

**EVALUASI PANJANG DAN ARAH LANDAS PACU
DI BANDAR UDARA SULTAN MUHAMMAD KAHARUDDIN SUMBAWA**
*Evaluation on length and direction of runway
at Sultan Muhammad Kaharuddin Airport, Sumbawa*

Lina Damayanti*, Desi Widianty**

*Alumni Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram, Jl Majapahit 62 Mataram

**Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram, Jl Majapahit 62 Mataram

Email : widiantydesi@unram.ac.id

Abstrak

Bandara Sultan Muhammad Kaharuddin Sumbawa saat ini menggunakan operasi landing dan take off searah arah angin. Hal ini dapat mengakibatkan terjadinya overshoot landing karena pesawat menjadi mudah tergelincir dan kurangnya kebutuhan gaya angkat pesawat saat akan take off sehingga landas pacu yang dibutuhkan lebih panjang. Oleh karena itu pemerintah Kabupaten Sumbawa merencanakan perpanjangan landas pacu dari 1.650 m menjadi 1.800 m. Sehingga perlu dilakukan evaluasi terhadap panjang eksisting landas pacu dan arah landas pacu untuk melihat kemungkinan adanya arah landas pacu terbaik untuk operasi take off dan landing. Data karakteristik eksisting landas pacu digunakan untuk menentukan panjang landas pacu berdasarkan keadaan lingkungan lapangan terbang, menggunakan metode ARFL yaitu mengoreksi basic length landas pacu keluaran ATR terhadap suhu, ketinggian, kemiringan landasan dan angin permukaan. Perhitungan panjang landas pacu berdasarkan kemampuan pesawat dianalisa menggunakan aturan ICAO berdasarkan keadaan saat takeoff dan landing normal, kegagalan mesin dan takeoff yang gagal. Sedangkan arah landas pacu menggunakan data arah dan kecepatan angin 2013-2017 dan dianalisa menggunakan software statgraph18. Hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan panjang landas pacu 1.650 m saat ini masih memadai dan belum membutuhkan penambahan panjang landas pacu. Berdasarkan pergerakan angin dominan dan crosswind arah landas pacu eksisting 14/32 tenggara-barat laut merupakan arah landas pacu terbaik. Adanya angin dominan searah pesawat masih tergolong aman bagi operasi takeoff dan landing.

Kata kunci : Panjang landas pacu, Arah landas pacu, Angin landas pacu

PENDAHULUAN

Bandar Udara Sultan Muhammad Kaharuddin Sumbawa merupakan bandara yang terletak di pulau Sumbawa. Pada awal berdirinya bandara ini difungsikan sebagai bandara perintis, di tahun 2011 Bandar udara Sultan Muhammad Kaharuddin Sumbawa hanya mengoperasikan pesawat Fokker milik maskapai Merpati yang melayani penerbangan dua kali dalam satu minggu. Namun, tahun 2014 dilakukan penambahan panjang landas pacu dari 1.350 m menjadi 1.650 m sehingga dapat dilandasi oleh pesawat ATR 72 dengan kapasitas 70 penumpang dengan dua maskapai yang beroperasi setiap harinya yaitu Garuda dan Wings Air dan direncanakan untuk kembali dikembangkan dengan penambahan panjang landas pacu menjadi 1.800 m.

Keselamatan penerbangan dipengaruhi oleh faktor manusia, mesin dan lingkungan. Ada tiga tahapan penting dalam operasi penerbangan yaitu lepas landas (*take-off*), jelajah (*cruising*), dan mendarat (*landing*). *Takeoff* dan *landing* merupakan tahapan yang sangat rentan terjadinya kecelakaan. Salah satu faktor meteorologi yang berpengaruh adalah keadaan angin permukaan landasan.

Bandar Udara Sultan Muhammad Kaharuddin Sumbawa menggunakan operasi *landing* dan *take off* yang dilakukan pada 2 ujung landas pacu berbeda, *takeoff* pada landas pacu 32 dan landing pada landas pacu 14. Umumnya pesawat *landing* berlawanan dengan arah angin karena menguntungkan

bagi pesawat, sebaliknya di bandara ini arah pesawat saat akan landing adalah dari barat laut ke tenggara searah arah angin. Dengan pengoperasian *landing* searah dengan arah angin terdapat angin buritan yang bekerja, dapat menyebabkan *overshoot landing* karena pesawat menjadi mudah tergelincir terutama ketika musim hujan. Arah angin dominan yang selalu berubah menyebabkan pada saat lepas landas terkadang arah pesawat juga searah arah angin dari tenggara ke barat laut, hal ini menyebabkan kurangnya kebutuhan gaya angkat pesawat yang menyebabkan landasan yang dibutuhkan lebih Panjang. Oleh karena itu pemerintah merencanakan penambahan panjang landas pacu dari 1.650 m menjadi 1.800 m. Karena adanya pergerakan angin yang selalu berubah-ubah sehingga menyebabkan *landing* dan *takeoff* searah angin maka perlu untuk mengevaluasi arah landas pacu eksisting untuk melihat kemungkinan adanya arah landas pacu terbaik dalam memenuhi kebutuhan operasi mendarat dan lepas landas. Adanya angin buritan pada pesawat yang mungkin dapat mengganggu operasi *takeoff* dan *landing* sehingga adanya rencana pemerintah untuk memperpanjang landas pacu, maka perlu mengevaluasi panjang landas pacu eksisting terhadap keadaan lingkungan dan panjang landas pacu berdasarkan kemampuan pesawat bila terjadi kegagalan mesin. Tujuan penelitian adalah mengevaluasi panjang dan arah landas pacu eksisting di Bandar Udara Sultan Muhammad Kaharuddin Sumbawa dan menganalisa pengaruh arah angin dominan terhadap operasi *take off* maupun *landing* di Bandar Udara Sultan Muhammad Kaharuddin Sumbawa.

TINJAUAN PUSTAKA

Panjang landas pacu berdasarkan kemampuan pesawat

Basuki (1986), tiga keadaan umum dalam menetapkan panjang suatu landasan pacu yang diperlukan untuk pengoperasian yang aman adalah :

1. Lepas landas normal dimana seluruh mesin dapat dipakai dan landasan pacu yang cukup dibutuhkan untuk menampung variasi-variasi dalam teknik pengangkatan dan karakteristik khusus dari pesawat terbang tersebut.
2. Lepas landas dengan suatu kegagalan mesin, dimana landasan yang cukup dibutuhkan untuk memungkinkan pesawat terbang lepas landas walaupun kehilangan daya atau bahkan direm untuk berhenti.
3. Pendaratan, dimana landasan pacu yang cukup dibutuhkan untuk memungkinkan variasi normal dari teknik pendaratan, pendaratan melebihi jarak yang ditentukan (*overshoots*), pendekatan yang kurang sempurna (*poor approaches*) dan lain- lainnya.

Panjang komponen landasan dihitung menggunakan persamaan berikut (Horrnjeff, 1998).

1. Keadaan lepas landas normal:

$$\text{TOD} = 1,15 \times \text{D35} \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{LOD} = 0,55 \times \text{TOD} \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{CL} = 0,50(\text{TOD} - 1,15\text{LOD}) \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{TOR} = \text{TOD} - \text{CL} \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$\text{FS} = \text{TOR} \quad \dots\dots\dots (5)$$

Keadaan pendaratan normal

$$LD = SD/0,6 \dots\dots\dots (6)$$

$$FS = LD \dots\dots\dots (7)$$

2. Keadaan lepas landas dengan kondisi kegagalan mesin

$$TOD = D35 \dots\dots\dots (8)$$

$$LOD = 0,55 \times TOD \dots\dots\dots (9)$$

$$CL = 0,50(TOD - LOD) \dots\dots\dots (10)$$

$$TOR = TOD - CL \dots\dots\dots (11)$$

$$FS = TOR \dots\dots\dots (12)$$

$$FL = FS + CL \dots\dots\dots (13)$$

3. Keadaan lepas landas dengan kondisi overshoot take-off

$$SW = 0,05 \times mL D \dots\dots\dots (14)$$

$$FL = FS + SW \dots\dots\dots (15)$$

dengan : TOD = Jarak lepas landas, D35 = Jarak pada ketinggian 35 ft, LOD = Jarak pengangkatan, CL = Daerah bebas, TOR = Jarak pacuan lepas landas, FS = Panjang perkerasan kekuatan penuh, FL = Panjang lapangan, SW = Daerah henti, SD = Jarak pemberhentian, LD = Jarak pendaratan.

Panjang landas pacu berdasarkan lingkungan lapangan terbang

ARFL pesawat harus dikoreksi terhadap lingkungan landas pacu bandara yaitu suhu, ketinggian, kemiringan dan angin.

a) Koreksi temperature

Panjang landasan harus dikoreksi terhadap temperatur sebesar 1% untuk setiap kenaikan 1°C.

$$F_t = 1 + 0.01 (T - (15 - 0.0065 h)) \dots\dots\dots (16)$$

b) Koreksi ketinggian (*altitude*)

Panjang landasan bertambah sebesar 7% setiap kenaikan 300 m (1000 ft) dihitung dari ketinggian muka laut.

$$F_e = 1 + 0,07 h/300 \dots\dots\dots (17)$$

c) Koreksi kemiringan landasan (*gradient*)

Faktor koreksi kemiringan (Fs) sebesar 10% setiap kemiringan 1% .

$$F_s = 1 + 0.1 S \dots\dots\dots (18)$$

d) Koreksi angin Permukaan, *Surface Wind*

Landasan yang diperlukan lebih pendek bila bertiup angin haluan (*head Wind*) sebaliknya bila bertiup angin buritan (*tail Wind*) landasan yang diperlukan lebih panjang. Angin buritan maximum yang diizinkan bertiup dengan kekuatan 10 knot.

Tabel 1. Perkiraan pengaruh angin terhadap landasan

Kekuatan Angin	Persentase Pertambahan/Pengurangan
+5	-3
+10	-5
-5	+7

Sumber: Heru Basuki, 1986

e) Menghitung ARFL

Setiap pesawat memiliki ARFL berlainan yang dikeluarkan pabrik pembuatnya. Panjang dasar tersebut harus dikoreksi karena pengaruh elevasi, suhu, kemiringan dan angin.

$$Lr = (ARFL \times Fe \times Ft \times Fs) + Fw \dots\dots\dots (19)$$

dengan : Lr = panjang landas pacu rencana, Fe = Koreksi elevasi, Ft = Koreksi suhu, Fs = Koreksi kemiringan, Fw = Koreksi angin, T = *Aerodrome reference temperature*, h = Aerodrome Elevasi, S = kemiringan landas pacu

Arah Landas pacu

Analisa angin sisi (cross wind)

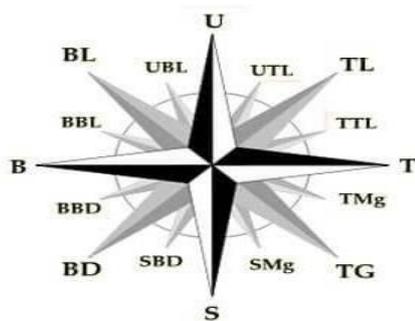
Penentuan arah landas pacu dilakukan dengan menganalisis arah angin. Pesawat udara yang akan mendarat ataupun lepas landas dapat melakukan pergerakan di atas landasan pacu sepanjang komponen angin yang bertiup tegak lurus dengan Bergeraknya pesawat udara (*crosswind*) tidak berlebihan. Komponen angin berupa *headwind*, *tailwind*, dan *crosswind*. *Headwind* adalah angin yang berhembus dari arah depan pesawat. *Tailwind* berhembus dari arah belakang pesawat dan *crosswind* adalah angin yang berhembus dari sisi samping pesawat.

Berdasarkan rekomendasi ICAO (Annex 14, 2004) pesawat dapat mendarat ataupun lepas landas pada sebuah lapangan terbang pada 95% dari waktu dengan komponen *cross wind* tidak melebihi:

- 37 km/jam (20 knots) dengan ARFL 1500 m atau lebih,
- 24 km/jam (13 knots) dengan ARFL antara 1200 - 1499 m dan,
- 19 km/jam (10 knots) dengan ARFL kurang dari 1200 m.

Analisis windrose

Hal yang penting dalam pembuatan *windrose* adalah arah mata angin, pengetahuan mengenai arah mata angin dapat mempermudah dalam membaca dan memahami diagram *windrose*.



Gambar 1. Arah mata angin

Tjasyono (1999), arah angin dinyatakan dalam derajat (°) yaitu Utara (U) = 360°; Utara Timur Laut (UTL) = 22,5°; Timur Laut (TL) = 45°; Timur Timur Laut (TTL) = 67,5°; Timur (T) 90°; Timur Tenggara (TMg) 112,5°; Tenggara (TG) 135°; Selatan Tenggara (SMg) 157,5°; Selatan (S) =180°; Selatan Barat Daya (SBD) 202,5°; Barat Daya (BD) 225°; Barat Barat Daya (BBD) 247,5°; Barat (B) 270°; Barat Barat Laut (BBL) 292,5°; Barat Laut (BL) 315°; Utara Barat Laut (UBL) 337,5 °; Angin Tenang/Calm (U) 0°.

Software Statgraphics 18

Statgraphics 18 adalah *statistical analysis software* yang dikeluarkan oleh Statgraph Technologies, Inc digunakan untuk membuat diagram *windrose* dengan memerlukan data dua substansi pokok yaitu data angin (arah dan kecepatan).

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Bandar Udara Sultan Muhammad Kaharuddin yang terletak di Jl. Garuda No. 41, Sumbawa Besar, Lempeh, Kec. Sumbawa, Kabupaten Sumbawa, Nusa Tenggara Barat.

Pengumpulan data

Data yang digunakan berupa data sekunder yang diperoleh dari sumber-sumber lain seperti buku referensi, studi kepustakaan, serta data yang diperoleh dari instansi terkait dengan penelitian, yaitu :

- 1) Data eksisting landas pacu yaitu data elevasi landas pacu (h) dan data kemiringan landas pacu (S)
- 2) Data karakteristik pesawat
- 3) Data arah dan kecepatan angin serta suhu tahun 2013 sampai 2017 dari Badan Meteorologi dan Geofisika Bandara Sultan Muhammad Kaharuddin Sumbawa

Tahap analisis data

Tahapan-tahapan pengolahan data dan analisa dalam evaluasi panjang dan arah landas pacu di Bandara Sultan Muhammad Kaharuddin Sumbawa.

- 1) Analisis panjang komponen landas pacu berdasarkan kemampuan pesawat
Menggunakan data karakteristik prestasi pesawat untuk menghitung panjang kebutuhan komponen landas pacu berdasarkan kemampuan pesawat pada : keadaan lepas landas normal, pendaratan normal, lepas landas yang gagal, lepas landas dengan kegagalan mesin.
- 2) Analisis panjang landas pacu berdasarkan lingkungan lapangan terbang, dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:
 - Menghitung suhu rerata harian pada bulan-bulan terpanas
 - Menghitung harga suhu maksimal rerata pada bulan-bulan terpanas
 - Menghitung suhu rerata landas pacu
 - Menentukan *basic length* landas pacu pesawat yang beroperasi dari data karakteristik pesawat
 - Mengolah dan menganalisa data arah dan kecepatan angin permukaan dari data angin menggunakan software Statgraphic 18.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data sekunder yang digunakan berupa data karakteristik fisik landas pacu bandar udara Sultan Muhammad Kaharudin dan data karakteristik pesawat, data suhu, data arah dan kecepatan angin landas pacu.

Data karakteristik fisik Landas pacu Bandar Udara Sultan Muhammad Kaharuddin

Tabel 2. Data karakteristik fisik Landas pacu Bandar Udara Sultan Muhammad Kaharuddin

Karakteristik fisik Landas pacu Bandara Sultan Muhammad Kaharuddin Sumbawa	
Panjang landas pacu <i>eksisting</i>	1.650 m
Panjang landas pacu rencana	1.800 m
Elevasi landas pacu diatas permukaan laut	34 ft (10,37 m)
Elevasi landas pacu 14 (140,64°)	18 ft (5,49 m)
Elevasi landas pacu 32 (320,64°)	34 ft (10,37 m)

Sumber : Directorate General of Civil Aviation

Data karakteristik pesawat

Tabel 3. Data karakteristik pesawat

Karakteristik Pesawat	
Jenis Pesawat	ATR 72-600
<i>Basic Length</i> landas pacu	4.373 ft (1.333 m)

Sumber : *The ATR family booklet halaman 21*

Data suhu landas pacu tahun 2013-2017

Data suhu landas pacu digunakan dalam perhitungan koreksi temperatur landas pacu berdasarkan lingkungan. Data ini diperoleh dari Kantor Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Stasiun Meteorologi kelas III Sultan Muhammad Kaharuddin Sumbawa, terdiri dari data suhu maksimum dan rerata landas pacu dari tahun 2013-2017 yang tercatat setiap harinya dalam 12 bulan selama 5 tahun terakhir di Stasiun Meteorologi.

Data arah dan kecepatan angin landas pacu tahun 2013-2017

Terdiri dari data kecepatan dan arah angin dari tahun 2013-2017 yang tercatat setiap harinya dalam 12 bulan selama 5 tahun terakhir di Stasiun Meteorologi Sultan Muhammad Kaharuddin Sumbawa. Data ini digunakan didalam perhitungan koreksi angin berdasarkan keadaan lingkungan dan dalam perhitungan evaluasi arah landas pacu.

Analisa Data

Panjang Komponen Landas Pacu Berdasarkan Kemampuan Pesawat

Untuk menghitung panjang komponen landas pacu berdasarkan kemampuan pesawat digunakan data karakteristik pesawat ATR 72-600 pada Tabel 3 yaitu *basic length* landas pacu yaitu 4.373 ft (1.333m), selanjutnya dilakukan perhitungan panjang komponen landas pacu untuk 4 keadaan. Berikut hasil perhitungan panjang komponen landas pacu :

Tabel 4. Hasil perhitungan panjang komponen landas pacu berdasarkan kemampuan pesawat

Keadaan	D35 (m)	TOD (m)	LOD (m)	CL (m)	TOR (m)	FS (m)	FL (m)	LD (m)	SW (m)
<i>Take off normal</i>	1333	1533	843	282	1251	1251	1533		
<i>Landing</i>						1251		1251	
<i>Take off kegagalan mesin</i>	1333	1333	1000	167	1166	1166	1333		
<i>Take off gagal (ditunda)</i>							1229	1251	63

Sumber : *Hasil analisa data*

Panjang komponen landas pacu digunakan nilai terbesar pada Tabel 4. Sehingga nilai *take off distance* 1.533 m, *take off run* 1.251 m, *clearway* 282 m dan *stopway* 63 m. Berdasarkan analisa diperoleh kebutuhan landas pacu adalah 1.251 m jika dibandingkan dengan kondisi landas pacu di Bandar Udara Sultan Muhammad Kaharuddin sekarang maka landas pacu eksisting sepanjang 1.650 m masih memadai. Bandar Udara Sultan Muhammad Kaharuddin Sumbawa saat ini tidak memiliki *clearway* dan *stopway* maka untuk keamanan dan keselamatan penerbangan apabila sewaktu waktu terjadi kegagalan *takeoff* dapat ditambahkan *clearway* sepanjang 282 m dan *stopway* sepanjang 63 m.

Panjang Landas Pacu Berdasarkan Lingkungan

Suhu landas pacu

Analisa dilakukan dengan menentukan bulan terpanas untuk setiap tahunnya lalu memilih suhu maksimum dan rerata dari bulan terpanas yang telah ditentukan tersebut.

Tabel 5. Suhu harian rata-rata dan temperatur maksimum pada bulan-bulan terpanas

Tahun	Bulan Terpanas	Suhu Harian Rata-rata T_1 (°C)	Temperatur maksimum T_2 (°C)
2013	Oktober	28.3935	37,1
2014	November	28.7367	38,4
2015	November	28.8967	37,4
2016	September	27.7741	37,3
2017	Oktober	28.7290	37,2
	Rata-rata	28.5060	37,48

Sumber: Hasil analisa data

Maka, dengan menganalisa Tabel 5 dan 6 didapatkan suhu landas pacu adalah

$$T = T_1 + \frac{T_2 - T_1}{2} = 28,506 + \frac{37,48 - 28,506}{2} = 31,4973 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Menghitung koreksi temperatur

Dengan menggunakan persamaan (16).

$$F_t = 1 + 0.01 (T - (15 - 0.0065 h)) = 1 + 0.01(31.4973 - (15 - 0.0036 \times 10.37)) = 1.16565$$

Menghitung koreksi ketinggian

Dengan menggunakan persamaan (17).

$$F_e = 1 + 0,07 h/300 = 1 + 0,07 \times 10,37/300 = 1,00242$$

Menghitung kemiringan landasan

Elevasi pada landas pacu 14 adalah 18 ft (5,49 m) dan elevasi pada landas pacu 32 adalah 34 ft (10,37m) maka kemiringan landas pacu adalah sebagai berikut :

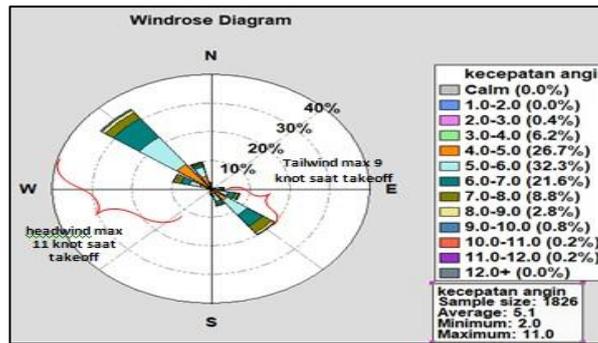
$$\text{Kemiringan} = \frac{\text{Beda tinggi}}{\text{Panjang Landas Pacu}} \times 100\% = \frac{(10,37 - 5,49)}{1650} = 0,29575 \%$$

Selanjutnya dihitung koreksi kemiringan landas pacu dengan menggunakan persamaan (18).

$$F_s = 1 + 0.1 S = 1 + 0,1 \times 0,29575 = 1,029575$$

Menghitung koreksi angin

Untuk menghitung koreksi angin, data angin mulai tahun 2013 sampai 2017 diolah dengan menggunakan software statgraphics 18 lalu dikoreksi berdasarkan Tabel 1 yaitu koreksi angin oleh ICAO. Berdasarkan Tabel 1 dengan bertiupnya *headwind* 11 knot pengurangan landas pacu menjadi -5, untuk *tailwind* 9 knot penambahan landas pacu menjadi +7, maka nilai koreksi angin (F_w) adalah +2. Dari hasil pengolahan data didapatkan pola angin permukaan di Bandara Sultan Muhammad Kaharuddin Sumbawa sebagai berikut :



Gambar 2. Hasil analisa angin statgraphich 18

Menghitung panjang landasan dikoreksi

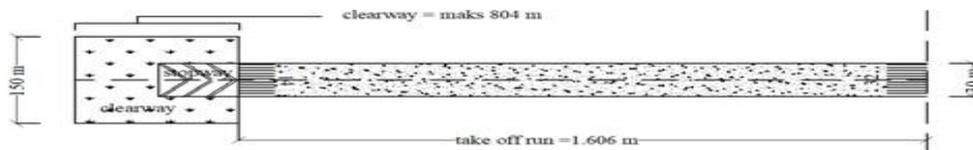
Maka panjang landas pacu adalah sebagai berikut :

$$Lr = (ARFL \times Fe \times Ft \times Fs) + Fw (1,12) = (1.333 \times 1,00242 \times 1,16565 \times 1,029575) + 2 (1,12) = 1.606 \text{ m}$$

Dari hasil perhitungan dengan metode ARFL diatas diperoleh panjang minimum landasan yang dibutuhkan adalah 1.606 m. Jika dibandingkan dengan kondisi landas pacu Bandar Udara Sultan Muhammad Kaharuddin Sumbawa saat ini yang memiliki panjang 1.650 m maka meskipun arah *landing* dan *take off* searah arah angin dan juga adanya *tailwind* 11 knot, berdasarkan keadaan lingkungan panjang landas pacu eksisting 1.650 m masih memenuhi untuk operasional lepas landas dan pendaratan sehingga belum membutuhkan perpanjangan landas pacu menjadi 1.800 m.

Disain panjang landas pacu

Analisa panjang landas pacu berdasarkan kemampuan pesawat dan analisa panjang landas pacu berdasarkan keadaan lingkungan menunjukkan hasil yang berbeda yaitu masing-masing 1.251 m dan 1.606 m. Maka untuk mendisain landas pacu digunakan nilai *take off run* terbesar diantara keduanya yaitu 1.606 m. Panjang dan lebar *clearway* maksimum dihitung berdasarkan persyaratan ICAO yang tercantum didalam dokumen ANNEX 14 bahwa panjang maksimum *clearway* tidak boleh melebihi panjang dari setengah *take off run* dan lebar *clearway* adalah 75 m kesisi kanan dan sisi kiri landas pacu. Panjang dan lebar *stopway* maksimum berdasarkan persyaratan ICAO yang tercantum didalam dokumen ANNEX 14 adalah untuk lebar *stopway* harus sama dengan lebar landas pacu dan untuk panjang *stopway* dapat disesuaikan dengan luas lahan, tidak semua landas pacu memiliki *stopway* dikarenakan kurangnya lahan. Disain landas pacu dapat dilihat pada Gambar 3 berikut :



Gambar 3. Design panjang landas pacu Bandara Sultan Muhammad Kaharuddin Sumbawa Besar

Evaluasi Arah Landas Pacu

Dalam mengevaluasi arah landas pacu dilakukan penggambaran pola angin terlebih dahulu, data angin mulai tahun 2013 sampai 2017 dengan menggunakan software Statgraphics 18. Analisa angin bulanan dilakukan untuk melihat pola pergerakan angin yang terjadi pada setiap bulannya secara mendetail. Hasil dari analisa angin bulanan juga dapat memperlihatkan pada bulan apa saja operasional

landing dan takeoff berbahaya terkait perubahan musim karena kemungkinan adanya genangan air pada musim hujan yang dapat menyebabkan tergelincirnya roda pesawat.

Analisa angin bulanan

Tabel 7. Hasil Rekapitulasi arah angin bulanan Tahun 2013

Bulan	Arah angin dominan	Tahun 2013				Cross wind (kn)	Musim
		Landing		Takeoff			
		Tail wind (kn)	Head wind (kn)	Tail wind (kn)	Head wind (kn)		
Januari	BL	11	-	11	-	-	hujan
Februari	BL	8	-	8	-	-	hujan
Maret	BL	6	5	6	5	-	hujan
April	BL	5	6	5	6	-	kemarau
Mei	BL	6	6	6	6	-	kemarau
Juni	BL	5	5	5	5	-	kemarau
Juli	Tg	-	8	-	8	-	kemarau
Agustus	Tg	6	9	6	9	-	kemarau
September	Tg	6	8	6	8	-	kemarau
Oktober	BL	7	6	7	6	-	hujan
November	BL	9	-	9	-	-	hujan
Desember	BL	7	5	7	5	-	hujan

Sumber : Hasil analisa data

Tabel 8. Hasil Rekapitulasi arah angin bulanan Tahun 2014

Bulan	Arah angin dominan	Tahun 2014				Cross wind (kn)	Musim
		Landing		Takeoff			
		Tail wind (kn)	Head wind (kn)	Tail wind (kn)	Head wind (kn)		
Januari	BL	9	-	9	-	-	hujan
Februari	BL	9	-	9	-	-	hujan
Maret	BL	11	-	11	-	-	hujan
April	BL	5	5	5	5	-	kemarau
Mei	Tg	5	7	5	7	-	kemarau
Juni	Tg	5	7	5	7	-	kemarau
Juli	Tg	7	9	7	9	-	kemarau
Agustus	Tg	6	8	6	8	-	kemarau
September	BL	7	8	7	8	-	kemarau
Oktober	BL	7	8	7	8	-	hujan
November	BL	8	5	8	5	-	hujan
Desember	BL	8	-	8	-	-	hujan

Sumber : Hasil analisa data

Tabel 9. Hasil Rekapitulasi arah angin bulanan Tahun 2015

Bulan	Arah angin dominan	Tahun 2015				Cross wind (kn)	Musim
		Landing		Takeoff			
		Tail wind (kn)	Head wind (kn)	Tail wind (kn)	Head wind (kn)		
Januari	BL	8	3	8	3	-	hujan
Februari	BL	7	6	7	6	-	hujan
Maret	BL	6	3	6	3	-	hujan
April	BL	6	5	6	5	-	kemarau
Mei	Tg	5	7	5	7	-	kemarau
Juni	Tg	-	7	-	7	-	kemarau
Juli	Tg	5	7	5	7	-	kemarau
Agustus	Tg	6	7	6	7	-	kemarau
September	BL	8	8	8	8	-	kemarau
Oktober	BL	8	6	8	6	-	hujan
November	BL	9	-	9	-	-	hujan
Desember	UBL	7	5	7	5	-	hujan

Sumber : Hasil analisa data

Tabel 10. Hasil Rekapitulasi arah angin bulanan Tahun 2016

Bulan	Arah angin dominan	Tahun 2016				Cross wind (kn)	Musim
		Landing		Takeoff			
		Tail wind (kn)	Head wind (kn)	Tail wind (kn)	Head wind (kn)		
Januari	BL	6	6	6	6	8	hujan
Februari	BL	6	-	6	-	-	hujan
Maret	BL	5	5	5	5	-	hujan
April	STg	4	5	4	5	-	kemarau
Mei	Tg	5	6	5	6	-	kemarau
Juni	STg	5	6	5	6	-	kemarau
Juli	Tg	6	7	6	7	-	kemarau
Agustus	BL	7	7	7	7	-	kemarau
September	BL	6	8	6	8	-	kemarau
Oktober	BL	5	6	5	6	-	hujan
November	BL	5	6	5	6	-	hujan
Desember	BL	7	4	7	4	-	hujan

Sumber : Hasil analisa data

Tabel 11. Hasil Rekapitulasi arah angin bulanan Tahun 2017

Bulan	Arah angin dominan	Tahun 2017				Cross wind (kn)	Musim
		Landing		Takeoff			
		Tail wind (kn)	Head wind (kn)	Tail wind (kn)	Head wind (kn)		
Januari	BL	7	-	7	-	-	hujan
Februari	BL	9	4	9	4	-	hujan
Maret	BL	8	-	8	-	-	hujan
April	BL	5	6	5	6	-	kemarau
Mei	Tg	4	7	4	7	-	kemarau
Juni	Tg	7	7	7	7	-	kemarau
Juli	Tg	6	8	6	8	-	kemarau
Agustus	TTg	5	7	5	7	-	kemarau
September	BL	6	7	6	7	-	kemarau
Oktober	BL	6	5	6	5	-	hujan
November	BL	5	5	5	5	7	hujan
Desember	BL	7	4	7	4	-	hujan

Sumber : Hasil analisa data

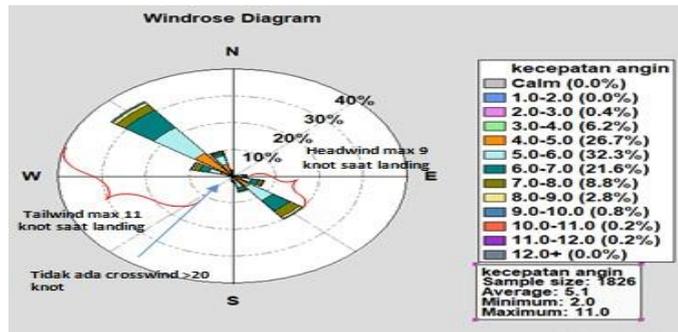
Tabel 7 sampai 11 memperlihatkan bahwa perubahan arah angin, berkaitan dengan perubahan musim yang terjadi, saat musim kemarau angin bertiup dari tenggara dan saat musim penghujan angin dari barat laut. Pada saat musim hujan terjadi *tailwind* maksimum sebesar 11 knot hal ini kemungkinan dapat menyebabkan operasi landing berbahaya misalnya tergelincirnya roda pesawat karena pada musim hujan kemungkinan terdapat genangan air pada permukaan landas pacu. Tabel 7 sampai 11 menunjukkan bahwa dibulan Januari 2016 dan November 2017 terjadi *crosswind* masing-masing 8 knot dan 7 knot, berdasarkan aturan ICAO *crosswind* yang lebih kecil dari 13 knot masih aman.

Analisa angin keseluruhan

Analisa angin keseluruhan dimaksudkan untuk melihat gambaran pola angin secara garis besar tahun 2013 sampai tahun 2017, lalu dibandingkan dengan posisi landas pacu di Bandara Sultan Muhammad Kahrudin Sumbawa saat ini. Tabel 4 adalah hasil analisa angin tahun 2013 sampai 2017 dalam bentuk diagram windrose.

Dialog box sebelah kanan atas menunjukkan besar kecepatan angin dan seberapa sering angin dengan kecepatan tersebut terjadi, ditunjukkan dalam persentase. Dialog box kanan bawah

menunjukkan jumlah sample data, rata-rata kecepatan angin, kecepatan angin minimum dan kecepatan angin maksimum yang terjadi.

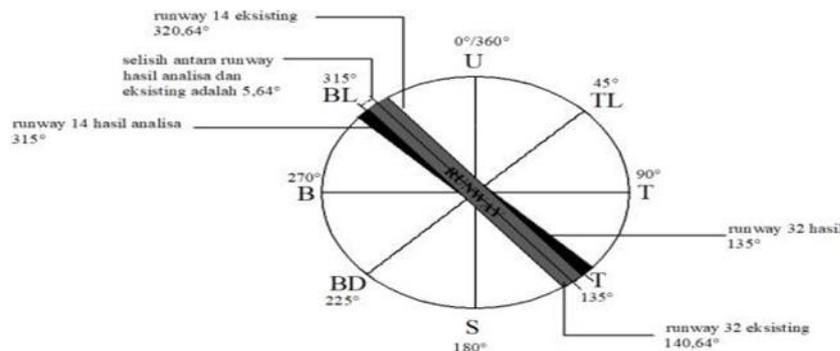


Gambar 4. Hasil analisa angin 5 tahun terakhir

Gambar 4. menunjukkan bahwa :

- Angin 3 knot (hijau) terjadi sebanyak 6,2%.
- Angin 5 knot (biru muda) terjadi sebanyak 32,3% dan merupakan angin yang paling sering terjadi.
- Angin 7 knot (hijau lumut) terjadi sebanyak 8,8%.
- Angin 10 knot (merah) terjadi sebanyak 0,2%.
- Angin 11 knot (ungu) terjadi sebanyak 0,2% dan merupakan kecepatan angin maksimum yang terjadi di landas pacu Bandara Sultan Muhammad Kaharuddin Sumbawa.
- Kecepatan angin minimum yang terjadi adalah 2 knot.
- Rata-rata angin yang terjadi adalah 5,1 knot.
- Diagram *windrose* diatas hasil dari pengolahan 1826 sampel data yaitu merupakan data angin harian selama tahun 2013 sampai 2017.
- Arah angin dominan bertiup dari barat laut menuju tenggara, yang juga merupakan arah pesawat saat akan *landing* di landas pacu Bandara Sultan Muhammad Kaharuddin Sumbawa.
- Tidak terjadi crosswind diatas 13 knot.
- Terjadi *tailwind* 11 knot saat landing. Dari peraturan ICAO *tailwind* maksimum yang diijinkan adalah 10 knot, namun *tailwind* 11 knot masih tergolong aman karena jarang terjadi yaitu hanya 0,2%.
- Terjadi *headwind* 9 knot saat *landing*.

Arah landas pacu berdasarkan hasil analisa data ditunjukkan oleh gambar berikut :



Gambar 5. Arah landas pacu hasil analisa dan eksisting bandara Sultan Muhammad Kaharuddin

Gambar 5 menunjukkan bahwa tingkat kesesuaian antara dominasi arah angin permukaan dengan arah landas pacu eksisting masih tinggi, oleh karena itu kegiatan lepas landas maupun landing masih aman.

Dari Gambar 4 dan Gambar 5 dapat disimpulkan bahwa arah operasi take off dan landing maupun arah landas pacu saat ini merupakan arah terbaik karena tidak ada angin sisi diatas 13 knot terjadi, adanya tailwind 11 knot masih dianggap aman karena jarang terjadi, pemilihan arah landas pacu terbaik adalah arah landas pacu dimana tidak terjadinya crosswind atau angin sisi.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

1. Panjang landas pacu minimum yang dibutuhkan di Bandara Sultan Muhammad Kaharuddin Sumbawa adalah 1.606 m, maka landas pacu eksisting 1.650 m masih memadai.
2. Arah landas pacu saat ini 14/32 tenggara-barat laut merupakan arah landas pacu terbaik.
3. Adanya *tailwind* sebesar 11 knot saat *landing* masih tergolong aman karena terjadi hanya sebesar 0,2% yang artinya tidak sering terjadi.
4. *Takeoff* dan *landing* searah dengan arah angin dominan di Bandara Sultan Muhammad Kaharuddin Sumbawa tidak berbahaya sehingga perpanjangan landas pacu saat ini masih belum diperlukan.

Saran

1. Perlu adanya data arah angin yang ditampilkan perjam untuk melihat pergerakan arah angin saat jam-jam dilakukannya operasi *takeoff* dan *landing* agar hasil penelitian lebih mendetail.
2. Pengolahan data angin menggunakan software harus lebih sering digunakan karena mudah dalam penggunaannya tanpa mengurangi keakuratan data.
3. Perlu dilakukan penelitian mengenai pesawat apa saja yang dapat beroperasi di landas pacu rencana 1.800 m.
4. Perlu dilakukan penelitian mengenai *obstacle* diarah tenggara landas pacu yang menyebabkan operasi *take off* tidak bisa dilakukan di satu ujung landas pacu.

DAFTAR PUSTAKA

- Basuki, H. (1986). Merancang dan Merencana Lapangan Terbang. Penerbit P.T Alumni: Bandung.
- Crutcher, H.,L. (1956). On The Standard Vector-Deviation Wind Rose, Bull. Am. Meteorol. Soc., Vol. 14, 28-33.
- Direktorat Jenderal Perhubungan Udara. (2014). Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Tentang Manual Standar Teknis dan Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil-Bagian 139 Volume 1 Bandar Udara. Direktorat Jenderal Perhubungan Udara.
- Pengertian Umum. (2007). <http://hubud.dephub.go.id/?id/page/detail/44>. Diakses 25 Mei 2018.
- Direktorat Jenderal Perhubungan Udara. Detail Bandara Udara. (2007). http://hubud.dephub.go.id/?id/bandar_a/detail/107. Diakses 25 Mei 2018.
- Fadholi, A. (2012). Analisa Pola Angin Permukaan Di Bandar Udara Depati Amir Pangkal Pinang Periode Januari 2011 – Desember 2011. Jurnal Statistika. 12 (1): 19 – 28.
- Fadholi, A. (2013). Analisis Data Arah Dan Kecepatan Angin Runway (landas pacu) Menggunakan Aplikasi Windrose Plot (WRPLOT). Jurnal Ilmu Komputer. 9 (2): 84 – 91.
- Fadholi, A. (2013). Analisis Komponen Angin Runway (Landas pacu) Bandara Depati Amir Pangkal Pinang. Jurnal Statistika. 13 (2): 45 –53.
- Horonjeff, R. & McKelvey F.X. (1988). Perencanaan dan Perancangan Bandar Udara. Edisi Ketiga, Jilid I. Penerbit Erlangga: Jakarta.