

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Bandar udara merupakan prasarana penting untuk kegiatan transportasi udara. Indonesia merupakan negara kepulauan yang mana transportasi udara menjadi sangat penting bagi kelancaran aktivitas penduduknya. Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 69 Tahun 2013 tentang Tata Nacara Kebandarudaraan Nasional menyatakan untuk wilayah Sumatera dan Jawa jarak cakupan pelayanan antar bandar udara minimal 200 km, untuk wilayah Kalimantan dan Sulawesi jarak minimal pelayanan dua bandar udara adalah 120 km, dan untuk wilayah Bali, Nusa Tenggara, Kepulauan Maluku, dan Papua minimal jaraknya adalah 60 km.

2.1.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian Zulfhazli dkk. (2018) adalah menganalisis tebal perkerasan dan panjang landas pacu dengan jenis pesawat rencana yaitu *Airbus 330-300* dan *Boeing 747-400* yang mengacu pada standar *Federation Aviation Administration (FAA)*. Penelitian dilakukan pada Bandar Udara Internasional Sultan Iskandar Muda Blang Bintang. Berdasarkan hasil analisis didapat panjang landas pacu yang dibutuhkan sepanjang 3.650 m untuk *Airbus 330-300* dan 4.550 m untuk *Boeing 747-400*. Untuk tebal perkerasan yang dibutuhkan untuk *Airbus 330-300* sebesar 90 cm, dan untuk *Boeing 747-400* sebesar 116 cm.

Jumanto dkk. (2017) mengestimasi peningkatan jumlah penumpang dan pesawat sampai dengan tahun rencana 2035, mengevaluasi kondisi eksisting, dan menganalisis kebutuhan fasilitas sisi udara meliputi landas pacu, *taxiway*, dan *apron* sampai dengan tahun rencana 2035 sesuai pesawat rencana yaitu *ATR 72-500*. Penelitian tersebut dilakukan pada Bandar Udara Tunggul Wulung Cilacap. Berdasarkan hasil analisis, landas perlu diperpanjang 200 m agar bisa mendaratkan pesawat rencana, *apron* harus diperluas menjadi 257 m x 90 m, dan *taxiway* tidak perlu dilakukan pengembangan karena masih mampu melayani pesawat rencana. Untuk tebal perkerasan tidak diperlukan *overlay* karena perkerasan eksisting masih mampu melayani sampai umur rencana.

Penelitian yang dilakukan Oleng dkk. (2017) pada Bandar Udara Sultan Babullah adalah memperkirakan pertumbuhan jumlah penumpang, pesawat dan bagasi sampai 20 tahun kedepan dengan menggunakan analisis regresi. Berdasarkan hasil analisis, ternyata bandar udara tersebut sudah tidak dapat memenuhi tingkat kebutuhan akan pengguna jasa layanan transportasi udara, sehingga perlu dilakukan pengembangan. Pengembangan ini dilakukan guna mengantisipasi meningkatnya jumlah penumpang yang mana dapat dilakukan dengan mengembangkan sisi udara yang meliputi landas pacu, *taxiway*, dan *apron*. Dari hasil analisis untuk sisi udara yang mengacu pada ICAO dengan pesawat rencana *Boeing 737-900* didapat dimensi landas pacu 2.400 m x 51 m, lebar *taxiway* 25 m, dan luas *apron* 12.441 m².

Penelitian Taula dkk. (2017) adalah menganalisis geometrik sisi udara yang meliputi landas pacu, *taxiway*, dan *apron* serta sisi darat bandar udara yang meliputi terminal penumpang, gudang, dan parkir kendaraan. Sebelumnya juga telah dilakukan analisis terhadap permintaan pelayanan jasa Bandar Udara Kasiguncu dimasa yang akan datang, dan hasilnya bandar udara perlu dilakukan pengembangan. Untuk analisis sisi udara mengacu pada ICAO dengan pesawat rencana *Boeing 737-800* sehingga didapat panjang dan lebar runway masing-masing adalah 2.612 m dan 51 m, lebar *taxiway* 25 m, dan luas *apron* 13.299 m². Untuk sisi darat didapat luas terminal penumpang 4.200 m², luas gudang 32 m², dan luas peralatan parkir 750 m².

Apriana dkk. (2017) mengestimasi pertumbuhan data lalu lintas penumpang, pesawat dan kargo sampai dengan 20 tahun mendatang dengan tiga metode berbeda yaitu *trend linear*, *eksponensial*, dan *logaritma*, serta menganalisis perencanaan pengembangan fasilitas sisi udara Bandar Udara Mutiara Sis Al-Jufri yang mengacu pada standar ICAO untuk kebutuhan dimensi dan mengacu pada standar FAA dan PCA untuk perencanaan perkerasan dengan pesawat rencana yaitu *Airbus A330-220*. Berdasarkan hasil analisis, dimensi landas pacu yang dibutuhkan 3.450 x 45 m, *taxiway* 185 x 23 m, dan *apron* 141 x 312,4 m. Diperoleh tebal perkerasan lentur menggunakan FAA sebesar 47 inch, dan tebal perkerasan kaku 9,5 inch menggunakan metode PCA.

Penelitian yang dilakukan Kogoya dkk. (2015) adalah mengestimasi data lalu lintas penumpang, pesawat dan kargo sampai dengan tahun 2034 dengan dua metode yaitu *regresi linear* dan *regresi logaritma*. Berdasarkan hasil analisis, Bandar Udara Wamena perlu dilakukan pengembangan karena tidak mampu melayani kebutuhan akan permintaan dimasa yang akan datang. Pengembangan pada sisi udara mengacu pada ICAO untuk perencanaan dimensi dan metode FAA dan PCA untuk perencanaan perkerasan. Dari hasil analisis dengan pesawat rencana *Boeing 737-400* didapat panjang landas pacu 4.382 m *apron* 87 x 174 m, luas gedung terminal 25.813 m², luas gudang 56.200 m² dan luas parkir 4.500 m². Untuk tebal perkerasan rigid pada *apron* 34 cm dengan metode PCA dan 30,5 cm dengan metode FAA.

Samapaty dkk. (2015) menganalisis pengembangan sisi udara Bandar Udara Mali yang meliputi landas pacu, *taxiway*, dan *apron* yang diharapkan dapat melayani jenis pesawat rencana yaitu *Boeing 737-200*. Analisis menggunakan standar yang dikeluarkan oleh ICAO untuk mengetahui dimensi dari, metode CBR dan LCN untuk mengetahui tebal perkerasan. Berdasarkan hasil analisis didapat panjang landas pacu yang dibutuhkan sebesar 2.181 m, lebar 30 m dengan bahu landasan 2 x 15 m, lebar *taxiway* tidak perlu dilakukan penambahan karena masih memadai dan luas *apron* menjadi 144 x 84 m. Untuk lapis perkerasan dengan metode CBR di didapat sebesar 19,85 inch dan metode LCN 25 inch.

Penelitian yang dilakukan Pratama (2015) pada Bandar Udara Internasional Sultan Mahmud Badaruddin II adalah menganalisis jumlah penumpang sampai dengan tahun 2017 menggunakan metode *regresi linear* dengan data lalu lintas yang ada, kemudian dari hasil analisis ternyata bandar udara tersebut perlu dilakukan pengembangan. Pengembangan yang dilakukan berfokus pada landas pacu dengan pesawat rencana jenis *Airbus 320* dan *Boeing 737-900 ER*. Berdasarkan hasil analisis untuk runway 11 dan runway 29 dengan pesawat rencana *Airbus 320* dan *Boeing 737-900 ER* didapat panjang runway masing-masing adalah 3.828 m & 3.822 m. Untuk lapis perkerasan dengan metode FAA didapat tebal keseluruhan 83,82 cm, sedangkan menggunakan metode CBR didapat tebal keseluruhan 84 cm.

2.1.2. Bandar Udara

Menurut Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 69 Tahun 2013 tentang Tatanan Kebandaraudaraan Nasional bahwa bandar udara adalah kawasan di daratan atau perairan dengan batas-batas tertentu yang digunakan sebagai tempat pesawat udara mendarat dan lepas landas, naik turun penumpang, bongkar muat barang, dan tempat perpindahan intra dan antarmoda transportasi, yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan dan keamanan penerbangan, serta fasilitas pokok dan fasilitas penunjang lainnya. Bandar udara memiliki beberapa fungsi yaitu sebagai titik pertemuan antara beberapa rute angkutan penerbangan, sebagai prasarana untuk kegiatan perekonomian, sebagai tempat alih moda transportasi, sebagai pendorong dan penunjang kegiatan industri maupun perdagangan, sebagai pembuka bagi daerah yang terisolasi atau daerah perbatasan, dan juga sebagai prasarana untuk memperkuat wawasan dan kedaulatan negara.

Oleong dkk. (2017), Taula dkk. (2017), dan Kogoya dkk. (2015) menjelaskan bahwa bandar udara terbagi menjadi dua, yaitu sisi udara (*air side*) dan sisi darat (*land side*), keduanya dibatasi oleh terminal yang memiliki komponen-komponen dan fungsi yang berbeda dalam kegiatan kebandarudaraan. Secara umum fasilitas sisi udara meliputi landas pacu (*runway*), landas hubung (*taxiway*) dan tempat parkir pesawat (*apron*). Sedangkan fasilitas sisi darat meliputi bangunan terminal, bangunan terminal kargo, bangunan operasi, dan fasilitas penunjang bandar udara.

2.1.3. Landas Pacu

Menurut Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor SKEP/161/IX/03 Tahun 2003 tentang Petunjuk pelaksanaan/Perancangan Landas Pacu, *Taxiway*, *Apron* Pada Bandar Udara bahwa landas pacu (*runway*) merupakan suatu bidang persegi panjang tertentu di lokasi bandar udara yang dipergunakan untuk pendaratan dan lepas landas pesawat udara. Pratama (2015) juga menyatakan bahwa landas pacu adalah suatu tempat dimana tersedianya area yang cukup optimal yang memenuhi persyaratan untuk landasan suatu pesawat terbang yang berfungsi sebagai tempat lepas landas (*take off*) dan mendarat (*landing*) pesawat terbang.

Elemen dasar *runway* meliputi perkerasan yang secara struktural cukup untuk mendukung beban pesawat yang dilayaninya, bahu *runway*, *runway strip*, *blast pad* (buangan semburan mesin), *runway end safety area (RESA)*, *stopway*, *clearway* (Sartono dkk, 2016). Berikut adalah uraian dari elemen landas pacu :

- a. *Runway shoulder*/ bahu landas pacu adalah areal pembatas pada akhir tepi perkerasan landas pacu yang dipersiapkan menahan erosi dari hembusan jet dan sebagai jalur kendaraan darat untuk pemeliharaan dan keadaan darurat serta untuk penyediaan daerah peralihan antara bagian perkerasan dan *runway strip*.
- b. *Runway strip* adalah luasan bidang tanah yang diratakan dan dibersihkan tanpa benda-benda yang mengganggu yang dimensinya bergantung pada panjang *runway* dan jenis instrument pendaratan yang dilayani.
- c. RESA (*Runway and safety area*) adalah suatu daerah yang simetris yang merupakan perpanjangan dari garis tengah *runway* dan membatasi bagian ujung *runway strip*, yang ditujukan untuk mengurangi resiko kerusakan pesawat yang sedang menjauhi atau mendekati landas pacu saat melakukan kegiatan *take off* maupun *landing*.
- d. *Stopway* adalah suatu area tertentu yang berbentuk segiempat yang ada di permukaan tanah yang terletak di akhir *runway* bagian *landing* (lepas landas) yang dipersiapkan sebagai tempat berhenti pesawat saat terjadi pembatalan kegiatan lepas landas.
- e. *Clearway* adalah suatu daerah tertentu di ujung *runway* bagian lepas landas yang terdapat dipermukaan tanah maupun permukaan air dibawah pantauan operator bandar udara, yang dipilih dan ditujukan sebagai daerah yang aman bagi pesawat saat mencapai ketinggian tertentu. *Clearway* juga merupakan daerah bebas terbuka yang disediakan untuk melindungi pesawat saat melakukan manuver pendaratan maupun lepas landas.
- f. *Turning area* adalah bagian dari *runway* yang digunakan untuk pesawat melakukan gerakan memutar , baik untuk membalik arah pesawat, maupun gerakan pesawat saat akan parkir di *apron*.

- g. *Holding bay* adalah area tertentu yang ditujukan agar pesawat dapat melakukan penantian atau menyalip untuk mendapatkan efisiensi gerakan permukaan pesawat.

2.1.4. Perkerasan landas pacu

Perkerasan merupakan struktur yang terdiri dari beberapa lapisan dengan kekerasan dan daya dukung yang berbeda. Perkerasan pada landas pacu berfungsi sebagai tumpuan rata-rata pesawat, permukaan yang rata menghasilkan jalan pesawat yang nyaman, dari fungsinya maka harus dijamin bahwa setiap lapisan memiliki kekerasan dan ketebalan yang cukup sehingga tidak mengalami *Distress* atau perubahan karena tidak mampu menahan beban (Basuki, 1986). Pada awalnya, permukaan landas pacu adalah tanah yang dipadatkan. Namun, seiring berjalannya waktu badan pesawat bertambah besar maka yang lazim digunakan saat ini adalah aspal dan beton. Perkerasan yang dibuat dari campuran aspal dengan agregat, digelar diatas material granular mutu tinggi disebut perkerasan *flexible* , sedangkan perkerasan yang dibuat dari slab-slab beton disebut perkerasan *rigid* .

Perkerasan *flexible* terdiri atas *surface course* , *base course* dan *subbase course* . Semuanya digelar diatas tanah yang dipadatkan yang disebut *subgrade* . *Surface course* terdiri dari campuran aspal dan agregat yang memiliki fungsi untuk menumpu beban roda pesawat dan menahan beban repetisi serta menyalurkan beban kepada lapisan di bawahnya. *Base course* terbuat dari material yang dipersiapkan yang dicampur dengan semen atau aspal, bisa juga dari bahan alam tanpa campuran. Fungsi dari lapisan ini menahan beban dan pengaruh-pengaruhnya dan meneruskan beban kepada lapisan di bawahnya. *Subbase course* dibuat dari material yang diperbaiki atau bisa juga material alam. Fungsi dari lapisan ini sama halnya dengan *base course* .

2.1.5. Dimensi Pesawat

Pada perencanaan bandar udara, dimensi pesawat mempengaruhi ukuran dari *runway* , *taxiway* , dan *apron* (Sartono dkk, 2016). Berikut adalah beberapa istilah yang terkait dengan dimensi pesawat :

- a. *Length* (panjang) pesawat terbang merupakan jarak dari ujung depan badan pesawat/badan utama pesawat sampai ke ujung belakang ekor pesawat.

- b. *Wingspan* (panjang sayap) pesawat terbang merupakan jarak dari ujung sayap ke ujung sayap lainnya pada sayap utama pesawat.
- c. *Maximum height* (tinggi maksimum) pesawat terbang merupakan jarak dari lantai dasar sampai puncak bagian ekor pesawat.
- d. *Wheelbase* pesawat terbang merupakan jarak antara as roda pendaratan utama (*main landing gear*) pesawat dengan as roda depan (*nose gear*).
- e. *Wheel track* pesawat terbang jarak as roda terluar (*outer wheels*) dengan *main landing gear* pesawat.

2.1.6. Komponen Berat Pesawat

Beban pesawat diperlukan untuk menghitung kebutuhan panjang *runway* dan menentukan perkerasan *runway*, *taxiway*, dan *apron* yang dibutuhkan (Sartono dkk, 2016). Adapun jenis beban pesawat yang berhubungan dengan pengoperasian pesawat adalah sebagai berikut :

- a. *Operating weight empty* (berat operasi kosong) merupakan beban termasuk awak pesawat dan peralatan pesawat, tetapi tidak termasuk muatan dan bahan bakar.
- b. *Payload* (muatan) merupakan beban termasuk didalamnya penumpang, barang, surat-surat, paket-paket, dan kelebihan bagasi.
- c. *Zero fuel weight* (berat bahan bakar kosong) merupakan beban maksimum yang terdiri atas berat operasi kosong, beban penumpang, dan barang.
- d. *Maximum take off weight* (berat maksimum lepas landas) merupakan beban maksimum pada awal lepas landas sesuai dengan bobot pesawat dan persyaratan kelayakan penerbangan.
- e. *Maximum landing weight* (berat maksimum pendaratan) merupakan beban maksimum pada saat roda pesawat menyentuh lapis keras (mendarat) sesuai dengan bobot pesawat dan persyaratan kelayakan penerbangan.

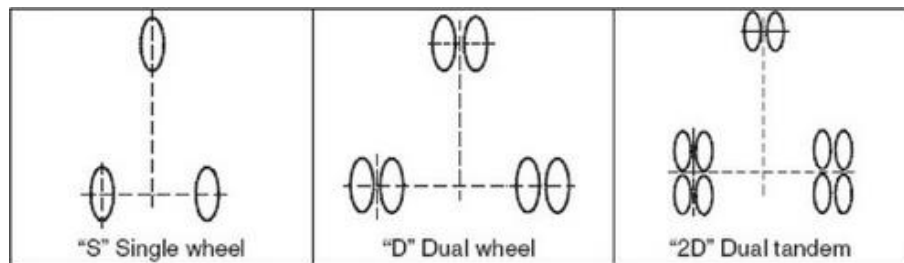
2.1.7. Konfigurasi Roda Pendaratan

Konfigurasi roda pendaratan berperan penting dalam mendistribusikan berat pesawat ke permukaan yang ditumpangnya, dengan kata lain berpengaruh pada desain perkerasan bandar udara. Kebanyakan pesawat dirancang dengan satu dari

tiga konfigurasi roda pendaratan dasar (Sartono dkk, 2016). Terdapat beberapa definisi dalam konfigurasi roda pesawat, yaitu sebagai berikut :

- a. *Single-wheel configuration* (konfigurasi roda tunggal), yang artinya pada roda utama pesawat terdapat total dua roda, dengan satu roda pada masing-masing penyangga pesawat.
- b. *Dual-wheel configuration* (konfigurasi roda ganda), yang artinya pada roda utama pesawat terdapat total empat roda, dengan dua roda pada masing-masing penyangga pesawat.
- c. *Dual tandem configuration* (konfigurasi roda ganda tandem), yang artinya terdapat dua roda sepasang pada masing-masing penyangga pesawat.

Konfigurasi ini dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut.



Gambar 2.1 *Basic landing gear configuration* (Sartono dkk, 2016)

2.2 Dasar Teori

Perencanaan landas pacu mengacu pada standar internasional yang dikeluarkan oleh ICAO *Annex 14 Doc 9157 part 1 Runways* Tahun 2006 Amandemen 2017 dan *part 3 Pavements* Tahun 1983 Amandemen 1989 serta Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor SKEP/161/IX/03 Tahun 2003 sebagai acuan.

2.2.1. Klasifikasi Bandar Udara

International Civil Aviation Organization (ICAO) mengklasifikasikan suatu bandar udara dengan kode yang disebut *Aerodrome Reference Code* seperti yang disajikan pada Tabel 2.1. Kode nomor (*code number*) mengklasifikasikan panjang landas pacu minimum atau *Aeroplane Reference Field Length* (ARFL), sedangkan kode huruf (*code letter*) mengklasifikasikan lebar sayap (*wingspan*) dan jarak roda terluar pesawat (*outer main gear wheel span*).

Tabel 2.1 *Aerodrome reference code*

<i>Code Number</i>	<i>ARFL</i>	<i>Code Letter</i>	<i>Wingspan</i>	<i>Outer Main Gear Wheel Span</i>
1	< 800 m	A	< 15 m	< 4,5 m
2	800 m – < 1.200 m	B	15 m – < 24 m	4,5 m – < 6 m
3	1.200 m – < 1.800 m	C	24 m – < 36 m	6 m – < 9 m
4	≥ 1.800 m	D	36 m – < 52 m	9 m – < 14 m
		E	52 m – < 65 m	9 m – < 14 m
		F	65 m – < 80 m	14 m – < 16 m

Sumber : Sartono dkk, 2016

2.2.2. Petunjuk Pelaksanaan Perencanaan/Perancangan Landas Pacu

Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor SKEP/161/IX/03 Tahun 2003 menetapkan :

- a. Untuk perencanaan landas pacu terdapat kode untuk landas pacu berdasarkan ukuran landas pacu yang disajikan pada Tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2 Kode dan ukuran landas pacu

Kode	Ukuran Landas Pacu
1A	Panjang < 800 m, lebar 18 m
1B	Panjang < 800 m, lebar 18 m
1C	Panjang < 800 m, lebar 23 m
2A dan 2B	Panjang ≥ 800 m < 1.200 m, lebar 23 m
2C	Panjang ≥ 800 m < 1.200 m, lebar 30 m
3A, 3B, dan 3C	Panjang ≥ 1.200 m < 1.800 m, lebar 30 m
3D	Panjang ≥ 1.200 m < 1.800 m, lebar 45 m
4C, 4D, dan 4E	Panjang ≥ 1.800 m, dan lebar 45 m
4F	Panjang ≥ 1.800 m, dan lebar 60 m

Sumber : Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Udara, 2003

- b. Ada beberapa faktor yang harus diperhitungkan dalam merencanakan/merancang landas pacu yaitu :
- 1) Arah landas pacu (nomor landas pacu) yang berhubungan dengan azimuth landasan.
 - 2) Kekuatan landas pacu untuk menahan beban dari pesawat rencana.
 - 3) Permukaan landas pacu untuk menghindari tergelincirnya pesawat pada saat mendarat dan lepas landas.
- c. Perencanaan/perancangan landas pacu harus memenuhi ketentuan teknis diantaranya :

- 1) Panjang dan lebar landas pacu.
 - 2) Kemiringan landas pacu yang meliputi arah melintang, arah memanjang untuk tiap seperempat bagian pertama dan terakhir dari panjang, perubahan arah memanjang untuk sudut berurutan, perubahan arah memanjang untuk tiap panjang 30 m, dan jari-jari peralihan minimum.
 - 3) Jarak tampak landas pacu.
 - 4) Jarak antara titik potong dua kurva berurutan 45 m.
 - 5) Jarak antara garis tengah landas pacu yang sejajar dari *non instrument runway*, dan jarak antara garis tengah landas pacu yang sejajar dari *instrument runway*.
- d. Perencanaan/perancangan bahu landasan harus memenuhi ketentuan teknis yaitu, lebar dan kemiringan bahu landasan.
- e. Perencanaan/perancangan *runway strip* harus memenuhi ketentuan teknis diantaranya :
- 1) Panjang dan lebar untuk landasan *instrument* atau *non instrument*.
 - 2) Penempatan alat bantu visual pada permukaan *strip* landasan.
 - 3) Lebar permukaan yang diratakan/termasuk lebar landas pacu untuk landasan *instrument* dan *non instrument*.
 - 4) Kemiringan yang meliputi arah memanjang, arah melintang, arah melintang pada 3 m pertama dari tepi bahu landasan atau *stopway* untuk digunakan sebagai drainase, dan melintang arah ke atas untuk bagian yang tidak diratakan.
 - 5) Lebar *strip* (termasuk lebar landas pacu) agar mampu menahan beban untuk landasan *instrument* atau *non instrument*.
- f. Perencanaan/perancangan *runway end safety area (RESA)* harus memenuhi ketentuan teknis yaitu, panjang, lebar, dan kemiringan memanjang dan melintang.
- g. Perencanaan/perancangan *stopway* (daerah henti) harus memenuhi ketentuan teknis yaitu :
- 1) Lebar.
 - 2) Kemiringan yang meliputi arah melintang dan memanjang, arah memanjang untuk seperempat bagian pertama dan terakhir dari panjang.

- 3) Perubahan kemiringan meliputi perubahan arah memanjang untuk sudut berurutan, perubahan arah memanjang untuk tiap panjang 30 m, dan jari-jari peralihan minimum.
- h. Perencanaan/perancangan *clearway* (daerah bebas) harus memenuhi ketentuan teknis yaitu :
- 1) Panjang maksimum *clearway* yang membentang dari ujung pacuan lepas landas (TOR) adalah setengah dari panjang pacuan lepas landas yang tersedia.
 - 2) Lebar maksimum *clearway* dari dan simetris pada perpanjangan garis tengah landasan sebesar 150 m.

2.2.3. Panjang Landas Pacu

Panjang landas pacu (*runway*) dihitung dengan peraturan ICAO *Annex 14 Doc 9157 part 1 Runways* Tahun 2017, apabila tidak tersedia manual karakteristik performa pesawat rencana. Panjang landas pacu didapatkan dengan memperhitungkan faktor koreksi umum sebagai berikut :

- a. *Basic runway length* (panjang landas pacu dasar), ditentukan berdasarkan asumsi kondisi bandar udara, yaitu sebagai berikut :
 - 1) Ketinggian bandar udara berada pada ketinggian muka air laut.
 - 2) Temperatur di bandar udara adalah temperatur standar 15°C (59°F).
 - 3) Landas pacu rata/tidak memiliki kemiringan ke arah longitudinal.
 - 4) Tidak ada angin yang berhembus di landas pacu.
 - 5) Pesawat bermuatan kapasitas penuh.
 - 6) Tidak ada angin yang berhembus ke tempat tujuan.
 - 7) Temperatur penjelajahan pesawat adalah temperatur standar.
- b. Panjang landas pacu dapat ditentukan dengan menggunakan *basic runway length* dan mengalihkan dengan angka koreksi untuk setiap perubahan elevasi, temperatur, dan kelandaian di lokasi landas pacu dibangun.
 - 1) Koreksi untuk elevasi

Pada saat elevasi landas pacu meningkat, maka kerapatan udara menurun, Sehingga akan mengurangi gaya angkat pada sayap pesawat dan pesawat membutuhkan kecepatan dipermukaan yang lebih besar sebelum dapat naik

ke udara. Untuk memfasilitasi peningkatan elevasi dibuat koreksi elevasi dengan kenaikan 7% setiap 300 m atau 1000 ft diatas muka air laut.

$$F_e = 1 + 0,07 \times \frac{h}{300} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dengan :

F_e = koreksi untuk elevasi

h = elevasi bandar udara (m)

2) Koreksi untuk temperatur

Kenaikan temperatur menyebabkan pengaruh yang sama seperti kenaikan pada elevasi. Koreksi akibat temperatur adalah kenaikan 1% setiap 1°C temperatur referensi bandar udara melebihi temperatur atmosfer (15°C) untuk suatu elevasi. Setiap 1.000 m kenaikan elevasi bandar udara diatas muka air laut, temperatur berkurang 5,5°C sehingga rumusan untuk koreksi untuk temperatur menjadi :

$$F_t = 1 + 0,01 \times [T_r - (15 - 0,0065 \times h)] \dots\dots\dots(2.2)$$

Dengan :

F_t = koreksi untuk temperatur

T_r = temperatur bandar udara (°C)

h = elevasi bandar udara (m)

3) Koreksi untuk kelandaian

Pesawat membutuhkan energi yang lebih pada saat lepas landas pada landas pacu yang lebih curam, sehingga semakin panjang landas pacu yang diperlukan untuk mencapai kecepatan permukaan yang diinginkan. Landas pacu harus dikoreksi 10% untuk setiap kelandaian sebesar 1% dari kelandaian efektif. Rumus koreksi untuk kelandaian menjadi :

$$F_g = 1 + 0,1 \times G \dots\dots\dots(2.3)$$

Dengan :

F_g = koreksi untuk kelandaian

G = kelandaian efektif landas pacu (%)

4) Setelah memperhatikan koreksi-koreksi di atas, maka panjang landas pacu aktual (L_a) dapat ditentukan dengan rumus berikut :

$$L_a = L_b \times F_e \times F_t \times F_g \dots\dots\dots(2.4)$$

Dengan :

L_a = panjang aktual landas pacu

L_b = panjang *basic* landas pacu (m)

F_e = koreksi untuk elevasi

F_t = koreksi untuk temperatur

F_g = koreksi untuk kelandaian

2.2.4. Lebar Landas Pacu

Menurut ICAO lebar dari landas pacu tidak boleh kurang dari dimensi yang ditentukan seperti Tabel 2.3 berikut.

Tabel 2.3 Lebar landas pacu

Code Number	Code Letter					
	A	B	C	D	E	F
1	18 m	18 m	23 m	-	-	-
2	23 m	23 m	30 m	-	-	-
3	30 m	30 m	30 m	45 m	-	-
4	-	-	45 m	45 m	45 m	60 m

Sumber : Sartono dkk, 2016

2.2.5. Kelandaian Memanjang

Kelandaian memanjang adalah selisih antara elevasi maksimum dan minimum sepanjang garis tengah landas pacu. Besarnya ditunjukkan pada Tabel 2.4 berikut.

$$G = \frac{\text{Elevasi maks} - \text{Elevasi min}}{\text{Panjang runway}} \times 100\%$$

Dengan :

$$G = \text{Effective gradient (\%)}$$

Tabel 2.4 Kelandaian efektif

Item	ICAO Aerodrome Reference Code Number			
	1	2	3	4
G_{\max}	2%	2%	1%	1%

Sumber : Sartono dkk, 2016

2.2.6. Kelandaian Melintang

Kelandaian Melintang bertujuan untuk mengalirkan drainase air dengan cepat. Besarnya kelandaian melintang maksimum ini ditunjukkan pada tabel 2.5 berikut.

Tabel 2.5 Kelandaian melintang

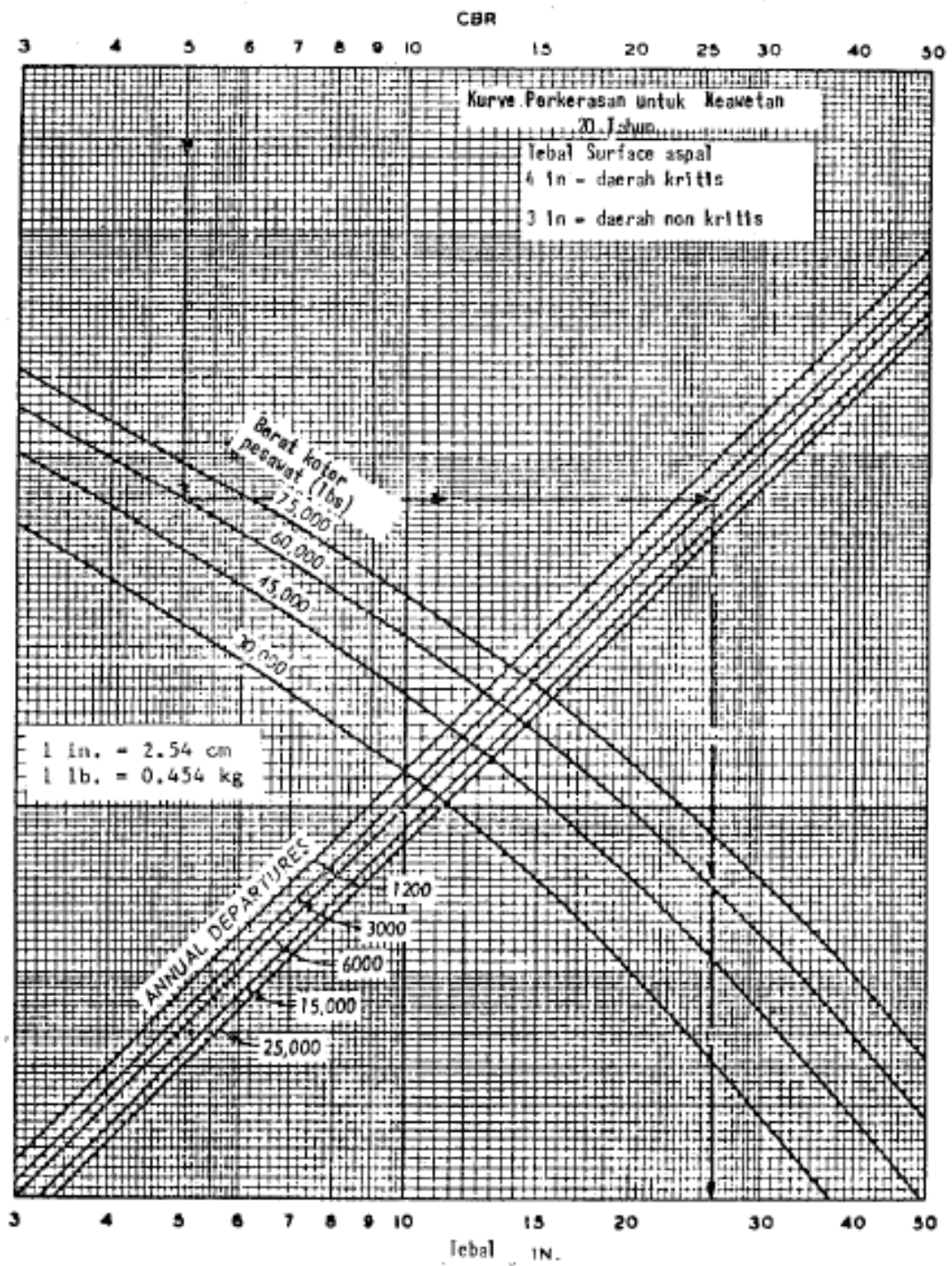
Item	ICAO Aerodrome Reference Code Number					
	A	B	C	D	E	F
S_{\max}	2%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%

Sumber : Sartono dkk, 2016

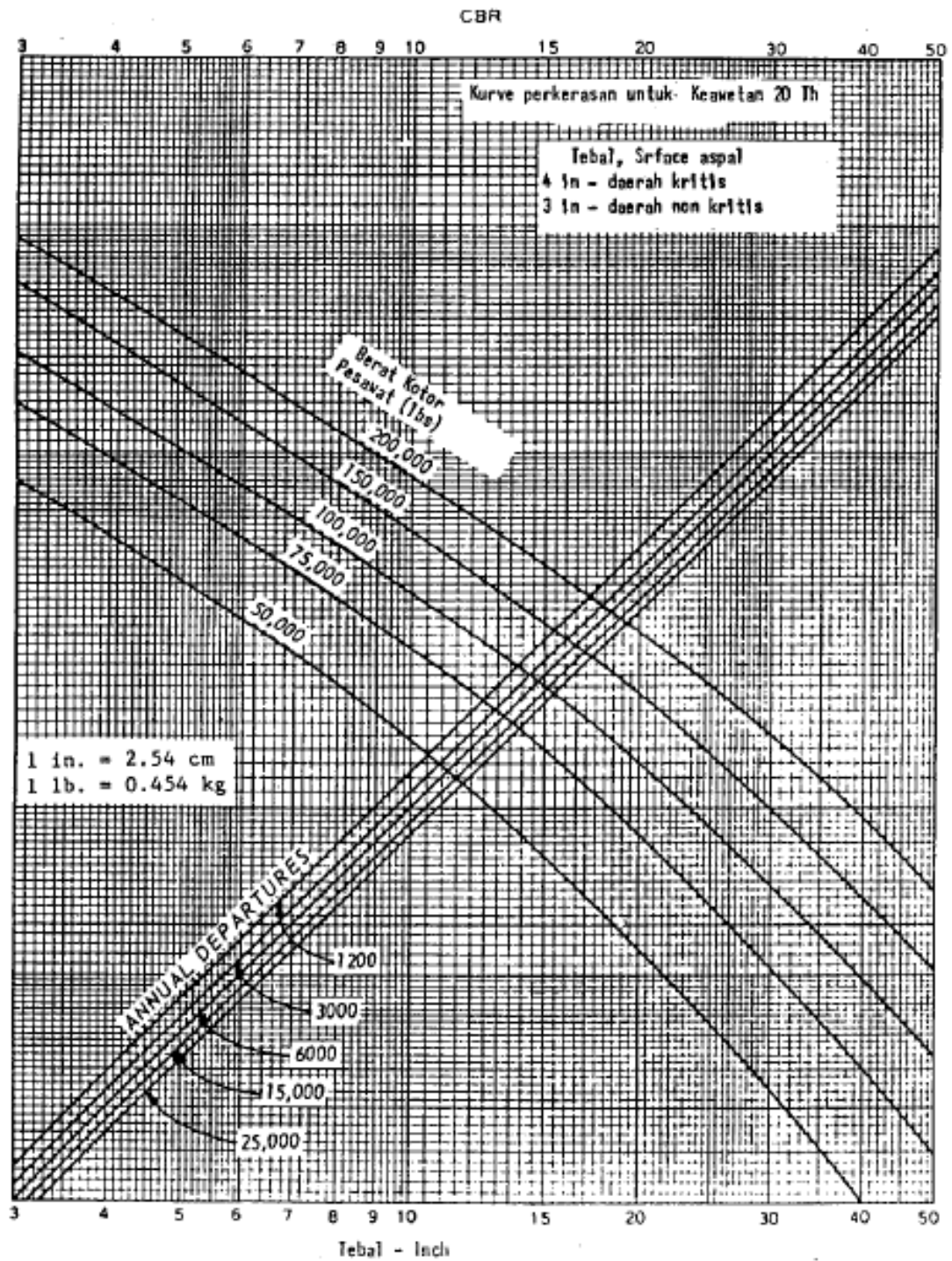
2.2.7. Tebal Perkerasan Landas Pacu

Menentukan ketebalan perkerasan didasarkan pada grafik-grafik yang telah dipersiapkan seperti pada Gambar 2.2 dan Gambar 2.3. Grafik ini dibuat untuk perhitungan berat pesawat kotor, yang mana 95% berat total ditumpu pada dua roda pendaratan utama. Sebelum menentukan tebal perkerasan, terlebih dahulu harus ditentukan pesawat rencananya. Parameter yang digunakan untuk menentukan tebal perkerasan landas pacu meliputi :

- Nilai CBR tanah dasar, tanah dasar berguna sebagai pondasi untuk struktur perkerasan, dimana perkerasan akan mendistribusikan beban kepada tanah dasar. Untuk mengetahui kekuatan tanah dasar dalam mendukung perkerasan dibutuhkan nilai daya dukung tanah. Percobaan daya dukung tanah yang dilakukan yaitu tes CBR (*California Bearing Ratio*). Nilai CBR yang besar menunjukkan semakin kuat tanah dalam menahan beban maka semakin sedikit ketebalan yang dibutuhkan untuk perkerasan.
- Lalu lintas pesawat, mulai dari siklus kedatangan dan keberangkatan dari setiap jenis pesawat yang digunakan untuk kebutuhan desain perkerasan adalah volume keberangkatan pertahun atau disebut *annual departure*.
- Beban lepas landas pesawat, struktur perkerasan pada landas pacu didesain agar dapat menahan beban dari pesawat yang bertumpu dan beraktifitas diatasnya, berat pendaratan tidak dihitung karena dianggap tidak lebih berat dari berat lepas landas. Pada saat pesawat mendarat berat pesawat berkurang akibat penggunaan bahan bakar.

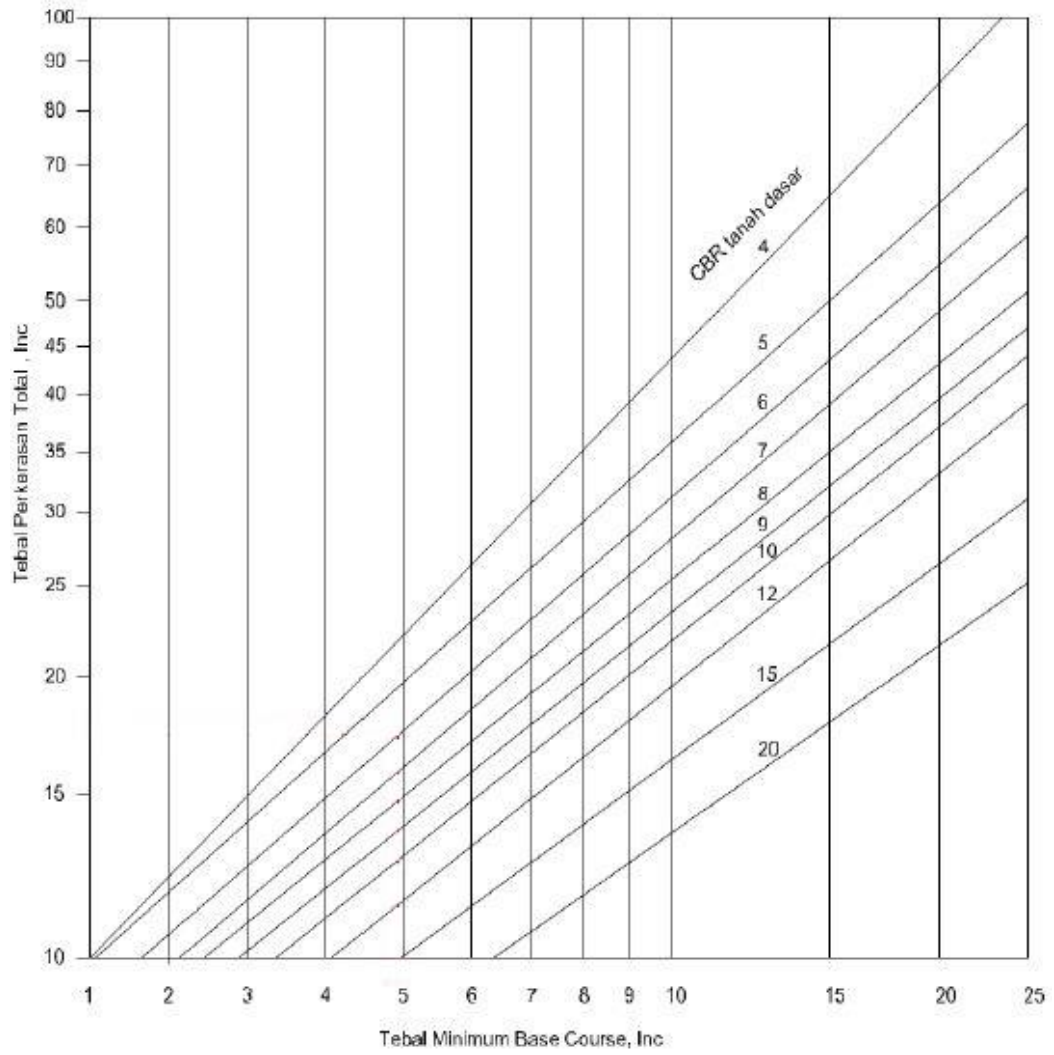


Gambar 2.2 Grafik rencana perkerasan *flexible* untuk *single wheel gear*



Gambar 2.3 Grafik rencana perkerasan *flexible* untuk *dual wheel gear*

Dengan menggunakan grafik diatas akan di dapat teabl perkerasan total. Untuk menentukan tebal minimum *base course* dapat menggunakan grafik pada Gambar 2.4 berikut.



Gambar 2.4 Grafik rencana tebal minimum *base course*