaan Sisi Udara (*Runway, Taxiway, dan Apron*) Bandara Baru di Kabupaten Ketapang. Parameter penelitian ini yaitu ICAO dan Peraturan Dirjen Perhub Nomor: KP 39 Tahun 2015. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini pada Bandar Udara Ketapang baru adalah untuk pesawat Boeing 737-200 adalah 4C, direncanakan panjang dan lebar *runway* 2400 m × 45 m. Sedangkan panjang landas pacu saat ini adalah 1800 m × 30, sehingga perlu dilakukan penambahan panjang dan lebar sebesar 600 m × 15 m. Kecepatan angin yang terbesar yaitu 13,7 knot arah timur menuju ke barat.
- 1.3. Penelitian dilakukan oleh Doda, Y., Desei, F.L. and Kaharu, A., (2015) dengan judul Perencanaan *Runway, Taxiway, dan Apron* Bandar Udara Jalaludin Gorontalo. Parameter penelitian ini yaitu ICAO. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini pada Bandar Udara Jalaludin Gorontalo adalah untuk pesawat Boeing 747-400 adalah 4E, direncanakan panjang dan lebar *runway* 3848 m × 45 m dengan bahu landasan 60 m. Sedangkan panjang landas pacu saat ini adalah 2705 m, sehingga perlu dilakukan penambahan panjang sebesar 1143 m dan 205 m dengan hasil analisis arah *runway*.

3. Metode Penelitian

3.1 Jenis Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian kuantitatif yang memiliki kejelasan unsur: tujuan, pendekatan, subyek, sampel, sumber data sudah lengkap, dan rinci sejak awal; memiliki langkah penelitian: segala sesuatu direncanakan sampai matang ketika persiapan disusun; memiliki hipotesis: mengusulkan hipotesis untuk diuji dalam penelitian dan menentukan hasil yang diprediksi (apriori); memiliki desain: dalam desain sudah jelas langkah-langkah penelitian dan hasil yang diharapkan; memiliki pengumpulan data: aktivitas dalam pengumpulan data memungkinkan untuk di representasikan; dan memiliki analisis data: dilakukan sesudah semua data terkumpul (Anshori, 2009).

3.2 Sumber Data

1) Data Primer

Data primer adalah sumber data penelitian yang diperoleh dengan melakukan survei langsung, yaitu:

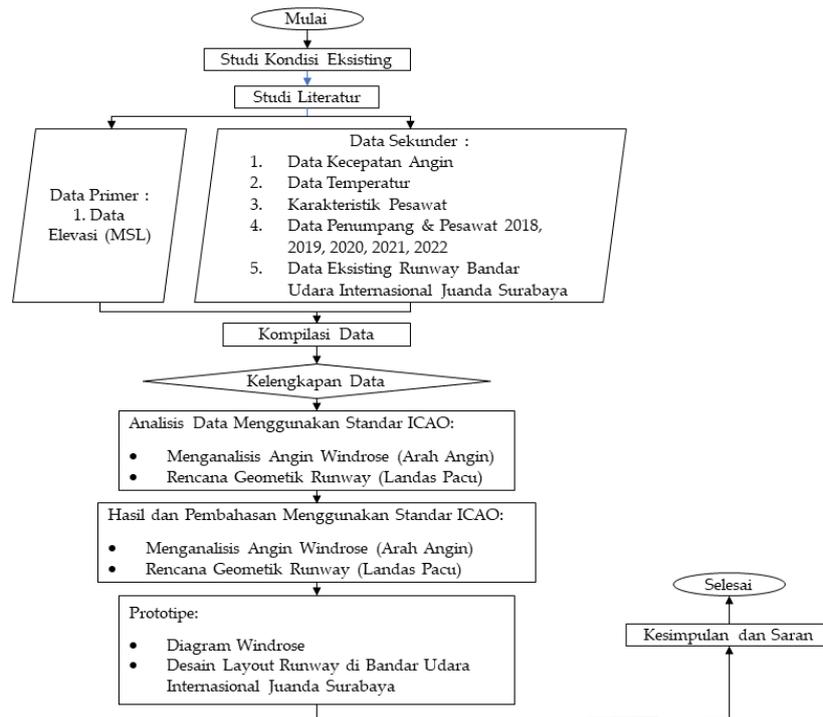
- a. Data Elevasi/*Mean Sea Level* (MSL)

2) Data Sekunder

Data sekunder adalah sumber data penelitian yang diperoleh dari BMKG Juanda, www.weatheronline.co.uk dan PT. Angkasa Pura I (Persero) cabang Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya:

- a. Data Kecepatan Angin
- b. Data Temperatur
- c. Karakteristik Jenis Pesawat
- d. Data Pesawat dan Penumpang Tahun 2018 – 2022
- e. Data Eksisting *Runway* Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya.

3.3 Bagan Alir

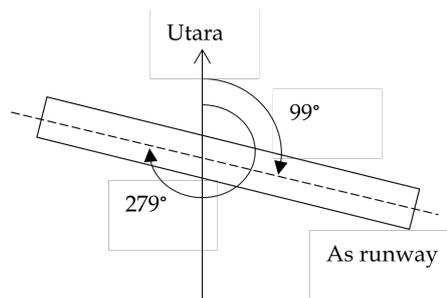


Gambar 1 Bagan Alir

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Analisis Angin Windrose

Pada penelitian ini *windrose* digunakan untuk menganalisis variasi arah dan kecepatan angin dekat permukaan. Setelah itu membandingkan setiap angin - angin yang berhembus dari tiap-tiap arah dan arah *existing runway* R10 - R28 memanjang dengan sudut arah magnetik $279^{\circ} - 099^{\circ}$ pada Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya.



Gambar 2 Eksisting Arah Runway

Tabel 1 Maximum Permissible Crosswind Component

Reference Field Length	Maximum Crosswind
1.500 atau lebih	37 km/h (20 knots)
1.200 – 1.499 m	24 km/h (13 knots)
< 1.200 m	19 km/h (10 knots)

(Sumber: ICAO, 2016)

Arah *runway* sebuah bandar udara diupayakan sedapat mungkin harus searah dengan arah angin dominan yang terdapat di daerah itu. Maka dari itu, analisis arah *runway* ini menggunakan arah eksisting bandar udara tidak terpaku kepada pesawat yang memiliki MTOW (*Maximum Take Off Weight*) terkecil, karena pesawat terkecil inilah yang paling rentan terkena angin menyilang (*crosswind*). Namun sebaliknya penelitian ini, mengacu pada *Maximum Crosswind* (MC) sesuai Tabel 1 dengan satuan *knot*. Untuk membuat *windrose* diperlukan data frekuensi persentase angin tahun 2020 - 2022 pada Bandar

Udara Internasional Juanda Surabaya yang menghasilkan nilai persentase kejadian bertiupnya angin pada tabel berikut.

Tabel 2 Frekuensi Angin di Bandar Udara Internasional Juanda Tahun 2020-2022

Wind Direction	Percentage of Wind (Knot)					
	1 s/d 4	4 s/d 7	7 s/d 11	11 s/d 17	17 s/d 21	>21
N	0,000%	0,000%	0,000%	0,000%	0,000%	0,000%
NE	0,274%	3,650%	1,004%	0,000%	0,182%	0,000%
E	2,920%	30,474%	17,336%	0,912%	0,000%	0,000%
SE	0,182%	2,737%	1,734%	0,274%	0,000%	0,000%
S	0,365%	1,095%	0,365%	0,091%	0,000%	0,000%
SW	0,182%	1,004%	0,274%	0,274%	0,000%	0,000%
W	2,007%	14,234%	12,318%	3,285%	0,274%	0,000%
NW	0,274%	1,095%	0,730%	0,365%	0,091%	0,000%

(Sumber: Hasil Analisis, 2023)

Dari data kecepatan angin pada Tabel 2 digunakan untuk melakukan pendekatan *usability factor*. Sehingga, didapatkan hasil analisis angin *wind rose* dengan eksisting arah *runway* di Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya.

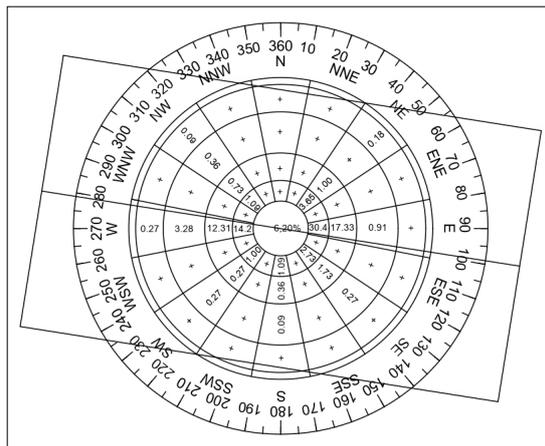
Dalam mencari ada tidaknya *crosswind* di Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya. Berikut adalah tahap-tahapan dalam mencari nilai *usability factor*:

1. Membuat template diagram *windrose*
 - Menentukan skala yang dipergunakan dalam *windrose*.
 - Membagi lingkaran menjadi 16 arah mata angin.
 - Membuat angka 0° - 360° (setiap kelipatan $22,5^{\circ}$).
2. Data frekuensi angin diplot ke template diagram *windrose*
3. Menentukan *Permissible Crosswind*

Dihubungkan dengan ARFL pesawat besar, sedang dan kecil yang dilayani di bandara seperti pada Tabel 1.

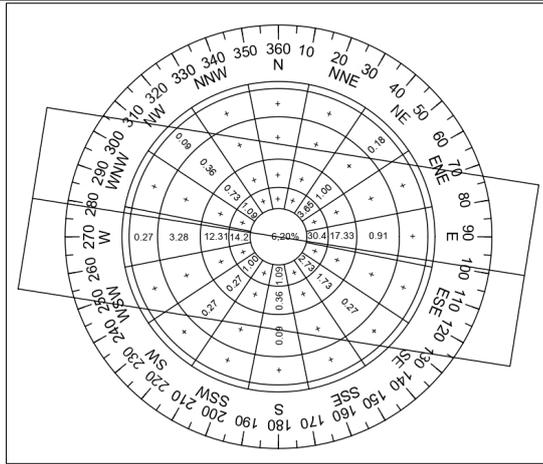
4. Dilakukan perhitungan terhadap arah *existing runway* R10 - R28 memanjang dengan sudut arah magnetik 279° - 099° pada Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya, menggunakan bantuan program *autocad*.

- a. Arah 279° - 99° dengan MC 20 Knot



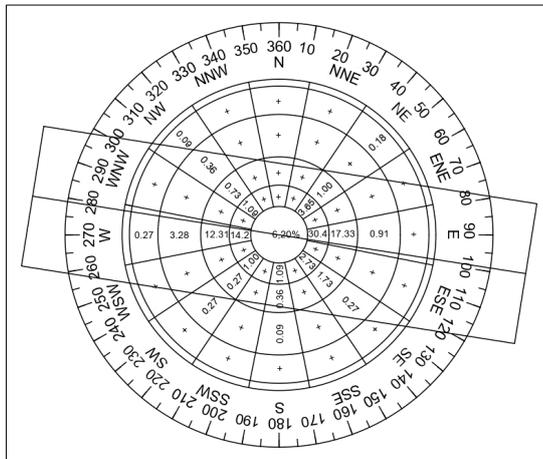
Gambar 3 Diagram Windrose Arah 279-99 MC 20 Kt

- b. Arah 279° - 99° dengan MC 13 Knot



Gambar 4 Diagram Windrose Arah 279-99 MC 13 Kt

c. Arah 279° – 99° dengan MC 10 Knot



Gambar 5 Diagram Windrose Arah 279-99 MC 10 Kt

5. Didapatkan *usability factor* pada persentase angin

Dengan melakukan langkah-langkah tersebut maka didapatkan hasil analisis angin *windrose* (arah *runway*) pada Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya *usability factor* untuk setiap arah *runway* dapat dilihat pada tabel 3, tabel 4, dan tabel 5.

Tabel 3 Usability Factor Arah 279-099 MC 20 Kn

Wind Direction	True Azimuth	Percentage of wind (Knot)					Total
		4 s/d 7	7 s/d 11	11 s/d 17	17 s/d 21	>21	
N	0	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,00 %
NE	45	3,650 %	1,004 %	0,000 %	0,182 %	0,000 %	4,84 %
E	90	30,474 %	17,336 %	0,912 %	0,000 %	0,000 %	48,72 %
SE	135	2,737 %	1,734 %	0,274 %	0,000 %	0,000 %	4,75 %
S	180	1,095 %	0,365 %	0,091 %	0,000 %	0,000 %	1,55 %
SW	225	1,004 %	0,274 %	0,274 %	0,000 %	0,000 %	1,55 %
W	270	14,234 %	12,318 %	3,285 %	0,274 %	0,000 %	30,11 %
NW	315	1,095 %	0,730 %	0,365 %	0,091 %	0,000 %	2,28 %
Sub Total							93,80 %
Calm				1 s/d 4			6,20 %
Total							100 %

(Sumber: Hasil Analisis, 2023)

Tabel 4 Usability Factor Arah 279-099 MC 13 Kn

Wind Direction	True Azimuth	Percentage of wind (Knot)					Total
		4 s/d 7	7 s/d 11	11 s/d 17	17 s/d 21	>21	
N	0	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,00 %
NE	45	3,650 %	1,004 %	0,000 %	0,036 %	0,000 %	4,69 %

E	90	30,474 %	17,336 %	0,912 %	0,000 %	0,000 %	48,72 %
SE	135	2,737 %	1,734 %	0,274 %	0,000 %	0,000 %	4,74 %
S	180	1,095 %	0,365 %	0,036 %	0,000 %	0,000 %	1,50 %
SW	225	1,004 %	0,274 %	0,192 %	0,000 %	0,000 %	1,47 %
W	270	14,234 %	12,318 %	3,285 %	0,274 %	0,000 %	30,11 %
NW	315	1,095 %	0,730 %	0,365 %	0,064 %	0,000 %	2,25 %
Sub Total							93,49 %
Calm				1 s/d 4			6,2 %
Total							99,69 %

(Sumber: Hasil Analisis, 2023)

Tabel 5 Usability Factor Arah 279-099 MC 10 Kn

Wind Direction	True Azimuth	Percentage of wind (Knot)					Total
		4 s/d 7	7 s/d 11	11 s/d 17	17 s/d 21	>21	
N	0	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,00 %
NE	45	3,650 %	1,004 %	0,000 %	0,182 %	0,000 %	4,65 %
E	90	30,474 %	17,336 %	0,912 %	0,000 %	0,000 %	48,72 %
SE	135	2,737 %	1,734 %	0,192 %	0,000 %	0,000 %	4,66 %
S	180	1,095 %	0,365 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	1,46 %
SW	225	1,004 %	0,274 %	0,109 %	0,000 %	0,000 %	1,39 %
W	270	14,234 %	12,318 %	3,285 %	0,274 %	0,000 %	30,11 %
NW	315	1,095 %	0,730 %	0,255 %	0,036 %	0,000 %	2,12 %
Sub Total							93,11 %
Calm				1 s/d 4			6,20 %
Total							99,316 %

(Sumber: Hasil Analisis, 2023)

Berdasarkan Tabel 3, Tabel 4, dan Tabel 5, diperoleh faktor kegunaan (*usability factor*) pada ARFL (*Aeroplane Reference Field Length*) masing-masing pesawat pada Tabel 1 masih bisa melakukan penerbangan operasional di Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya dengan aman. Karena, *Maximum Permissible Crosswind Component* tidak melebihi yang disyaratkan dan lebih besar dari 95% dieksisting landasan pacu, pesawat dengan ARFL dibawah < 1.200 m memiliki *usability factor* sebesar 99,316%, 1.200 sampai 1.499 m memiliki *usability factor* sebesar 99,690% dan 1.500 atau lebih memiliki *usability factor* sebesar 100%. Angin permukaan yang terbesar kearah barat laut (*north west*) sebesar 19 Knot, dengan nilai kecepatan angin rata-rata 7,15 Knot.

4.2 Perencanaan Geometrik Runway

Perencanaan geometrik *runway* (landasan pacu) ini untuk melayani pergerakan pesawat udara yang ingin *take off* dan *landing* di Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya. Sebelumnya dilakukan pemilihan pesawat yang dijadikan sebagai pesawat desain. Karakteristik jenis pesawat udara yang *landing* tersebut digunakan untuk penambahan kapasitas *runway* di Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya.

4.2.1 Karakteristik Jenis Pesawat Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya

Pada Bandar Udara Internasional Juanda, terdapat beberapa jenis pesawat udara terbesar yang biasa beroperasi *landing* dan *take off* setiap tahunnya. Pesawat tersebut merupakan pesawat penumpang sekaligus sebagai pemuat barang yang beroperasi di Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya.

Tabel 6 Karakteristik Peawat Bandar Udara Internasional Juanda

Aircraft model	Type	Reference Field Length (m)
AIRBUS 330-200	Airbus	2.479
AIRBUS 330-300	Airbus	2.490
AIRBUS 320-200	Airbus	2.025
BOEING 747-400	Boeing	3.048
BOEING 777-300	Boeing	3.140

BOEING 777-200	Boeing	2.380
BOEING 777-200ER	Boeing	2.890
BOEING 777-300ER	Boeing	3.060
BOEING 737-200	Boeing	2.295
BOEING 737-300	Boeing	2.170
BOEING 737-300/W	Boeing	2.550
BOEING 737-400	Boeing	2.550
BOEING 737-500	Boeing	2.470
BOEING 737-500/W	Boeing	2.454
BOEING 737-600	Boeing	1.690
BOEING 737-600/W	Boeing	1.640
BOEING 737-700	Boeing	1.600
BOEING 737-700/W	Boeing	1.610
BOEING 737-800	Boeing	2.090
BOEING 737-800/W	Boeing	2.010
BOEING 737-900	Boeing	2.240
BOEING 737-900ER/W	Boeing	2.470

(Sumber: PT. Angkasa Pura I (Persero), 2023)

4.2.2 Panjang Runway

Panjang *existing single runway* pada Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya sepanjang 3000 m (PT. Angkasa Pura I (Persero), 2023). Untuk menentukan panjang *runway* aktual yang terkoreksi maka perlu dilakukan perhitungan koreksi *Aeroplane Reference Field Length* (ARFL) sebagai *field length* minimum pesawat untuk lepas landas. ARFL tersebut perlu dikoreksi akibat kondisi lokal seperti elevasi, temperatur, kemiringan landasan pacu dan angin permukaan. Karena terbatasnya informasi, maka diasumsikan keadaan lapangan landasan pacu di Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya. Adapun data-data kondisi lingkungan lapangan terbang pada bandara, sebagai berikut:

a. Elevasi *Mean Sea Level* (h)

Elevasi yang didapat dari survei pada lokasi penelitian setinggi 3,35 m pada ketinggian muka air laut.

b. Temperatur Referensi Bendahara

Data temperatur rata-rata bulan dari suhu rata-rata bulanan tertinggi pada tahun 2018-2022 pada Tabel 7, didapatkan suhu rata-rata sebesar 29,5°C.

Tabel 7 Rata-rata Temperatur Tahun 2018-2022

No	Bulan	Suhu Rata-Rata Tahunan (°C)				
		2018	2019	2020	2021	2022
1	Januari	28,3	28,6	29,3	27,9	28,7
2	Februari	27,9	28,5	28,7	27,9	28,4
3	Maret	28,3	28,6	29,1	28,3	29
4	April	29	29	29	28,6	29,1
5	Mei	28,8	28,9	28,7	29,1	28,9
6	Juni	28,1	27,6	28	28,6	28,4
7	Juli	26,8	27	27,5	27,7	28
8	Agustus	26,9	27	27,6	28,4	28,2
9	September	28,1	27,4	28,6	28,8	29
10	Oktober	29,4	29,1	29,4	29,5	28,7
11	November	29,8	30,3	29,4	28,6	28,6
12	Desember	29,1	29,9	28,1	28,9	28,8

(Sumber: Weather. Online. 2023)

c. Gradien Efektif

Kemiringan untuk pesawat desain Boeing 777-300 dengan kode 4E sebesar 1%, namun dikoreksi dengan kemiringan memanjang landasan pacu terhadap *stopway* tidak boleh lebih dari 0,8%, maka diasumsikan menggunakan *gradient* pada *stopway* 0,3%. Kemiringan untuk pesawat campuran A320-200, B737-800 dan B737-900 memiliki kode yang sama yaitu 4C memiliki klasifikasi yang sama dengan pesawat desain.

d. Angin Permukaan

Angin permukaan yang didapat dari hasil analisis *windrose* tahun 2020 sampai 2022 pada Bandar Udara Internasional Juanda terbesar kearah barat laut (*north west*) sebesar 19 *Knot*, dengan nilai kecepatan angin rata-rata 7,15 *Knot*. Sehingga, diketahui nilai persentase penambahan atau pengurangannya sebesar (-) 5.

Faktor terkoreksi terhadap elevasi (Fe), *Aeroplane Reference Field Length* (ARFL) minimum pada permukaan landasan pacu bertambah 7% setiap kenaikan 300 m dihitung dari *mean sea level* (Basuki, 2014). Rumus Fe , sebagai berikut:

$$Fe = 1 + 0,07 \times \left(\frac{h}{300}\right) \quad (1)$$

$$Fe = 1 + 0,07 \times \left(\frac{3,35}{300}\right) = 1,000781$$

Maka, didapat nilai Fe sebesar 1,000781

Faktor terkoreksi terhadap suhu temperatur (Ft) digunakan data suhu rata-rata temperatur bulanan tertinggi pada bulan Oktober 2021 sebesar 29,5°C sedikit lebih tinggi dan adanya kerapatan udara pada suhu tersebut yang menyebabkan daya dorong mesin pesawat dengan performa sedang. Faktor penghitung standar temperatur suhu dipilih pada *Mean Sea Level* (MSL) sebesar 15% (ICAO, 2016), bertambah sebesar 1% setiap kenaikan 1°C, untuk kenaikan 1000 m dari MSL suhu rata-ratanya turun sebesar 6,5°C (Basuki, 2014). Rumus Ft , sebagai berikut:

$$Ft = 1 + 0,01 (T - (15 - 0,0065 \times h)) \quad (2)$$

$$Ft = 1 + 0,01 (29,5 - (15 - 0,0065 \times 3,35)) = 1,294782$$

Maka, didapat nilai Ft sebesar 1,294782

Faktor terkoreksi terhadap kemiringan landasan pacu (Fs), digunakan data *effectife gradient* sebesar 0,3%. Bertambah 10% pada setiap kemiringan *effectife gradient*-nya sebesar 1% berlaku untuk lepas landas (Basuki, 2014). Rumus Fs , sebagai berikut:

$$Fs = 1 + 0,1 \cdot S$$

$$Fs = 1 + 0,1 \cdot (0,3\%) = 1,0003$$

Maka, didapat nilai Fs sebesar 1,0003

Hasil yang didapatkan dari koreksi elevasi (Fe), koreksi temperatur (Ft), koreksi kemiringan (Fs) masih dikoreksi lagi untuk mencari panjang terkoreksi sebenarnya (*actual runway length*) dan adanya faktor penambahan atau pengurangan dari rata-rata kecepatan angin yang ada di Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya. Untuk diperlukan pesawat desain B777-300 dapat melakukan lepas landas (*take off*) dengan *Maximum Take-Off Weight* (MTOW) sebesar 299371 Kg dan pendaratan (*landing*) serta masing-masing jenis pesawat campuran A320-200, B737-800, B737-900. Rumus $Lr0$ (Basuki, 2014), sebagai berikut:

$$ARFL = \frac{Lr0}{Fe \times Ft \times Fs} \quad (3)$$

$$Lr0 = ARFL \times (Fe \times Ft \times Fs) \pm Fa \quad (4)$$

Panjang ARFL pesawat desain B777-300 = 3.140 m

$$Lr0 = 3140 \times (1,000781 \times 1,294782 \times 1,0003) - 5$$

$$Lr0 = 4065,011 \approx 4065$$

Panjang ARFL pesawat campuran A320-200 = 2.025 m

$$Lr0 = 2025 \times (1,000781 \times 1,294782 \times 1,0003) - 5$$

$$Lr0 = 2619,768 \approx 2620$$

Panjang ARFL pesawat campuran B737-800 = 2.090 m

$$Lr0 = 2090 \times (1,000781 \times 1,294782 \times 1,0003) - 5$$

$$Lr0 = 2704,020 \approx 2704$$

Panjang ARFL pesawat campuran B737-900 = 2.240 m

$$Lr0 = 2240 \times (1,000781 \times 1,294782 \times 1,0003) - 5$$

$$Lr0 = 2898,447 \approx 2898$$

Maka, didapat nilai $Lr0$ dari pesawat desain adalah $B773 = 4065$ m, dan masing-masing pesawat campuran adalah $A320 = 2620$ m, $B738 = 2704$ m, dan $B739 = 2898$.

Setelah hasil koreksi panjang aktual $Lr0$ didapat, selanjutnya dilakukan evaluasi dimensi landasan pacu tunggal dengan pesawat desain $B777-300$ yang memiliki panjang aktual yang sebenarnya sebesar 4065 m terhadap kondisi eksisting di Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya sebesar 3000 m. Dimensi panjang aktual tersebut dikurangi panjang dari eksisting untuk mendapatkan panjang guna sebagai penambahan kapasitas *runway* di bandar udara tersebut. Hasil perhitungan tersebut sebesar 1065 m yang harus direncanakan untuk penambahan, sedangkan untuk pesawat campuran masih dapat dilayani dengan maksimal pada dimensi eksisting sekarang.

Pertimbangan untuk garis pandang tidak diberikan pada landasan pacu tunggal di Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya dikarenakan sudah tersedia *taxiway parallel full-length*.

4.2.3 Lebar Runway

Berdasarkan pada ARC (*Aerodrome Reference Code*) oleh ICAO, maka *code number* dan *code letter* pesawat desain $B777-300$ adalah $4E$ dengan lebar 45 m memanjang secara simetris. Sedangkan untuk pesawat campuran $A320-200$, $B737-800$ dan $B737-900$ kodenya $4C$ dengan 45 m,

Lebar *runway* yang dibutuhkan pesawat desain dan pesawat campuran mengikuti lebar eksisting yang ada saat ini. Lebar eksisting saat ini di Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya selebar 45 m dari Tabel 8, lebar tersebut sudah sesuai bisa melayani pesawat desain dan pesawat campuran.

4.2.4 Landasan Bahu (*Runway Shoulder*)

Pesawat desain Boeing $777-300$ dengan kode huruf E memiliki lebar bahu landasan pacu memanjang secara simetris pada setiap sisi *runway* sehingga lebar keseluruhan *runway* dan bahunya dengan pendekatan presisi tidak boleh kurang dari 60 m dan memiliki kemiringan melintang maksimum *shoulder* $2,5\%$. Namun, lebar landasan bahu didapat selebar $10,5$ m dari (Dirjen Perhubungan, 2005) sendiri menentukan klasifikasi dari ICAO dan FAA.

Pesawat campuran $A320-200$, $B737-800$ dan $B737-900$ memiliki kode huruf C dengan lebar landasan bahu 6 m dan kemiringan semua bahunya sama sebesar $2,5\%$. Sedangkan eksistingnya memiliki lebar $7,5$ m.

4.2.5 Kemiringan Memanjang (*Longitudinal Shape*) Landasan Pacu

Persyaratan kemiringan memanjang landasan pacu pesawat desain $B777-300$ dengan pesawat campuran $A320-200$, $B737-800$ dan $B737-900$ memiliki spesifikasi persyaratan yang sama dengan pesawat desain yang memiliki kode angka 4 adalah sebagai berikut:

- Untuk kemiringan efektif memanjang adalah 1%
- Untuk kemiringan memanjang maksimum adalah $1,25\%$
- Untuk perubahan kemiringan memanjang maksimum $1,5\%$
- Untuk perubahan kemiringan memanjang per 30 m adalah $0,1\%$
- Untuk pendekatan kemiringan *runway*, longitudinal slope pada $\frac{1}{4}$ pertama dan terakhir, tidak boleh melebihi $0,8\%$.

4.2.6 Kemiringan Melintang (*Transveral Slope*) Landasan Pacu

Kemiringan melintang landasan pacu diperlukan untuk mengalirkan air yang berada di permukaan landasan eksisting. Dengan standar ICAO kode huruf C dan E didapatkan kemiringan melintang (*transveral slope*) sebesar $1,5\%$ dari pesawat desain $B777-300$ dan pesawat campuran $A320-200$, $B737-800$, $B737-900$.

4.2.7 Strip Landasan Pacu

Ketentuan ICAO untuk strip landasan pacu pesawat desain B777-300 dan pesawat campuran A320-200, B737-800, B737-900 pada klasifikasi bandar udara dengan kode angka landasan 4 adalah sebagai berikut:

- Jarak min. dari ujung landasan (*stopway*) adalah 60 m.
- Lebar strip landasan untuk landasan instrument sebesar 300 m.
- Lebar area yang diratakan untuk landasan instrument sebesar 150 m.
- Kemiringan memanjang maksimum untuk luasan yang diratakan sebesar 1,5 %.
- Kemiringan melintang maksimum dari area yang diratakan sebesar 2,5%.

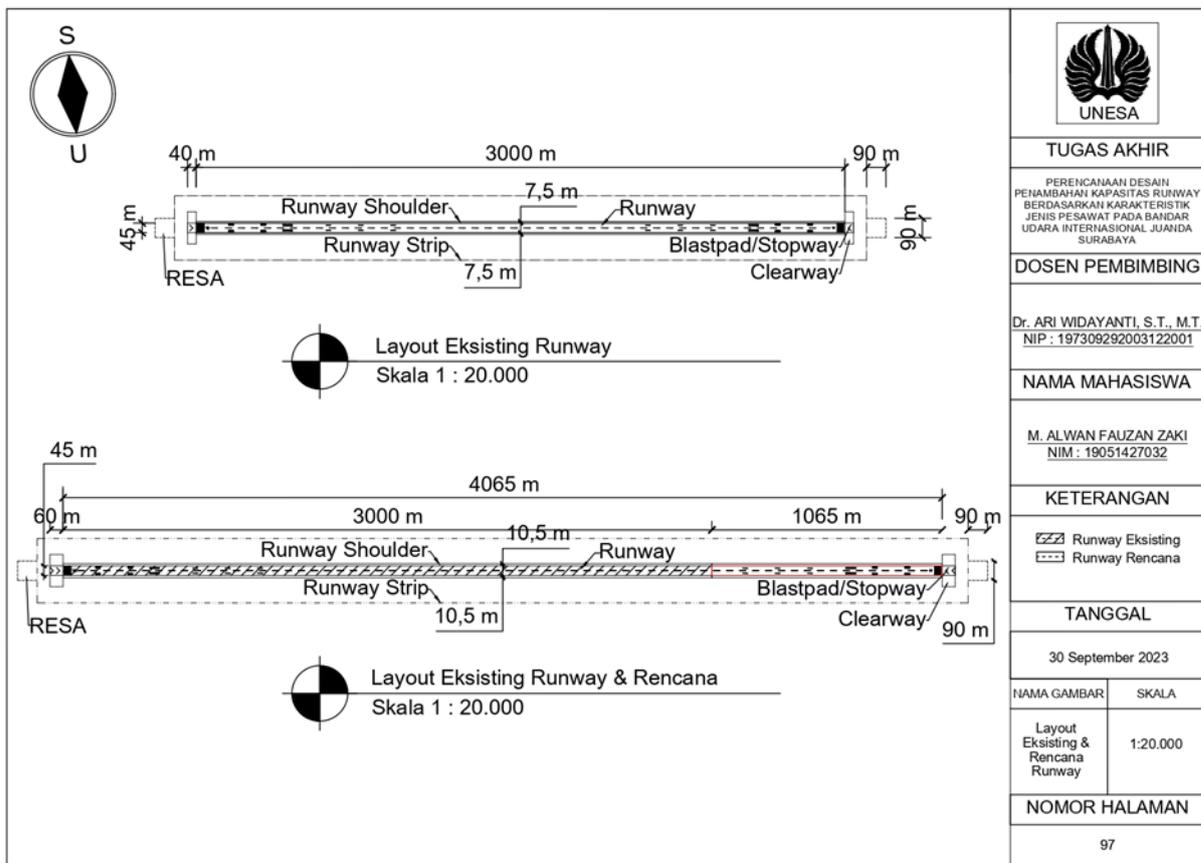
4.2.8 Bantalan Ledakan (*Blast Pad*)

Area bantalan ledakan (*blast pad*) terdiri dari *clearway* dan *stopway*. Digunakan pesawat desain Boeing 777-300 dengan kode 4E. Berdasarkan kode Angka 4 pada Tabel 2.11 didapatkan dimensi *stopway* dengan panjang 60 m dan lebarnya mengikuti lebar *runway* 45 m dengan kemiringan 0,3% tiap 30 m, sedangkan eksisting yang ada pada Tabel 4.15 masing-masing ujung *runway* R28 panjang lebarnya sebesar 40 m × 45 m dan R10 panjang lebarnya 40 m × 45 m.

Jarak minimum antara *clearway* dengan garis tengah landasan untuk kode huruf E adalah sebesar 75 m terhadap kedua sisi dari garis tengah. Kemiringan *clearway* tidak boleh lebih 1,25%.

4.2.9 RESA (*Runway End Safety Area*)

Persyaratan dimensi RESA pada bandar udara menggunakan landasan dilengkapi instrumen untuk kode huruf E adalah sebesar 90 m × 90 m untuk panjang dan lebar minimum, sedangkan lebar RESA tidak boleh kurang dari dua kali lebar *runway* dan eksisting sekarang sudah memenuhi persyaratan yang ada. Kemiringan memanjang dan melintang pada RESA tidak boleh lebih dari 5%.



Gambar 6 Layout Eksisting dan Rencana Runway

5. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil yaitu:

- a. *Usability factor* pada angin *Maximum Permissible Crosswind Component* (MPCC) dari data kecepatan angin 2020 - 2022 yang didapatkan nilai persentase pada MC 20 knot = 100%, MC 13 knot = 99,690% dan MC 10 knot = 99,316% tidak melebihi yang disyaratkan. Masing-masing pesawat yang memiliki ARFL (*Aeroplane Reference Field Length*) terkecil tidak ada halangan dalam operasional penerbangannya di Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya. Angin permukaan yang terbesar kearah Barat Laut (*Nort West*) sebesar 19 *Knot*, dengan nilai kecepatan angin rata-rata 7,15 *Knot*.
- b. Dimensi landasan pacu tunggal dengan pesawat desain B777-300 yang memiliki panjang aktual yang sebenarnya sebesar 4065 m dengan lebar 45 m terhadap kondisi eksisting di Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya sebesar 3000 m dengan lebar 45 m. Hasil perhitungan tersebut sebesar 1065 m yang harus direncanakan untuk penambahan, sedangkan untuk pesawat campuran masih dapat dilayani dengan maksimal pada dimensi eksisting saat ini.

6. Ucapan Terima Kasih

Puji syukur Alhamdulillah penulis panjatkan atas kehadirat Allah SWT yang telah memberikan segala rahmat, taufik serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan artikel dalam jurnal MITRANS ini dengan lancar. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Ibu Dr. Ari Widayanti S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan pengetahuan, arahan, waktu dan berkenan diskusi bersama dalam penyusunan artikel penelitian ini. Serta semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyusun artikel ini yang tidak dapat disebutkan satu demi satu.

7. Referensi

- Aji, A.S., 2016. Perencanaan Geometrik, Tebal Perkerasan Pada Runway, Taxiway dan Apron Bandara Samarinda Baru. *Kurva Mahasiswa*, Vol 4 (2): pp 1287-1301.
- Abrori, M.I., Winiarsi, L. dan Wulandari, S.N., 2020. Perencanaan Perpanangan Landasan Pacu Uuntuk Optimasi Pesawat Tipe B 737–800 Di Bandar Udara Internasional Supadio Pontianak. *Approach: Jurnal Teknologi Penerbangan*, Vol. 4 (1): pp 61-72.
- Atmadjati, A., 2014. Manajemen Operasional Bandar Udara. Yogyakarta: *Deepublish*.
- Anshori, M. dan Iswati, S., 2009. Metodologi penelitian kuantitatif. Edisi Pertama. Surabaya: *Airlangga University Press*.
- Basuki, Heru. 2014. *Merancang, Merencana Lapangan Terbang*, Edisi Empat. Bandung: P.T. Alumni.
- Bolla, M.E., Sir, T.M., 2014. Perancangan Landasan Bandar Udara El Tari Kupang Dengan Pesawat Rencana Airbus A-300-B4. Kupang: *Jurnal Teknik Sipil Undana*.
- Doda, Y., Desei, F.L. and Kaharu, A., 2015. Perencanaan Runway, Taxiway, dan Apron Bandar Udara Jalaludin Gorontalo. *Skripsi*, 1(511409008).
- Fadholi, A., 2013. Analisis Data Angin Permukaan Di Bandara Pangkalpinang Menggunakan Metode Windrose. *Jurnal Geografi: Media Informasi Pengembangan dan Profesi Kegeografian*, 10(2).
- ICAO (International Civil Aviation Organization). 2016. Annex 14: Aerodromes, Volume I Aerodrome Design and Operation, *Seventh Edition*. 999 Robert-Bourassa Boulevard, Montréal, Quebec, Canada H3C 5H7.
- Priyanto, H. and Erwan, K., 2018. Perencanaan Sisi Udara (Runway, Taxiway, dan Apron) Bandara Baru di Kabupaten Ketapang. *JeLAST: Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang*, 6(2).
- Regel, J., Jansen, F., Manoppo, M.R. and Undap, L.J., 2014. Perencanaan Pengembangan Bandar Udara Kuabang Kao Kabupaten Halmahera Utara Provinsi Maluku Utara. *Jurnal Sipil Statik*, 2(3).
- Ridwan, M.R. and Ahyudanari, E., 2020. Perencanaan Pengembangan Sisi Udara Bandara Internasional Minangkabau. *Jurnal Teknik ITS*, 8(2), pp.E64-E70.
- Samapaty, A.U., Sir, T.M. and Ramang, R., 2015. Studi Pengembangan Sisi Udara Bandar Udara Mali Kabupaten Alor untuk Jenis Pesawat Boeing 737-200. *Jurnal Teknik Sipil*, 4(2), pp.231-244.
- Saputra, D.A., 2017. Perencanaan Perpanjangan Dan Perkerasan Runway Serta Pelebaran Dan Perpanjangan Apron Di Bandara Radin Inten II Provinsi Lampung. (*Doctoral dissertation, University of Muhammadiyah Malang*).

Zevanya, E.L., Pandey, S.V. dan Timboeleng, J.A., 2019. Perencanaan Pengembangan Pada Bandar Udara Abdul Rachman Saleh Kabupaten Malang Provinsi Jawa Timur. *Jurnal Sipil Statik*.