

ANALISIS PENGARUH FAKTOR IKLIM SETEMPAT (KLIMATOLOGI) TERHADAP PENGEMBANGAN LANDASAN PACU (*RUNWAY*) PADA BANDAR UDARA

Muhamad Lutfi

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Ibn Khaldun Bogor
e-mail: lutfim97@gmail.com

Abstrak

Keberadaan Landasan Pacu (runway) yang memadai baik itu dalam ukuran (dimensi) maupun kapasitas layanan terhadap suatu jenis pesawat terbang terutama pesawat terbang berbadan lebar seperti jenis Boeing 737 pada suatu bandar udara, merupakan sesuatu hal yang perlu diperhatikan dikarenakan berhubungan dengan tingkat layanan dan faktor keamanan penerbangan yang dapat diberikan oleh sebuah bandar udara. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, tahapan pengembangan landasan pacu tersebut haruslah memperhatikan beberapa faktor yang mempengaruhinya salah satu faktor utama yang menjadi dasar perencanaan pengembangan landasan pacu adalah faktor klimatologi yang meliputi ketinggian lokasi bandara, kelembaban udara, curah hujan, arah angin, temperatur dan lain sebagainya. Faktor klimatologi memberikan kontribusi berupa koreksi terhadap ukuran landasan pacu yang ada pada bandar udara tersebut. Selain faktor tersebut, pengembangan landasan pacu juga harus memperhatikan standarisasi dari ICAO dan FAA yang merupakan lembaga internasional yang mengatur tentang standarisasi sebuah Bandar udara.

Kata kunci : *Klimatologi, Runway, Bandar Udara*

1. Pendahuluan

Pada saat ini perkembangan teknologi pesawat terbang meningkat dengan cepat dan semakin modern, maka secara langsung sarana transportasi tersebut juga mempengaruhi prasarana transportasi yang sudah tersedia sehingga dapat menampung dan memberikan pelayanan secara optimal dengan segala fasilitas-fasilitas yang sudah ada. Sehingga dalam hal ini diperlukan prasarana bandar udara yang lebih memadai terutama kondisi panjang landasan terutama landasan pacu (*runway*) yang ada, serta dapat menampung arus lalu lintas udara yang semakin lama semakin meningkat, baik dalam jumlah barang dan penumpang maupun dalam hal ukuran atau jenis pesawat yang beroperasi.

2. Tinjauan Pustaka

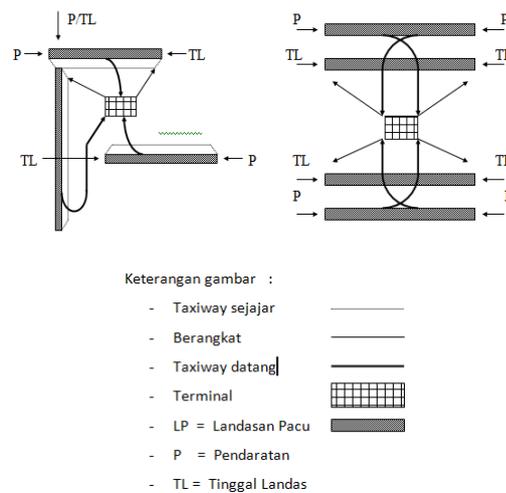
2.1 Konfigurasi Bandar Udara

Konfigurasi bandar udara adalah jumlah daerah dan orientasi dari landasan pacu serta penempatan bangunan terminal termasuk lapangan parkirnya yang berkaitan dengan landasan tersebut. Banyaknya landasan yang diperlukan sangat tergantung pada volume lalu lintas dan orientasi landasan tergantung pada arah angin dominan yang bertiup pada daerah tersebut, tetapi kadang-kadang juga luas tanah atau daerah yang tersedia ada pengaruhnya juga. Sedangkan bangunan terminal yang melayani para penumpang haruslah ditempatkan sedemikian rupa sehingga para penumpang cepat dan mudah menuju landasan.

Komponen utama yang ada di lingkungan suatu bandar udara antara lain :

- a) *Runway* (landasan pacu), merupakan suatu jalur yang berupa konstruksi perkerasan yang dibuat sebagai sarana untuk pendaratan (*Landing*) dan penerbangan (*Take off*) pesawat pada suatu lapangan terbang atau bandar udara. Jumlah dari landasan pacu tergantung dari pada besarnya lalu lintas udara dan arah landasan pacu tergantung dari pada arah angin dominan yang bertiup di daerah tersebut
- b) *Taxiway* (landasan penghubung), merupakan landasan yang menghubungkan antara runway dengan lahan parkir pesawat (*apron*), dimana fungsi utamanya adalah sebagai jalan keluar masuknya pesawat terbang dari landasan pacu ke tempat parkir pesawat dan ke gedung terminal.
- c) *Apron* (landasan parkir), bagian dari bandar udara yang dibuat berdasarkan volume lalu lintas penerbangan, sehingga fungsi sebagai parkir pesawat dapat menampung jumlah pesawat dari berbagai jenis. Pada umumnya tempat parkir pesawat diletakkan dekat dengan gedung terminal dan hanggar (tempat perbaikan pesawat).

- d) *Holding Apron*. *Apron* untuk *Holding* atau juga disebut “*Warm Up*” (pemanasan) atau “*Run Up*” diperlukan pada daerah yang sangat dekat dengan ujung landasan. Bagi pesawat bermesin *piston*, daerah ini digunakan untuk melakukan *Check* akhir sesaat sebelum lepas landas. *Apron* ini dibuat cukup luas sehingga bila pesawat tidak bisa melakukan proses lepas landas karena sesuatu hal, pesawat lain yang antri untuk melakukan lepas landas dapat menyalipnya.
- e) *Holding Bay*. *Apron* yang tidak luas, berlokasi dilapangan terbang untuk parkir pesawat sementara. Di beberapa lapangan terbang jumlah *gate* atau pintu masuk yang disediakan mungkin tidak cukup untuk melayani pesawat yang datang pada jam-jam sibuk. Pada keadaan seperti ini PLLU (Pengendalian Lalu Lintas Udara) menuntun pesawat untuk parkir di *Holding bay* dan tinggal disitu untuk sementara sampai ada *gate* yang kosong.
- f) Gedung Terminal, dimaksudkan sebagai sarana untuk transit dengan proses pelayanan yang lancar dan cepat. Dengan adanya gedung terminal ini memberikan pada para penumpang kemudahan untuk bergerak secara lancar dan cepat dari suatu sarana angkutan ke sarana angkutan yang lain atau dari udara ke darat atau dari darat ke udara.



Gambar 1. Hubungan Landasan Pacu dengan Daerah Terminal

2.2 Runway (landasan pacu)

Unsur-unsur dari landasan pacu antara lain :

- a) Struktur perkerasan (*Structural Pavement*) adalah unsur yang menahan beban dari pesawat.
- b) Bahu (*Shoulder*) berbatasan dengan struktur perkerasan yang direncanakan untuk menahan erosi karena pesawat dan menampung lalu lintas peralatan pemeliharaan dan patroli.
- c) Daerah aman (*Safety Area*) landasan pacu, meliputi struktur perkerasan, bahu dan daerah yang dibersihkan, didrainase dan diatur kemiringannya. Daerah aman ini harus mampu menampung peralatan pemadam kebakaran, juga mampu manampung pesawat bila melenceng dari landasan pacu.
- d) Bantalan Hembusan (*Blast Pad*) adalah daerah yang direncanakan untuk mencegah erosi permukaan yang berbatasan dengan ujung landasarn pacu.
- e) *Stop Way* adalah perpanjangan landasan dimana digunakan untuk menahan pesawat pada waktu gagal lepas landas.
- f) *Clear Way* adalah area empat persegi panjang di ujung landasan pada arah take off atau landing. *Clear Way* diletakkan pada perpanjangan landasan dengan lebar 500 ft (150 m) dan bebas dari bangunan-bangunan.

2.3 Klasifikasi Bandar Udara menurut ICAO

Klasifikasi bandar udara menurut ICAO (*International Civil Aviation Organization*) menggunakan dua unsur kode acuan untuk mengklasifikasikan standar desain geometri untuk suatu bandar udara. Unsur kode itu terdiri dari penetapan angka dan abjad. Nomor kode 1 sampai dengan 4 mengklasifikasikan panjang landasan pacu yang tersedia sedangkan huruf A sampai dengan E

mengklasifikasikan lebar bentang sayap dan bentang roda pendaratan utama sebelah luar untuk pesawat.

2.4 Klasifikasi Bandar Udara menurut FAA

Klasifikasi bandar udara menurut FAA (Federal Aviation Administration) berdasarkan dari fungsi atau penggunaan dari bandar udara itu sendiri terdiri dari :

- Utilitas, adalah lapangan terbang yang melayani pesawat terbang yang memiliki berat pesawat 12.500 lbs, tidak termasuk jenis pesawat jet. Atau dengan kata lain hanya melayani jenis pesawat berbalang saja.
- Utilitas dasar, adalah lapangan terbang yang melayani pesawat terbang yang menggunakan baling-baling atau pesawat terbang yang menggunakan mesin turbo jet yang beratnya bisa mencapai 60.000 lbs.
- Utilitas umum, adalah lapangan terbang yang dipakai untuk melayani penerbangan umum, dengan berat pesawat yang dilayani bisa mencapai 175.000 lbs atau lebih.

3. Metode Penelitian

3.1 Data Tanah

Analisa data tanah yang ada, sangatlah mempengaruhi dalam merencanakan pengembangan landasan pacu bandar udara yang sudah ada. Data tanah yang diperlukan antara lain :

- Tata guna tanah. Rancangan tata guna tanah pada daerah di dalam areal bandar udara dan areal yang berbatasan dengan bandar udara adalah bagian yang penting dalam perencanaan ini. Perluasan tata guna tanah pada suatu bandar udara sepenuhnya
- Tergantung pada luas tanah yang tersedia, dan penggunaannya bisa untuk keperluan yang berhubungan langsung dengan penerbangan, sedangkan yang lain hanya sebagai penunjang saja.
- Nilai CBR. Nilai *California Bearing Ratio* digunakan untuk menentukan tabel perkerasan pada perencanaan, dimana dengan nilai CBR ini tanah dasar yang akan dipadatkan untuk perkerasan dapat diketahui kekuatannya.

3.2 Klimatologi

Data klimatologi yang dibutuhkan antara lain:

- Temperatur. Pada temperatur yang lebih tinggi, dibutuhkan landasan yang lebih panjang, sebab dengan temperatur tinggi, densiti udara lebih rendah sehingga menghasilkan output daya dorong yang rendah pula. Sebagai standar temperatur dipilih diatas muka laut sebesar 59 °F atau sama dengan 15 °C. Menurut ICAO panjang landasan harus dikoreksi terhadap temperatur sebesar 1 % untuk setiap kenaikan 1 °C, dengan nilai faktor koreksi temperatur (F_t) dengan rumus:
$$F_t = 1 + 0,01 \cdot (T - (15 - 0,0065 \cdot h))$$
dimana T = Suhu di lapangan terbang.
- Ketinggian Altitude. Menurut ICAO, panjang *Aeroplane Reference Field Length* (ARFL) akan bertambah sebesar 7 % setiap kenaikan 300 meter (1000 ft) dihitung dari ketinggian diatas muka laut. Nilai faktor koreksi elevasi (F_e) dengan rumus : $F_e = 1 + \left(0,07 \cdot \frac{h}{300}\right)$ dimana h = Elevasi lapangan terbang diatas muka laut.
- Kemiringan landasan. Dalam perencanaan lapangan terbang, FAA memperkenalkan Effektiv Gradient yaitu beda tinggi antara titik tertinggi dan titik terendah dari penampang memanjang landasan dibagi dengan panjang landasan yang ada. Faktor koreksi kemiringan (F_s) sebesar 10 % setiap kemiringan 1 % dengan rumus : $F_s = 1 + (0,1 \cdot S)$ dimana S = Kemiringan landasan pacu.
- Analisa angin. Data-data mengenai angin yang bertiup disekitar lokasi lapangan terbang adalah sangat penting dalam perencanaan landasan pacu.

Dalam bahasan kali ini hanya mengulas mengenai perpanjangan landasan saja maka data arah angin yang ada di bandara tidak begitu diperlukan karena tidak membuat landasan yang baru. Landasan pacu yang diperlukan akan lebih pendek apabila bertiup angin haluan (*Head Wind*) sebaliknya bila bertiup angin buritan (*Tail Wind*) maka landasan pacu yang diperlukan akan lebih panjang. Sedangkan mengenai angin sisi, FAA menetapkan besarnya tidak boleh melebihi 15 mil perjam (13 knots).

3.3 Persyaratan minimal untuk pesawat berbadan lebar

Berdasarkan persyaratan FAA dan ICAO yang harus dipenuhi untuk pesawat berbadan lebar (misalkan : Pesawat Boing 737) adalah sebagai berikut :

- a) Panjang landasan = 1707 m (5600 ft)
- b) Lebar landasan = 30 m (95 ft)
- c) Lebar bahu landasan = 7,5 m (25 ft)
- d) Lebar *safety area* = 150 m (500 ft)
- e) Panjang *safety area* = 90 m (295 ft)

3.4 Panjang Landasan

Dalam menentukan panjang dari landasan pacu, digunakan persyaratan yang ditetapkan oleh FAA dan ICAO, dimana dalam menentukan panjang landasan pacu tersebut dibutuhkan data-data sebagai berikut :

- a) Tentukan dahulu pesawat terbang yang akan dilayani oleh bandar udara.
- b) Elevasi bandar udara dari muka laut.
- c) Temperatur harian rata-rata.
- d) Berat maksimum tinggal landas.
- e) Kemiringan landasan.
- f) Jarak tempuh oleh pesawat dari bandar udara yang satu ke bandar udara yang lain.

Berdasarkan dari data-data diatas, maka dapat dihitung keperluan panjang landasan pacu dengan menggunakan tabel atau grafik.

3.5 Lebar Landasan

Berdasarkan ICAO, lapangan terbang yang ada sekarang ini dibagi kedalam berbagai macam klas, dimana pembagian klas-klas ini berdasarkan panjang dan lebar sayap pesawat. Panjang landasan pacu diberi kode angka, dimana angka 1 untuk lapangan terpendek kurang dari 800 meter sedangkan angka 4 untuk lapangan terbang terpanjang yaitu lapangan terbang dengan panjang landasan pacu 1800 meter atau lebih. Pemberian kode huruf untuk membagi lapangan terbang menurut lebar sayap dan jarak roda-roda pendaratan. Kode huruf A untuk pesawat dengan lebar sayap dibawah 15 meter dan yang terbesar adalah kode huruf E, untuk pesawat dengan lebar sayap antara 52 s/d 60 meter.

Tabel 1. Klas-klas Lapangan Tebang menurut ICAO

Kode	Koder Huruf				
Angka	A	B	C	D	E
1	18 m 60 ft	18 m 60 ft	23 m 75 ft		
2	23 m 75 ft	23 m 75 ft	30 m 100 ft		
3	30 m 100 ft	30 m 100 ft	30 m 100 ft	45 m 150 ft	
4			45 m 150 ft	45 m 150 ft	45 m 150 ft

Apabila landasan dilengkapi dengan bahu landasan maka lebar total landasan dan bahu landasan minimum 60 meter atau 200 ft. Berdasarkan tabel diatas maka pesawat Boing 737 yang mempunyai panjang badan pesawat 30,5 m dan panjang bentang sayap 28,3 m serta panjang minimal landasan pacu yang dibutuhkan adalah 1707 m, maka lapangan terbang yang dibutuhkan oleh Pesawat Boing 737 dikategorikan kepada no. 3 dan huruf C.

4. Hasil dan Pembahasan

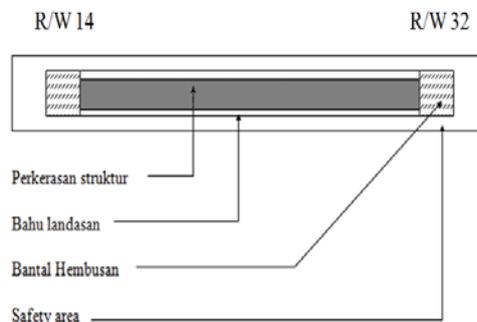
4.1 Situasi landasan yang ada

Landasan yang ada saat ini di asumsikan dengan arah 14 – 32 berukuran panjang 1850 meter dengan lebar 30 meter, saat ini dapat menampung operasi pesawat Foker jenis F– 28. Keadaan Topografi landasan adalah sebagai berikut :

- Ujung landasan sebelah barat laut (R/W 14) saat ini berdekatan dengan jalan Arteri dan rel kereta api.
- Ujung landasan sebelah Tenggara (R/W 32) terdapat jalan desa dan selokan yang melintas pada daerah perpanjangan landasan 32.
- Diujung landasan 14 terdapat bukit dengan ketinggian sekitar 300 feet, dan tanah disebelah Timur Laut landasan agak menurun.

Tabel 2. Data Pendukung Bandar Udara

Uraian	Nilai
Arah	14 – 32
Koordinat	05 15'LS – 115
Elevasi	11'BT
Suhu rata-rata	86 meter
Kecepatan angin rerata	26,4 °C
Kelembaban rata-rata	2,42 knot
Kemiringan Landasan	75,4%
	R/W 14 = 0,35 %
Panjang Landasan Pacu	R/W 32 = 0,26 %
Jarak dari pusat kota	1850 meter
Luas lahan bandara	28 km
	809.875 m ²



Gambar 2. Kondisi landasan pacu

4.2 Desain CBR

Hasil penyelidikan yang telah dilakukan oleh pihak bandara untuk analisa perkerasan landasan pada lokasi Bandara, misalkan diambil contoh tanah dari tanah bandara yang kemudian dilakukan test penelitian di laboratorium maka nilai CBR yang didapat berkisar 11 %.

4.3 Analisa Geometrik Landasan

a) Lebar dan kemiringan landasan

Standar pelaksanaan geometrik pada landasan pacu yang terdiri dari perkerasan struktur, bahu landasan (*shoulder*), bantalan hembusan (*blast pad*), dan daerah aman landasan pacu, terutama mengenai lebar dan lereng melintang runway berdasarkan persyaratan ICAO.

- Lebar landasan pacu (150 ft) = 30 m
- Lebar bahu landasan atau Shoulder (25 ft) = 7,5 m
- Lebar daerah aman landasan pacu (500 ft) = 150 m
- Lebar bantal hembusan (100 ft) = 30 m

Pada bandara ini direncanakan :

- Lebar landasan pacu (150 ft) = 30 m
- Lebar bahu landasan atau Shoulder = 7,5 m
- Lebar daerah aman landasan pacu = 150 m
- Lebar bantal hembusan = 30 m
- Panjang bantal hembusan = 60 m
- Kemiringan memanjang landasan R/W 14 = 0,35 %
- Kemiringan memanjang landasan R/W 32 = 0,26 %
- Kemiringan melintang landasan = 1,25 %
- Kemiringan melintang bahu landasan = 2,00 %

- Kemiringan melintang daerah aman = 2,5 %

b) Panjang landasan

Dalam menentukan landasan pacu pada bandara ini digunakan persyaratan oleh FAA dan ICAO. Untuk menghitung panjang landasan agar pesawat terjamin keselamatannya ditinjau dari :

- Panjang landasan pacu untuk mendarat.
- Panjang landasan pacu untuk lepas landas.
- Panjang landasan pacu lepas landas dengan kegagalan mesin.

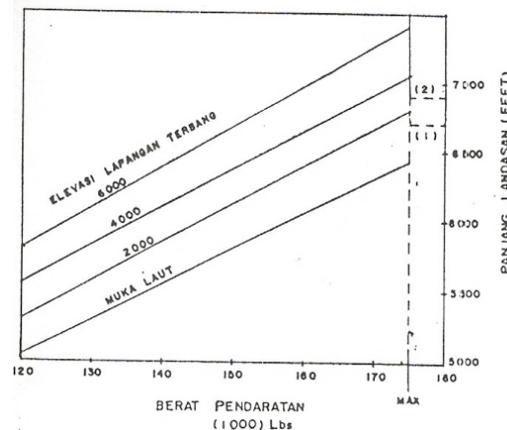
Adapun data-data yang diperlukan untuk mendapat panjang landasan pesawat terbang antara lain :

- 1) Elevasi bandara berdasarkan data yang ada maka ketinggian elevasi bandara 283 ft (86 meter) diatas permukaan laut.
- 2) Temperatur, dari data yang ada pada badan Meteorologi dan Geofisika Bandara adalah maksimum 35,5 °C, minimum 16,5 °C serta rata-rata 26,5 °C.
- 3) *Take off Weight* untuk pesawat jenis Boing 737 adalah 100500 lbs (45586,8 kg).
- 4) *Landing Weight* maksimum untuk pesawat jenis Boing 737 adalah 98000 lbs.
- 5) *Distance* atau jarak dalam analisa bandara ini adalah jarak tempuh yang dipakai penerbangan yang terbanyak yaitu dengan jarak 182 mil (291 km)

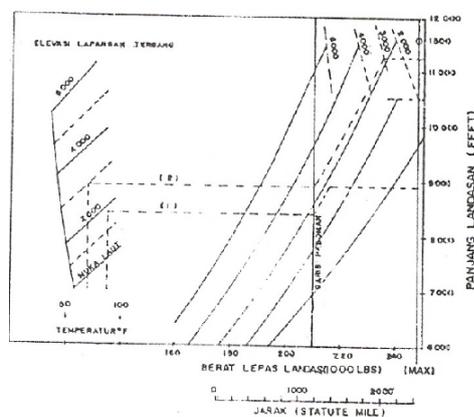
Berdasarkan data-data tersebut maka dapat dihitung keperluan panjang landasan pesawat terbang dengan menggunakan gambar 3 dan 4.

Diketahui data-data :

- Elevasi rencana landasan = 283 ft (86,3 m)
- Temperatur harian rata-rata = 26,5 °C.
- *Take off Weight* maksimum = 100500 lbs (MTOW)
- *Landing Weight* maksimum = 98000 lbs
- Jarak rencana = 182 mil
- Kemiringan landasan = 0,26 %



Gambar 3. Grafik Perbandingan panjang landasan dan berat pendaratan terhadap elevasi Bandar udara



Gambar 4. Kurva kemampuan pesawat lepas landas

- 1) Menentukan panjang landasan pacu untuk pendaratan atau *landing*.
 - Dari gambar 3 ambil absis 98000 lbs sebagai berat maksimum *landing* (dipakai minimal 120000 lbs).
 - Tarik vertikal keatas berpotongan dengan grafik 283 ft, elevasi lapangan terbang, dipakai minimum 2000 ft.
 - Dari titik potong tarik garis horisontal ke kanan, terbaca 5400 ft panjang landasan untuk beban berat landing.

- 2) Menentukan panjang landasan pacu untuk lepas landas atau *take off*.
 - Dari gambar 4, pilih temperatur 26,5 °C = 80 °F.
 - Ikuti garis-garis vertikal berpotongan dengan elevasi lapangan terbang 283 ft.
 - Tarik garis dari perpotongan ini ke kanan berpotongan dengan *take off weight* 100500 lbs atau dengan jarak rencana 182 mil.
 - Dari titik ini ditarik garis lurus kekanan. Landasan yang diperlukan terbaca 7500 ft (2286 m).

- 3) Panjang landasan pacu dengan kegagalan mesin

Jarak lepas landas yang dibutuhkan adalah jarak sebenarnya untuk mencapai ketinggian 35 ft dikurangi daerah bebas.

Panjang landasan pacu akibat kegagalan mesin adalah 115 % dikalikan dengan panjang landasan (7500 ft) dikurangi dengan daerah *clear way* (500 ft), jadi jarak lepas landas dengan kegagalan mesin sepanjang 8125 ft.

Dari hasil ketiga hitungan diatas dapat disimpulkan bahwa panjang landasan yang menentukan adalah pada waktu lepas landas dengan kegagalan mesin, dengan panjang 8125 ft (2476,5 m).

Selanjutnya berdasarkan pada arah R/W 14 yaitu jenis bukit setinggi 300 ft, dan arah pendaratan terbanyak, maka demikian rencana perpanjangan ini diambil alternatif untuk memperpanjang landasan pacu kearah R/W 32 sepanjang 2476,5 m – 1850 m = 626 m.

- 4) Selanjutnya dalam semua perhitungan panjang landasan pacu, dipakai suatu standar yang disebut *Aeroplane Reference Field Length* (ARFL). Menurut ICAO, ARFL adalah landasan pacu minimum yang dibutuhkan untuk lepas landas, pada maksimum *sertificated take off weight*, elevasi muka laut, kondisi standar atmosfir, keadaan tanpa ada angin bertiup, landasan pacu tanpa kemiringan. Dari data-data diatas diketahui :
 - Landasan pacu yang direncanakan = 2476,5 m.
 - Elevasi diatas muka laut = 86 m.
 - Temperatur dilapangan terbang = 26,5 °C
 - Kemiringan landasan pacu = 0,26 %

Maka ARFL yang didapat :

- Koreksi terhadap ketinggian :

$$Fe = 1 + \left(0,007 \times \frac{h}{300} \right)$$

$$Fe = 1 + \left(0,007 \times \frac{86}{300} \right)$$

$$Fe = 1,02$$

- Koreksi terhadap temperatur :

$$Ft = 1 + 0,01 \cdot (T - (15 - 0,0065 \cdot h)) \quad Ft = 1 + 0,01 \cdot (T - (15 - 0,0065 \cdot 86)) \quad Ft = 1,12$$

- Koreksi terhadap kemiringan/ gradient landasan

$$Fs = 1 + (0,1 \times S)$$

$$F_s = 1 + (0,1 \times 0,26)$$

$$F_s = 1,026$$

Hasil ARFL adalah :

$$ARFL = \frac{2476,5}{1,02 \times 1,12 \times 1,026}$$

$$ARFL = 2112,9 \text{ meter}$$

(panjang minimal landasan)

maka rencana perpanjangan landasan pacu menjadi 2476,5 m telah memenuhi syarat ARFL.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil bahasan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- a. Pengembangan landasan pacu (runway) sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor klimatologi seperti temperatur udara, density udara, ketinggian altitude, dan arah angin setempat guna menentukan panjang landasan yang akan dibangun ataupun mengalami perpanjangan dari landasan yang sudah ada.
- b. Perpanjangan landasan pada Bandar udara dapat dilaksanakan pada daerah arah landasan R/W 32.
- c. Komponen geometrik landasan :
 - Lebar landasan pacu = 30 m
 - Lebar bahu landasan = 7,5 m
 - Lebar daerah aman landasan pacu=150 m
 - Lebar *Blast pad*= 30 m
 - Panjang *Blast pad* = 60 m
 - Kemiringan memanjang R/W 14=0,35 %
 - Kemiringan memanjang R/W 32=0,26 %
 - Kemiringan melintang landasan= 1,25 %
 - Kemiringan bahu landasan = 2 %
 - Kemiringan daerah aman = 2,5 %
- d. Perpanjangan landasan pacu = 626 m
- e. Lebar daerah keamanan = 29 m

Referensi

- [1] Annex 14. 1990. *Aerodrome Design and Operation. Volume 1.*
- [2] Basuki, Heru. 1990. *Merancang dan Merencanakan Lapangan Terbang.* Bandung : Alumni.
- [3] Horonzeff, Robert and Francis X. Mc. Kelvey. 1993. *Perencanaan dan Perancangan Bandar Udara I.* Saduran. Jakarta : Erlangga.
- [4] Horonzeff, Robert and Francis X. Mc. Kelvey. 1993. *Perencanaan dan Perancangan Bandar Udara II.* Saduran. Jakarta : Erlangga.
- [5] Horonzeff, Robert. 1975. *Planning and Design of Airports.* 2nd edition. USA : McGraw-hill Series.
- [6] Himpunan Mahasiswa Sipil. *Pelengkap Kuliah Lapangan Terbang.* Bandung : ITB. Koenarwati. *Diktat Kuliah Lapangan Terbang I.* Jakarta : Universitas Borobudur
- [7] ICAO. 1980. *Aerodrome Design and Manual. Part 1, Runway.*
- [8] ICAO. 1983. *Aerodrome Design and Manual. Part 2, Taxiway, Apron, and Holding Bay.*
- [9] ICAO. 1968. *Aerodrome Design and Manual. Part 3, Obstruction Restriction, Removal and Marking.*
- [10] Sergious, Michel. 1975. *Pavement and Surfacing for Higways and Airport.*