



Perhitungan Panjang Landas Pacu Untuk Operasi Pesawat Udara

The Measurement Of Runway Length For Aircraft Operations

Yati Nurhayati

Peneliti Pusat Penelitian dan Pengembangan Udara

e-mail : nurhidup_07@yahoo.co.id

INFO ARTIKEL

Histori Artikel :

Diterima : 11 September 2012

Disetujui : 17 Desember 2012

Keywords:

runway, elevation, temperature, slope

Kata kunci:

landas pacu, elevasi,
temperatur,
slope/kemiringan

ABSTRACT / ABSTRAK

Each aircraft produced by a factory is equipped with operating manual that contains technical data and operating conditions of the aircraft. One of the data is the basic length of runway that very much depends on the elevation and temperature as well as the slope of the airport runway. The basic length set up by the factory must be corrected. The corrected basic length will be summed up in cumulative. If the sum of the correction is bigger than 35%, the study must be done more specific.

Setiap pesawat udara yang diproduksi oleh pabrik dilengkapi dengan manual pengoperasiannya, yang memuat data teknis maupun persyaratan pengoperasiannya. Data tersebut diantaranya adalah panjang landasan dasar/*basic length* dari landas pacu sangat dipengaruhi oleh elevasi maupun temperatur /suhu serta slope/kemiringan landas pacu di bandara. Panjang dasar yang ditentukan oleh pabrik tersebut harus dikoreksi. Panjang dasar yang dikoreksi hasilnya dijumlahkan secara kumulatif dan bila hasil koreksinya lebih besar dari 35 % maka harus dapat dilakukan studi yang lebih spesifik lagi.

PENDAHULUAN

Dalam Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor SKEP/77/Vi/2005 tentang Persyaratan Teknis Pengoperasian Fasilitas Teknik Bandar Udara Fasilitas Landas Pacu (Runway) adalah fasilitas yang berupa suatu perkerasan yang disiapkan untuk pesawat melakukan kegiatan pendaratan dan tinggal landas. Elemen dasar *runway* meliputi perkerasan yang secara struktural cukup untuk mendukung beban pesawat yang dilayaninya, bahu *runway*, *runway strip*, landas pacu buangan panas mesin (*blast pad*), *runway end safety area* (RESA) *stopway*, *clearway*. Kelengkapan data yang merupakan aspek penilaian meliputi *Runway designation / number / azimuth* yang merupakan nomor atau angka yang menunjukkan penomoran landas pacu dan arah kemiringan landas pacu tersebut. Data ini merupakan data yang telah ditetapkan sejak awal perencanaan dan pembangunan bandar udara. Bagian berikutnya adalah dimensi landas pacu yang meliputi panjang dan lebar landas pacu. Panjang landas pacu dipengaruhi oleh pesawat kritis yang dilayani, temperatur udara sekitar, ketinggian lokasi, kelembaban bandar udara, kemiringan landas pacu, dan karakteristik permukaan landas pacu. Fasilitas Landas Pacu ini mempunyai beberapa bagian yang masing-masingnya mempunyai persyaratan tersendiri.

Pesawat udara untuk dapat tinggal landas maupun mendarat harus berlawanan dengan arah angin yang dominan bertiup di bandara tersebut.

Pada saat tinggal landas melawan arah angin agar mendapat gaya angkat untuk terbang, sedangkan pada saat akan mendarat agar mendapat gaya rem untuk berhenti. Dalam hal ini landas pacu yang diperlukan untuk tinggal landas akan lebih panjang dari pada yang diperlukan untuk mendarat, karena pada saat tinggal landas berat pesawat udara masih maksimum, yakni bahan bakar masih penuh (*Maximum Take Off Weight*). Berat pesawat udara sendiri terdiri dari berat kosong, berat *payload*, berat kru, berat bahan bakar. Sedang panjang landas pacu yang diperlukan bagi perencanaan di suatu bandara ditentukan berdasarkan panjang landas pacu terpanjang yang diperlukan bagi pesawat udara untuk beroperasi di bandara tersebut. Bila panjang landas pacu telah ditentukan berdasarkan pada hal tersebut diatas, maka pesawat udara lain yang lebih kecil pasti dapat beroperasi.

Gaya angkat/*lift* yang diperlukan oleh pesawat udara untuk tinggal landas sangat dipengaruhi oleh kerapatan udara di bandara tersebut. Kerapatan udara tersebut dipengaruhi oleh *elevasi* bandara, suhu, *slope* di bandara. Suhu merupakan salah satu faktor penting diantara faktor-faktor lainnya terhadap daya kerja pesawat terbang. Pada suatu keadaan tekanan udara, dengan suhu yang tinggi akan mengakibatkan rendahnya kerapatan udara, hal ini menimbulkan pengaruh yang meragukan pesawat pesawat terbang bermesin Jet dan bermesin hisap, terutama pada saat mengudara (*take off*). Suhu dan tekanan

udara menentukan sifat kerapatan udara. Kerapatan udara berpengaruh terhadap daya angkat pesawat, jika kerapatan udara berkurang berarti daya angkatnya berkurang, untuk mempertahankan ketinggian terbangnya didalam kerapatan udara yang rendah kecepatan pesawat harus diperbesar. Mengudara didalam suhu udara yang tinggi diperlukan "jarak mengudara" yang lebih panjang. Pengaruh lain dari berkurangnya kerapatan udara dapat menyebabkan menurunnya tenaga mesin yang mempengaruhi daya menanjaknya pesawat udara. (<http://lightning-86.blogspot.com/2011/07/pengaruh-suhu-dan-tekanan-terhadap.html> diunduh tanggal 22 Oktober 2012).

Setiap pesawat udara yang di produksi, oleh pabriknya dilengkapi dengan manual pengoperasiannya, yang memuat data teknis maupun persyaratan pengoperasiannya. Data tersebut diantaranya adalah panjang dasar/*basic length* dari landas pacu yang diperlukan untuk beroperasi pada kondisi standar. Seperti telah dijelaskan diatas bahwa panjang landas pacu sangat dipengaruhi oleh elevasi maupun temperatur/suhu serta *slope*/kemiringan landas pacu di bandara. Panjang dasar yang ditentukan oleh pabrik tersebut harus dikoreksi. Panjang dasar yang dikoreksi hasilnya dijumlahkan secara kumulatif dan bila hasil koreksinya lebih besar dari 35% maka harus dilakukan studi yang lebih spesifik lagi. Sedang kondisi standar yang ditentukan oleh pabrik

pembuatnya adalah *Zero wind, zero slope, sea level*, temperatur standard 14,025 derajat Celsius.

Rumusan Masalah

Bagaimana menghitung landas pacu (*runway*) untuk operasi pesawat udara di bandara?

Tujuan Penelitian

Tujuan adalah untuk mengetahui berapa panjang landas pacu sebenarnya yang diperlukan oleh suatu pesawat udara di bandara.

BAHAN DAN METODA PENELITIAN

Sebelum merancang pengembangan sebuah lapangan terbang, dibutuhkan pengetahuan karakteristik pesawat terbang secara umum untuk merencanakan prasarannya.

Karakteristik pesawat terbang antara lain :

1. Berat (*Weight*)

Berat pesawat diperlukan untuk merencanakan tebal perkerasan dan kekuatan landasan pacu. Beban pesawat diperlukan untuk menentukan tebal lapis keras Landing Movement yang dibutuhkan. Beberapa komponen dari berat pesawat terbang yang paling menentukan dalam menghitung panjang landas pacu dan kekuatan perkerasannya, antara lain :

- a) Berat kosong operasi (*Operating Weight Empty = OWE*) adalah Beban utama pesawat, termasuk awak

- pesawat dan konfigurasi roda pesawat tetapi tidak termasuk muatan (*payload*) dan bahan bakar.
- b) Muatan (*payload*) adalah beban pesawat yang diperbolehkan untuk diangkut oleh pesawat sesuai dengan persyaratan angkut pesawat. Biasanya beban muatan menghasilkan pendapatan (beban yang dikenai biaya). Secara teoritis beban maksimum ini merupakan perbedaan antara berat bahan bakar kosong dan berat operasi kosong.
- c) Berat bahan bakar kosong (*Zero Fuel Weight = ZFW*) Adalah beban maksimum yang terdiri dari berat operasi kosong, beban penumpang dan barang.
- d) Berat Ramp maksimum (*Maximum Ramp Weight = MRW*) Adalah beban maksimum untuk melakukan gerakan, atau berjalan dari parkir pesawat ke pangkal landas pacu. Selama melakukan gerakan ini, maka akan terjadi pembakaran bahan bakar sehingga pesawat akan kehilangan berat.
- e) Berat maksimum lepas landas (*Maximum Take Off Weight = MTOW*) Adalah beban maksimum pada awal lepas landas sesuai dengan bobot pesawat dan persyaratan kelayakan penerbangan.
- f) Berat maksimum pendaratan (*Maximum Landing Weight = MLW*) Adalah beban maksimum pada saat roda pesawat menyentuh lapis keras (mendarat) sesuai dengan bobot pesawat dan persyaratan kelayakan penerbangan.
- g) Berat Statik *Main Gear* dan *Nose Gear* Pembagian beban statik antara roda pendaratan utama (*main gear*) dan *nose gear*, tergantung pada jenis/tipe pesawat dan tempat pusat gravitasi pesawat terbang. Batas-batas dan pembagian beban disebutkan dalam buku petunjuk tiap-tiap jenis pesawat terbang, yang mempunyai perhitungan lain dan ditentukan oleh pabrik.
2. Ukuran (*Size*)
Lebar dan panjang pesawat (*Fuselag*) mempengaruhi dimensilandasan pacu.
- a) Kapasitas Penumpang berpengaruh terhadap perhitungan perencanaan kapasitas landasan pacu.
- b) Panjang landasan pacu berpengaruh terhadap luas tanah yang dibutuhkan suatu bandar udara. Anggapan bahwa makin besar pesawat terbang, makin panjang landasan tidak selalu benar. Bagi pesawat besar, yang sangat menentukan kebutuhan panjang landasan

adalah jarak yang akan ditempuh sehingga menentukan berat lepas landas (*Take Off Weight*).

Karakteristik dari beberapa pesawat terbang dapat dilihat pada Tabel 1.

- b) *Ketinggian Altitude*
 Rekomendasi dari ICAO, menyatakan bahwa harga ARFL bertambah sebesar 7 % setiap kenaikan 300 m (1.000 ft) dihitung dari ketinggianmuka air laut, dengan perhitungan :

Tabel 1 Karakteristik beberapa pesawat terbang

Pesawat Terbang	Bentang Sayap	Panjang Pesawat	Berat Lepas Landas (Pon)	Berat Pendaratan (Pon)	Berat Kosong Operasi (Pon)	Berat Bahan Bakar (Pon)	Muatan Maximum Penumpang	Panjang Landasan Pacu (Kaki)
DC9-50	93'04"	132'00"	120.000	110.000	63.328	98.000	130	7.100
DC10-10	155'04"	182'03"	430.000	363.500	234.664	335.000	270-345	9.000
B737-200	93'00"	100'00"	100.500	98.000	59.958	85.000	86-125	5.600
B747-B	195'09"	229'02"	775.000	564.000	365.800	526.000	211-230	6.700
A-300	147'01"	175'11"	302.000	281.000	186.810	256.830	225-345	6.500

3. Lingkungan Lapangan Terbang
 Lingkungan lapangan terbang yang berpengaruh terhadap panjanglandasan yaitu :

- a) *Temperatur*
 Pada temperatur yang lebih tinggi, dibutuhkan landasan yang lebihpanjang, sebab pada temperatur yang tinggi tingkat *density* udara akan rendah, dengan menghasilkan output daya dorong pesawat terbangyang rendah. Sebagai standar temperatur dipilih temperatur di atasmuka laut sebesar 59° F = 15° C, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$F_t = 1 + [0,01 * (T - (15 - (0,0065 * h))]$$

dimana,
 Ft = Faktor koreksi temperatur
 T = Aerodrome reference temperatur (°C)
 h = Ketinggian (m)

$$F_e = 1 + [0,07 * (h/300)]$$

dimana,
 Fe = Faktor koreksi elevasi
 h = Ketinggian (m)

- c) *Kemiringan landasan (Runway Gradient)*
 Kemiringan keatas memerlukan landasan yang lebih panjang jika dibanding terhadap landasan yang datar atau yang menurun. Kriteria perencanaan lapangan terbang membatasi kemiringan landasan sebesar 1,5 %. Faktor koreksi kemiringan (Fs) sebesar 10 % setiap kemiringan 1 %, berlaku untuk kondisi lepas landas.

$$F_s = 1 + (0,1 * S)$$

dimana,
 Fs = Faktor koreksi elevasi
 S = Kemiringan landasan (%)

d) Kondisi Permukaan Landas Pacu

Di permukaan landas pacu terdapat genangan tipis air (*standingwater*) sangat dihindari karena membahayakan operasi pesawat. *Standing water* menghasilkan permukaan yang sangat licin bagi roda pesawat membuat daya pengereman sangat jelek. Itulah sebabnya drainase lapangan terbang harus baik untuk membuang air permukaan landasan. Bila landas pacu permukaan yang basah atau licin, panjang landasan harus ditambah dengan 4,5 % sampai 9,5 %, sebagaimana tercantum dalam FAA AC 150/5325-4.

e) Menghitung ARFL

ARFL (*Aeroplane Reference Field Length*) menurut ICAO adalah landas pacu minimum yang dibutuhkan untuk lepas landas, pada maximum *sertifikated take off weight*, elevasi muka air laut, kondisi standart atmosfir, keadaan tanpa ada angin bertiup, dan landas pacu tanpa kemiringan. Setiap pesawat mempunyai ARFL berlainan yang dikeluarkan pabrik pembuatnya. Untuk mengetahui panjang landas pacu bila pesawat *take off* di ARFL, dipergunakan rumus :

$$ARFL = \frac{\text{PanjangLandasanPacu Rencana}}{Fe.Ft.Fs}$$

dimana, Fe = Ketinggian Altitude (m)

Ft = Faktor Koreksi Temperatur

Fs = Faktor Koreksi Kemiringan

Setiap pesawat udara yang di produksi, oleh pabriknya dilengkapi dengan manual pengoperasiannya, yang memuat data teknis maupun persyaratan pengoperasiannya. Data tersebut diantaranya adalah panjang dasar/*basic length* dari landas pacu yang diperlukan untuk beroperasi pada kondisi standar. Seperti telah dijelaskan diatas bahwa panjang landas pacu sangat dipengaruhi oleh *elevasi* maupun temperatur/suhu serta *slope/kemiringan* landas pacu di bandara. Panjang dasar yang ditentukan oleh pabrik tersebut harus dikoreksi karena pengaruh ;

- *elevasi* lokasi bandara terhadap muka laut, setiap kenaikan elevasi 300 meter panjang dasar harus ditambah dengan 7%;
- suhu /temperatur di lokasi bandara, setiap perbedaan temperatur 1 derajat dari temperatur standard, panjang dasar dikoreksi dengan 1%;
- kemiringan /*slope* landas pacu di lokasi, setiap perubahan kemiringan landas pacu 1% maka panjang landas pacu dikoreksi dengan 10%.

Panjang dasar yang dikoreksi hasilnya dijumlahkan secara kumulatif dan bila hasil koreksinya lebih besar dari 35% maka harus dilakukan studi yang lebih spesifik lagi. Sedang kondisi standar yang ditentukan oleh

pabrik pembuatnya adalah *Zero wind, zero slope, sea level, temperatur standard 14,025 derajat Celsius.*

Metode Analisis

Pengkajian ini menggunakan metode kuantitatif yaitu metode yang lebih menekankan pada aspek pengukuran secara obyektif terhadap fenomena sosial. Untuk dapat melakukan pengukuran, setiap fenomena sosial di jabarkan kedalam beberapa komponen masalah, variable dan indicator. Setiap variable yang di tentukan di ukur dengan memberikan simbol-simbol angka yang berbeda-beda sesuai dengan kategori informasi yang berkaitan dengan variable tersebut. Dengan menggunakan simbol - simbol angka tersebut, teknik perhitungan secara kuantitatif matematik dapat di lakukan sehingga dapat menghasilkan suatu kesimpulan yang berlaku umum di dalam suatu parameter. Tujuan utama dari metodologi ini ialah menjelaskan suatu masalah tetapi menghasilkan generalisasi. Generalisasi ialah suatu kenyataan kebenaran yang terjadi dalam suatu realitas tentang suatu masalah yang di perkirakan akan berlaku pada suatu populasi tertentu. Generalisasi dapat dihasilkan melalui suatu metode perkiraan atau metode estimasi yang umum berlaku didalam statistika induktif. Metode estimasi itu sendiri dilakukan berdasarkan pengukuran terhadap keadaan nyata yang lebih terbatas lingkupnya yang juga sering disebut "sample" dalam penelitian kuantitatif. Jadi, yang diukur dalam penelitian sebenarnya ialah

bagian kecil dari populasi atau sering disebut "data". Data ialah contoh nyata dari kenyataan yang dapat diprediksikan ke tingkat realitas dengan menggunakan metodologi kuantitatif tertentu. Penelitian kuantitatif mengadakan eksplorasi lebih lanjut serta menemukan fakta dan menguji teori-teori yang timbul.

PEMBAHASAN

Kebutuhan panjang landasan untuk perencanaan lapangan terbang telah dibuat persyaratannya oleh FAA.150/5324-4 atau ICAO DOC 7920-AN/86 part 1 *Aircraft Characteristic*, untuk menghitung panjang landasan berbagai macam jenis pesawat. Dalam semua perhitungan untuk panjang landasan pacu diapakai suatu standar yang disebut ARFL (*Aeroplane Reference Field Length*). Menurut ICAO (*International Civil Aviation Organization*), A R F L (*Aeroplane Reference Field Length*) adalah landasan pacu minimum yang dibutuhkan pesawat untuk lepas landas, pada saat *maximum take off weight*, elevasi muka laut, kondisi standar atmosfer, keadaan tanpa ada angin bertiup, landasan pacu tanpa kemiringan. Perbedaan dalam kebutuhan panjang landasan pacu banyak disebabkan oleh faktor-faktor lokal yang akan mempengaruhi kemampuan pesawat. Panjang landasan yang dibutuhkan oleh pesawat menurut perhitungan pabrik itulah yang disebut ARFL (*Aeroplane Reference Field Length*).

Misal kebutuhan panjang landas pacu untuk keperluan tinggal landas,

dengan beban 336,00 ton (contoh untuk jarak tempuh sekitar 3.410 NM= 6.310 km), dengan menggunakan grafik yang dikeluarkan oleh Boeing (*zero wind*), maka diperoleh panjang landas pacu (*runway*), untuk sea level adalah 2.250 m.

Dalam merencanakan panjang landasan pacu kita harus melakukan penyesuaian (koreksi) dengan standar yang ada. Koreksi tersebut kita lakukan terhadap :

1. Koreksi karena elevasi

Menurut ICAO (*International Civil Aviation Organization*), panjang dasar *runway* akan bertambah 7% setiap kenaikan 300m (1.000ft) dihitung dari ketinggian diatas muka laut, dimanapanjang *runway* bertambah sebesar 7 % setiap kenaikan 1000 feet (304,8 m) diatas Mean Sea Level (MSL).

$$F_c = 1 + (0,07 \times El/304,8)$$

dimana :

F_c = Faktor koreksi karena elevasi

El = elevasi Bandar udara (m)

$$F_c = 1 + (0,07 \times 19,161/304,8) = 1,0044$$

2. Koreksi akibat temperature

Pada temperatur yang tinggi dibutuhkan landasan yang lebih panjang sebab temperatur tinggi *density* udara rendah. Sebagai standar temperatur diatas muka laut sebesar 150C. Menurut ICAO(*International Civil Aviation Organization*) panjang landasan pacu harus dikoreksi terhadap temperatur sebesar 1% untuk setiap kenaikan 10C sedangkan untuk kenaikan 1000m dari muka laut rata-rata maka temperatur turun

6,50C. Dengan dasar ini ICAO menetapkan hitungan koreksi temperatur dengan rumus;

$$F_t = 1 + (0,01 \times (T - (15 - 0,0065E)))$$

Dimana :

F_t = factor koreksi akibat temperature

T = Airport Reference Temperature (°C.) = 30 °C (Data PT. AP- II)

E = Elevasi runway = 19,161 m

Jadi :

$$F_t = 1 + (0,01 \times (30 - (15 - 0,0065 \times 19,161))) = 1,151$$

3. Koreksi terhadap kemiringan (*slope centerline runway*)

Berdasarkan peraturan yang telah ditetapkan ICAO (*International Civil Aviation Organization*) untuk koreksi kemiringan adalah panjang runway yang sudah dikoreksi berdasarkan ketinggian dan temperature akan bertambah 10% setiap kemiringan *effective gradient* 1%. *Effective gradient* didefinisikan sebagai perbedaan maximum ketinggian antara titik tertinggi dan terendah dari *runway* dibagi dengan panjang total runway dengan rumus :

$$F_g = 1 + (0,1 \times G)$$

Dimana :

F_g = factor koreksi akibat

Kemiringan runway (m)

G = *slope* rata-rata (%) = 0,9 %

$$F_g = 1 + (0,1 \times 0,9) = 1,09$$

Dengan demikian panjang *runway* untuk keperluan tinggal landas adalah :

$$L = 2250 \times 1,151 \times 1,0044 \times 1,09 = 2.835 \text{ m, dibulatkan menjadi } 2850 \text{ m.}$$

Perhitungan kebutuhan panjang untuk tinggal landas diatas menggunakan grafik dengan asumsi tidak ada angin (*zero wind*), panjang *runway* yang diperlukan lebih pendek bila bertiup angin haluan (*head wind*) dan sebaliknya bila bertiup angin buritan (*tail wind*) maka *runway* yang diperlukan lebih panjang. Angin haluan maksimum yang diizinkan bertiup dengan kekuatan 10 knots, kekuatan maksimum angin buritan yang diperhitungkan adalah 5knots (Hooronjef, 1983).

$$\begin{aligned} \text{Check} &= (2850 - 2250) : 2250 \times 100\% \\ &= 26,66 \% \end{aligned}$$

Jadi panjang landas pacu untuk tinggal landas yang diperlukan di lokasi tersebut adalah 2850 m. Ternyata hasil koreksinya mencapai 26,6% dari panjang dasar dan perhitungan masih berlaku, bila pertambahan panjang landas pacu tersebut lebih dari 35 %, maka perhitungan harus dilakukan dengan studi yang lebih spesifik lagi.

Panjang landas pacu yang diperlukan di lokasi tersebut adalah 2850 m dari 2250 m yang diperlukan bagi pesawat udara tersebut untuk tinggal landas dengan berat maksimum dan jarak jelajah yang maksimum bagi tipe pesawat udara dimaksud pada kondisi standar diatas, karena makin tinggi *elevasi* bandara tersebut dari muka laut makin kurang kerapatan udara di lokasi itu, makin panjang landas pacu yang diperlukan untuk

mendapat gaya angkat untuk tinggal landas.

KESIMPULAN

Setiap pesawat udara yang di produksi, oleh pabrik dilengkapi dengan manual pengoperasiannya, yang memuat data teknis maupun persyaratan pengoperasiannya. Data tersebut diantaranya adalah panjang dasar/*basic length* dari landas pacu yang diperlukan untuk beroperasi pada kondisi standar. Panjang landas pacu sangat dipengaruhi oleh *elevasi* maupun temperatur/suhu serta *slope*/kemiringan landas pacu di bandara. Panjang dasar yang ditentukan oleh pabrik tersebut harus dikoreksi. Panjang dasar yang dikoreksi hasilnya dijumlahkan secara kumulatif dan bila hasil koreksinya lebih besar dari 35% maka harus dilakukan studi yang lebih spesifik lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- Drs.Sumanto.M.A., *Metodologi Penelitian Sosial Dan Pendidikan*, Yogyakarta, Andi Offset, 1995.
- Moh.Nazir, *Metode penelitian*, Jakarta:Gramedia, 1983.
- Robert M. Hooronjef, *Planning and Design of Airport*, 1983.
- I made Utarka, *Airpot engineering and construction*.
- ICAO Annex 14, *Aerodrome*.
- ICAO *Aerodome Design Manual Part 1, Runways, second edition*, 1984.
- SKEP/77/Vi/2005 tentang Persyaratan Teknis Pengoperasian Fasilitas Teknik Bandar Udara.