

**PERANCANGAN PERKERASAN PADA PERLUASAN APRON
BANDAR UDARA INTERNASIONAL I GUSTI NGURAH RAI BALI**

Elga Apriadha Dwinata, Indartono Rivai
Program Studi Teknik Sipil, Universitas Jayabaya Jakarta, INDONESIA
*E-mail : elgaapriadha@gmail.com

Abstract

The high movement of aircraft at I Gusti Ngurah Rai International Airport in Bali, has not been matched by adequate airside facilities, especially on the apron, which has resulted in mobilization not going well. This underlies the need for an expansion of the apron in order to fulfill the capacity of the aircraft that will operate. The aim is that the planned number of aircraft stands can meet the needs of aircraft operating during peak hours, with reference to the dimensions and pavement of the apron in accordance with civil aviation safety regulations standards so that aircraft mobilization can run well. For this reason, it is necessary to plan to expand the apron with a qualitative descriptive analysis method, namely in principle every matter of the problems raised must be answered in the data analysis by linking one another or in other words there is a reciprocal relationship, in this case the calculation method used is the method FAA (calculations manually and using software). Based on the analysis and calculations using this method, the results obtained from the analysis of the number of aircraft movements and the number of aircraft stands needed in the plan year with a pavement thickness that is in accordance with the standard airport requirements referring to the critical type of aircraft operating, so that the number of aircraft movements during rush hours can be overcome.

Keywords: Apron, aircraft movement, aircraft parking (aircraft stand)

I. PENDAHULUAN

Menurut Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara No. 326 (2019); Bandar udara adalah kawasan di daratan dan/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 Internasional I Gusti Ngurah Rai Bali merupakan salah satu bandar udara tersibuk dan terbesar di Indonesia.

Banyaknya rute penerbangan yang dilayani membuat bandara ini perlu dilakukan pengembangan dan perluasan khususnya parkir pesawat udara (apron), disamping itu ketika jam puncak terjadi penumpukan pesawat udara akibat kejenuhan kapasitas apron. Apron merupakan salah satu fasilitas sisi udara yang ada di bandara. Peranan apron sebagai tempat naik turun penumpang, bongkar muat kargo, surat, pengisian bahan bakar, parkir, dan pemeliharaan pesawat udara sangatlah penting. Kapasitas apron harus dapat melayani seluruh pesawat udara yang beroperasi, apabila pesawat udara yang akan melakukan pendaratan tidak dapat dilayani maka akan terjadi penumpukan.

Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai Bali memiliki luas apron existing 381.862 m², terdiri dari 37 aircraft stand. Tingginya pergerakan pesawat udara yang belum diimbangi dengan fasilitas sisi udara yang memadai terutama pada parkir pesawat udara (apron) mengakibatkan mobilisasi tidak berjalan dengan baik. Diperoleh data pergerakan pesawat udara pada saat jam sibuk mencapai 40 pergerakan, dikarenakan terjadi peningkatan yang signifikan seperti jumlah pesawat udara, penumpang, dan kargo. Hal tersebut mendasari perlu adanya analisis perkerasan pada perluasan apron agar terpenuhinya kapasitas pesawat udara yang akan beroperasi.

II. KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN

TEORI

2.1 Bandar Udara

Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan No. KM 11 Tahun 2010, bandar udara adalah kawasan di daratan dan/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, yang terdiri atas bandar udara umum dan bandar udara khusus yang selanjutnya bandar udara umum disebut dengan bandar udara.

Kode angka	ARFL (<i>aeroplane reference field length</i>)	Kode huruf	Bentang sayap	Bentang roda gigi utama paling luar*
1	< 800 m	A	< 15 m	≤ 4,5 m
2	800 m ≤ X < 1200 m	B	15 m ≤ Y < 24 m	4,5 m ≤ Z ≤ 6 m
3	1200 m ≤ X < 1800 m	C	24 m ≤ Y < 36 m	6 m ≤ Z ≤ 9 m
4	≥ 1800 m	D	36 m ≤ Y < 52 m	9 m ≤ Z ≤ 14 m
		E	52 m ≤ Y < 65 m	9 m ≤ Z ≤ 14 m
		F	65 m ≤ Y < 80 m	14 m ≤ Z ≤ 16 m

Catatan:
a. * adalah jarak antara bagian terluar dari roda gigi utama
b. Perencanaan untuk pesawat udara dengan *wingspan* (bentang sayap) lebih besar dari 80 m terdapat dalam *Aerodrome Design Manual (Doc 9157), Part 1 dan 2*

2.2 Apron

Dalam terjemahan Annex 14 Volume I “Aerodrome Design and Operations” 5th edition, July 2009, apron adalah sebuah area tertentu pada sebuah lapangan terbang, yang dimaksudkan untuk mengakomodasi pesawat udara yang digunakan untuk menaikkan dan menurunkan penumpang, surat atau kargo, pengisian bahan bakar, parkir atau pemeliharaan.

2.3 Konsep Apron

Konsep apron merupakan bentuk apron di bandar udara. Desain apron terminal penumpang secara langsung terkait dengan konsep terminal penumpang. Menurut Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara No.SKEP/77/VI/2005 apron adalah fasilitas sisi udara yang disediakan sebagai tempat bagi pesawat udara saat melakukan kegiatan menaikkan dan menurunkan

penumpang, muatan pos dan kargo dari pesawat udara, pengisian bahan bakar, parkir dan perawatan pesawat udara. Apron merupakan bagian bandar udara yang melayani terminal sehingga harus dirancang sesuai dengan kebutuhan dan karakteristik terminal Lebih jelasnya pada Aerodrome Design Manual Part 2 “Taxiways,

Aprons and Holding Bays” terdapat beberapa konsep apron, yaitu:

- 1) Simple Concept
- 2) Linear Concept
- 3) Pier/ Finger Concept
- 4) Satellite Concept
- 5) Transporter Concept
- 6) Hybrid Concept

2.4 Pemarkiran dan Konfigurasi Pesawat Udara

Dalam pengaturan lain yang dapat dijadikan pedoman untuk penetapan cara pemarkiran dan penempatan pesawat udara di bandar udara adalah Surat Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Udara No. SKEP/100/XI/1985 pada Bab VI pasal 44, tentang “Pemarkiran dan Penempatan Pesawat Udara”. Adapun tipe konfigurasi yang di standarkan oleh ICAO diatur dalam Doc 9184 – AN/902 Airport Planning Manual Part I “Master Planning” second edition, 1987 chapter 7.2.3 mengenai konfigurasi pesawat udara, dijelaskan bahwa konfigurasi pesawat udara dibedakan menjadi 4, yaitu Angled Nose-in, Nose-in, Angled Nose-out, Parallel.

2.5 Wing Tip Clearance

Jarak ruang antar ujung sayap pesawat udara (wing tip clearance) yang menjadi standar ukuran dimuat dalam Annex 14, Aerodrome, chapter 3, Sixth Edition, July 2013, dengan rekomendasi bahwa:

- 1) Penempatan pesawat udara harus dapat menampung pada tingkat maksimum
- 2) Jarak penempatan pesawat udara dengan pesawat udara lainnya atau dengan bangunan serta obyek lain yang berdekatan, mempunyai jarak sekurang-kurangnya sebagaimana pada tabel berikut ini:

Code letter	Clearance (m)
A	3,0
B	3,0
C	4,5
D	7,5
E& F	7,5

2.6 Analisa Peramalan

Terdapat beraneka ragam metode permalan bagi perencanaan bandar udara mulai dari pertimbangan subyektif hingga metode analisis matematis. Salah satu metode peramalan yang dapat digunakan adalah dengan metode analisis regresi.

Analisis regresi adalah suatu analisis yang mengukur pengaruh variable bebas terhadap variable terikat. Jika pengukuran pengaruh ini melibatkan satu variable bebas (X) dan variable terikat (Y), dinamakan analisis regresi linier sederhana. Persamaan umumnya adalah:

$$y = a + bx$$

Dimana:

Y = volume penggunaan jasa lalu lintas penerbangan

X = tahun pengamatan (jumlah tahun)

a & b = konstanta.

Karena data hasil observasi terhadap sampel acak berukuran n, maka untuk mendapatkan persamaan regresi $y = a + bx$, perlu dihitung a dan b dengan metode kuadrat kekeliruan terkecil (least square error methods).

$$(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)$$

$$a = \frac{\quad}{k\sum x^2 - (\sum x)^2}$$

Atau dapat disederhanakan menjadi:

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \rightarrow \bar{y} = \frac{\sum y}{n} \quad \bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

Dan b dapat dicari dengan:

$$b = \frac{k\sum xy - \sum x \sum y}{k\sum x^2 - (\sum x)^2}$$

Untuk menentukan peak month movement (volume pergerakan pesawat udara tersibuk), adalah dengan cara mencari nilai peak month ratio. Menurut Susetyo (2012:5) dalam Jurnal Studi dan Perencanaan Penambahan Runway di Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya peak month ratio dirumuskan sebagai berikut:

$$R_{month} = \frac{N_{month}}{N_{year}}$$

Dimana:

R month = peak month ratio.

N month = jumlah pergerakan pesawat udara dalam 1 bulan.

N year = jumlah pergerakan pesawat udara dalam 1 tahun.

Dari nilai peak month ratio, maka akan didapat nilai peak month movement dengan rumus sebagai berikut:

Peak month movement = annual Departure x peak month ratio.

Seperti sebelumnya, untuk mengetahui peak day movement (volume pergerakan pesawat udara harian tersibuk), perlu diketahui terlebih dulu peak day ratio, yang dirumuskan sebagai berikut:

Dengan :

$$peak\ day\ ratio = \frac{N_{Day}}{N_{Month}}$$

N day = jumlah pergerakan pesawat udara dalam 1 hari

N month = jumlah pergerakan pesawat udara bulan tersibuk.

Setelah diketahui nilai peak day movement, maka sekarang mencari nilai peak hour movement untuk mencari jumlah pergerakan pesawat udara tersibuk dalam 1 jam.

Dari nilai peak month movement dan peak day ratio, maka peak day movement dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$peak\ hour\ ratio = \frac{N_{Hour}}{N_{Day}}$$

Dengan :

N hour = jumlah pergerakan pesawat udara tersibuk dalam 1 jam

N day = jumlah pergerakan pesawat udara dalam 1 hari.

Dari nilai peak day movement dan peak hour ratio, maka peak hour movement dapat dirumuskan sebagai berikut:

Peak hour movement = peak day movement x peak hour ratio.

2.6 Perhitungan Kebutuhan Jumlah Parkir Pesawat Udara

Penentuan jumlah aircraft parking stand yang dibutuhkan tergantung pada pergerakan penumpang pesawat udara sesuai dengan tipe pesawat udara pada jam puncak (peak hours). Dalam menentukan jumlah aircraft stand yang dibutuhkan suatu bandar udara dapat menggunakan rumus sesuai dengan Document 9184- AN/902 Airport Planning Manual Part I Master Planning Chapter 7.3.6 seperti dibawah ini:

$$S = \left(\frac{T_i}{60} \times N_i \right) + a$$

Dimana:

S = Jumlah kebutuhan parkir pesawat udara (*aircraft parking stand*)

Ti = *Gate occupancy time* (menit) masing masing tipe pesawat udara

Ni = Jumlah parkir pesawat udara yang datang (*arriving aircraft*) selama jam puncak

a = Jumlah parkir pesawat udara sebagai cadangan

2.8 Menentukan Beban Pesawat Udara Kritis

Dalam dokumen FAA AC 150/5320-6E Airport Pavement Design And Evaluation, Chapter 3, 2009 dijelaskan cara menentukan pesawat udara rencana. Tebal perkerasan di tentukan untuk setiap pesawat dengan menggunakan kurva desain yang telah ditentukan, input yang dimasukkan seperti CBR, nilai K harus disamakan untuk semua jenis pesawat udara agar dapat diketahui mana yang mampu menghasilkan tebal perkerasan paling tinggi, semakin besar beban per roda maka akan semakin besar pula tebal perkerasan yang dihasilkan.

Diasumsikan untuk roda pendaratan utama yaitu yang ada pada badan pesawat udara adalah 95% karena roda pendaratan pada pesawat merupakan tumpuan utama dari beban pesawat udara dan nose gear menampung beban sebesar 5% dari beban total pesawat udara tersebut. Rumus perhitungan beban per roda pendaratan utama:

$$\text{Wheel load} = 0,95 \times \text{MTOW} \times \frac{1}{\text{jumlah roda pekaratak utama}}$$

2.9 Perkerasan Kaku (Rigid Pavement)

Perkerasan rigid adalah suatu perkerasan yang mempunyai sifat dimana saat pembebanan berlangsung perkerasan tidak mengalami perubahan bentuk, artinya perkerasan tetap seperti kondisi semula sebelum pembebanan berlangsung.

Perkerasan rigid terdiri dari pelat beton, digelar di atas granular atau subbase yang telah distabilkan, ditunjang oleh lapisan asli yang dipadatkan (subgrade). Pada kondisi tertentu terkadang subbase tidak diperlukan. Adapun penjelasan mengenai struktur perkerasan rigid yaitu:

2.9.1 Tanah Dasar (Subgrade)

Bahan-bahan subgrade di bawah perkerasan rigid harus dipadatkan agar didapat stabilitas yang memadai dan dukungan yang seragam. Pemadatan dapat meningkatkan density, tentunya dengan moisture content yang tepat. Kedua faktor tersebut dapat meningkatkan kekuatan tanah dasar. Pemadatan yang dibutuhkan untuk perkerasan rigid tidaklah seketat dan serumit pada perkerasan flexible.

2.9.2 Lapisan Pondasi Bawah (Subbase course)

Pada perkerasan baru yang akan digunakan oleh pesawat udara dengan berat 100.000 lb (45.400 kg), lapisan pondasi bawah perlu distabilisasi. Berikut adalah jenis-jenis stabilisasi lapisan pondasi bawah:

- 1) P-304 Cement treated base course
- 2) P-306 Econocrete subbase course
- 3) P-401 Plant mix bituminous pavements

2.9.3 Beton

Lapisan permukaan beton harus memberikan permukaan yang kesat, menjaga masuknya air dari permukaan dan memberikan dukungan struktur. Kategori material standar adalah P-501 Cement concrete pavement.

Perkerasan rigid biasanya dipilih untuk ujung landasan, pertemuan antara runway dengan taxiway, apron dan daerah-daerah lain yang dipakai untuk parkir pesawat udara atau daerah-daerah yang mendapat pengaruh panas jet blast, dan limpahan minyak.

2.10 Tebal Perkerasan

Salah satu metode yang digunakan untuk menentukan tebal perkerasan rigid adalah dengan menggunakan metode FAA. Metode ini diberikan dalam Advisory Circular No. AC 150/5320-6E, Airport Pavement Design and Evaluation.

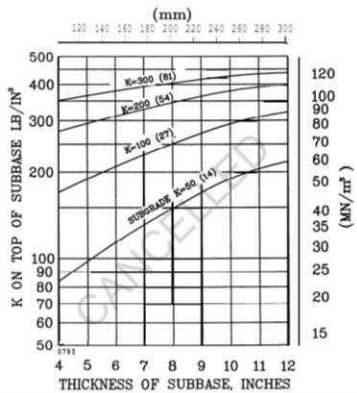
Adapun data yang diperlukan antara lain:

2.10.1 Harga k dari Subgrade

Cara mendapatkan nilai modulus tanah dasar dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

2.10.2 Nilai k Subbase

Menentukan nilai k untuk lapisan pondasi bawah dengan pengujian umumnya tidak praktis, terutama pada tahap perencanaan. Nilai k lapisan pondasi bawah sebagai fungsi tebal lapisan pondasi bawah untuk beberapa nilai k lapisan tanah dasar disampaikan sebagai berikut:



2.10.3 Kuat Bengkok (Flexural Strength)

Menurut Basuki (1990:348) dalam Buku Merancang, Merencana Lapangan Terbang membuktikan bahwa beton dengan MR 600 psi sampai 700 psi pada usia 28 hari akan menghasilkan perkerasan dengan biaya paling ekonomis dan sudah cukup kuat.

2.10.4 Maximum Take-Off Weight

Berat maksimum lepas landas (MTOW) dari suatu pesawat udara adalah berat maksimum yang diijinkan dari suatu pesawat udara untuk mencoba lepas landas karena batas struktural atau lainnya. MTOW biasanya ditentukan dalam satuan kilogram (kg) atau pound.

2.10.5 Equivalent Annual Departure

Setelah menentukan pesawat kritis yang beroperasi di bandar udara maka langkah selanjutnya adalah mengkonversi semua roda pendaratan ke dalam roda pendaratan pesawat rencana atau pesawat kritis, hal ini bertujuan untuk menggabungkan semua keberangkatan

tahunan pesawat yang beroperasi yang sudah dikalikan dengan factor konversi roda pendaratan ke dalam keberangkatan pesawat rencana/kritis. Untuk mencari Equivalent Annual Departure (R1), digunakan persamaan:

$$\text{Log } R1 = \text{Log } R2 \times \left(\frac{w2}{w1}\right)^{0.5}$$

$$R1 = 10^{\text{Log } R2 \times \left(\frac{w2}{w1}\right)^{0.5}}$$

Dimana :

R1: Equivalent Annual Departure

R2 : Annual Departure yang dikonversikan

W2: Wheel Load masing masing pesawat udara

W1: Wheel Load pesawat udara rencana (terbesar)

Berikut akan dijelaskan perhitungan mencari W2 dan R2, dimana W2 sendiri adalah beban roda pesawat udara yang ditanyakan dan R2 adalah keberangkatan tahunan pesawat udara dinyatakan dalam roda pendaratan pesawat udara rencana

$$W_2 = \text{MTOW} \times 0,95 \times \frac{1}{\text{jumlah roda pendaratan}}$$

$$R_2 = \text{Forecast Annual Departure} \times F. \text{Konversi Roda}$$

2.11 Perhitungan Nilai Daya Dukung Perkerasan (Pavement Classification Number)

Berdasarkan RSNI tentang Standarisasi Pelaporan Daya Dukung Landas Pacu Bandar Udara, PCN adalah bilangan yang menyatakan kapasitas daya dukung relatif perkerasan dalam hal beban pada roda tunggal yang dinyatakan dengan suatu bilangan tanpa satuan dan tanpa menyatakan untuk jenis pesawat udara tertentu.

Adapun rumus menghitung PCN untuk perkerasan rigid sebagai berikut:

$$RSI = \frac{T_e^2}{1000} \times \frac{6.12}{(4.231 - 5.103 \times \log(\frac{CBR}{0.6}) + 2.426 \times (\log(\frac{CBR}{0.6}))^2 - 0.473 \times (\log(\frac{CBR}{0.6}))^3)^2} \times 1.8$$

Dengan:

Te = Tebal ekivalen

RSI = Standard wheel load

PCN = G(K) x RSI

2.12 Sambungan Konstruksi Plat Beton

Konstruksi sambungan adalah suatu cara untuk menghubungkan permukaan beton lama dengan permukaan beton baru sehingga dapat melekat dengan baik dan dapat menahan gerakan yang berkaitan dengan adanya gaya melintang pada konstruksi sambungan. Berikut hal-hal yang perlu diperhatikan dalam sambungan konstruksi beton:

2.12.1 Peletakan Dowel

Dalam penentuan dowel rencana yang akan digunakan pada slab beton harus sesuai dengan FAA AC-150/5320/6E, Airport Pavement Design and Evaluation pada tabel berikut:

Tebal Slab	Diameter	Panjang	Jarak
6-7 in. (15-18 cm)	¾ in. (20 mm)	18 in. (46 cm)	12 in. (30,5 cm)
8-12 in. (21-31 cm)	1 in. (25 mm)	19 in. (48 cm)	12 in. (30,5 cm)
13-16 in. (33-41 cm)	1¼ in. (30 mm)	20 in. (51 cm)	15 in. (38 cm)
17-20 in. (43-51 cm)	1½ in. (40 mm)	20 in. (51 cm)	18 in. (46 cm)
21-24 in. (54-61cm)	2 in. (50 mm)	24 in. (61 cm)	18 in. (46 cm)

2.12.2 Sambungan Plat Beton

Menurut AC 150/5320-6E Airport Pavement Design and Evaluation terdapat beberapa jenis sambungan perkerasan rigid yaitu:

2.12.2.1 Sambungan Muai

Sambungan muai adalah sambungan yang digunakan untuk memisahkan pelat beton yang berpotongan dan memisahkan struktur perkerasan.

2.12.2.2 Sambungan Susut

Sambungan Susut adalah sambungan yang digunakan untuk mengendalikan retak yang terjadi pada pelat beton, ketika pelat beton menyusut akibat penurunan kadar air dan temperatur.

2.12.2.3 Sambungan Konstruksi

Sambungan konstruksi adalah sambungan yang digunakan untuk menghubungkan 2 buah pelat yang dikerjakan pada saat yang tidak bersamaan.

II. Metodologi Penelitian

Metode Analisis Data

Metode analisis data yang digunakan dalam penulisan penelitian ini adalah analisis dekriptif kualitatif, dimana selain mengolah dan menyajikan data, peneliti juga melakukan analisis data kualitatifnya. Hal ini dimaksudkan agar dapat mensinergikan antara beberapa data yang telah didapatkan dengan berbagai literatur maupun data-data lain yang telah dipersiapkan.

Dengan metode analisis inilah peneliti berusaha untuk menggambarkan sekaligus menganalisa secara deskriptif dari hasil penelitian yang telah dilakukan, yaitu mendeskripsikan tentang kondisi saat ini yang terjadi pada operasional pesawat udara dengan ketersediaan apron yang ada di bandar udara.

IV. Pembahasan

4.1 Perhitungan Parameter Regresi

4.1.1 Pergerakan Pesawat Udara Tahunan

Pergerakan tahunan pesawat udara Berdasarkan pergerakan tahunan pesawat udara dapat dianalisis sebagai berikut:

$$a = \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)}{(n)(\sum X^2) - (\sum X)^2} = \frac{(667.297)(55) - (15)(2.055.947)}{(5)(55) - (15)^2} = \frac{5.862.130}{50} = 117.242,6$$

$$b = \frac{y - a}{x} \longrightarrow y = \frac{(\sum Y)}{(n)}$$

$$= \frac{(133.459,40 - 117.242,60)}{3} = \frac{667.297}{5}$$

$$= \frac{16.216,8}{3} = 133.459,40$$

$$= 5.405,6 \quad x = \frac{(\sum X)}{(n)}$$

$$= \frac{15}{5}$$

$$= 3$$

Persamaan: $Y = 117.242,6 + 5.405,6x$

4.1.2 Peak Month Ratio

Contoh perhitungan peak month ratio berdasarkan data pergerakan pesawat udara (tabel 4.1.) bulan Januari tahun 2013.

$$R \text{ Month} = \frac{N \text{ month}}{N \text{ year}}$$

$$= \frac{10.404}{124.569}$$

$$= 0,0835$$

4.1.3 Peak Day Ratio

Contoh perhitungan peak day ratio berdasarkan data pergerakan pesawat udara harian tersibuk (tabel 4.3.) 21 Juli 2017.

$$R \text{ Day} = \frac{N \text{ day}}{N \text{ month}}$$

$$= \frac{462}{13.334}$$

$$= 0,0334$$

4.1.4 Peak Hour Ratio

Contoh perhitungan peak hour ratio berdasarkan data pergerakan pesawat udara jam tersibuk (tabel 4.3.) 21 Juli 2017.

$$R \text{ Hour} = \frac{N \text{ hour}}{N \text{ day}}$$

$$= \frac{40}{462}$$

$$= 0,0865$$

4.2 Daya Dukung (CBR) Tanah Dasar

Berdasarkan data yang diperoleh (CBR subgrade), nilai rata-rata CBR tanah asli yaitu sebesar 6% dengan PCN 69.

4.3 Peramalan Pergerakan Pesawat Udara 5 Tahun

Dari hasil perhitungan pergerakan tahunan pesawat udara, didapat nilai parameter regresi, $a = 117.242,6$ dan $b = 5.405,6$, maka dapat peramalan pergerakan pesawat udara sebagai berikut:

$$Y = a + bx$$

$$Y = 117.242,6 + 5.405,6x = 149.676,2$$

Untuk selengkapnya terdapat dalam tabel berikut:

STahun	a	B	X	Prediksi Pergerakan Pesawat Udara ($Y = a + bx$)
2018	117.242,6	5.405,6	6	149.676,2
2019	117.242,6	5.405,6	7	155.081,8
2020	117.242,6	5.405,6	8	160.487,4
2021	117.242,6	5.405,6	9	165.893,0
2022	117.242,6	5.405,6	10	171.298,6

4.3.1 Peak Month Movement Rencana.

Berdasarkan perhitungan peak month ratio sebelumnya, maka akan didapat peak month movement sebagai berikut:

Peak month movement

$$= 171.298,6 \times 0,0942$$

$$= 16.136,32812$$

4.3.2 Peak Day Movement Rencana

Berdasarkan perhitungan peak day ratio sebelumnya, maka peak day movement dapat dihitung sebagai berikut:

Peak day movement

$$= 16.136,32812 \times 0,0334$$

$$= 538,9533592$$

4.3.3 Peak Hour Movement Rencana

Berdasarkan nilai peak hour ratio, maka didapat nilai peak hour movement rencana (tahun 2022), sebagai berikut:

Peak hour movement

$$= 538,9533592 \times 0,0896$$

$$= 48,29022099$$

$$= 49 \text{ (pembulatan)}$$

Jadi, peramalan pada tahun 2022 terdapat 49 pergerakan pesawat udara dalam 1 jam. Kondisi tersebut menyebabkan diperlukannya perluasan apron di Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai Bali pada tahun rencana (tahun 2022).

4.4 Perhitungan Equivalent Annual Departure

Berdasarkan data pesawat udara, hasil analisis pesawat udara kritis, konversi roda pendaratan, serta hasil perhitungan annual departure tahun rencana maka dapat dihitung equivalent annual departure tahun rencana, untuk menentukan tebal perkerasan konstruksi apron yang direncanakan. Sebelumnya telah diketahui bahwa pesawat rencana adalah Airbus A330-300, maka semua roda pendaratan pesawat udara dikonversi ke roda pendaratan A330-300.

$$\begin{aligned} \log R1 &= \log R2 \times \left(\frac{W2}{W1}\right)^{0.5} \longrightarrow R2 = \text{faktor konversi roda} \times \text{annual dep} \\ R1 &= 10^{\log R2 \times \left(\frac{W2}{W1}\right)^{0.5}} &&= 1 \times 19,261 \\ & &&= 19,261 \\ &= 10^{\log (19,261) \times \left(\frac{28,737,518}{28,737,518}\right)^{0.5}} &&W2 = 28,737,518 \text{ (tabel 4.5.)} \\ &= 19,261 &&W1 = \text{wheel load pesawat udara rencana} \\ & &&\text{(terbesar) } 28,737,518 \end{aligned}$$

Selengkapnya perhitungan equivalent annual departure dengan seluruh jenis pesawat yang beroperasi di Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai Bali:

$$T_i = \frac{40+60}{2} = 50$$

$$S = \left(\frac{T_i}{60} \times N_i\right) + a$$

$$= \left(\frac{50}{60} \times 49\right) + 1$$

$$= 41,833 = 42 \text{ (pembulatan)}$$

4.5 Perhitungan Jumlah Parking Stand Tahun 2022

Dari hasil peramalan jumlah pergerakan pesawat udara dengan menggunakan metode regresi diperoleh hasil pergerakan pesawat udara pada tahun rencana yaitu 49 pergerakan pada jam

sibuk. Dengan perhitungan penentuan jumlah parking stand dengan asumsi α (jumlah parkir pesawat sebagai cadangan adalah 1) didapatkan kebutuhan parking stand keseluruhan pada tahun mendatang adalah 42 aircraft stand. Berikut adalah perhitungan kebutuhan parking stand:

No.	Jenis Pesawat	Gear Type			Jumlah Roda Utama	Annual Departures	MTOW		Annual Departures Aircraft Design (R ₂)	Wheel Load (W ₁)	Wheel Load Design (W ₂)	Equivalent Annual Departures (R ₁)
		Dari	Ke	Konversi			lbs.	Kg				
1	Airbus 320	D	2D	0,6	4	41.683	174.165	78.999,915	25.009,8	18.762,48	28.737,518	3.579
2	Airbus 330	2D	2D	1	8	19.261	533.519	242.000,148	19.261	28.737,518	28.737,518	19.261
3	Airbus 340	2D/D1	2D	1	10	42	609.578	276.499,93	42	26.267,493	28.737,518	36
4	ATR	D	2D	0,6	4	13.465	49.603	22.499,542	8.079	5.343,641	28.737,518	48
5	Boeing 737	D	2D	0,6	4	54.969	187.700	85.139,288	32.981,4	20.220,581	28.737,518	6.167
6	Boeing 747	2D/2D2	2D	1	16	214	910.000	412.769,057	214	24.508,163	28.737,518	142
7	Boeing 757	2D	2D	1	8	8	270.000	122.469,94	8	14.543,305	28.737,518	4
8	Boeing 767	2D	2D	1	8	42	450.000	204.116,567	42	24.238,842	28.737,518	31
9	Boeing 777	3D	2D	1	12	6.260	775.000	351.534,087	6.260	27.829,782	28.737,518	5.447
10	Boeing 787	2D	2D	1	8	2.788	502.500	227.930,166	2.788	27.066,707	28.737,518	2.206
11	Bombardier CRJX	D	2D	0,6	4	1.835	91.800	41.639,78	1.101	9.889,448	28.737,518	61
12	Cessna	S	2D	0,5	2	579	9.062	4.110,454	289,5	1.952,466	28.737,518	4
Σ											36.986	

Berdasarkan hasil tersebut dilakukan penambahan 5 aircraft stand dari apron eksisting. Namun karena terbatasnya lahan yang akan digunakan untuk perluasan, maka dilakukan penambahan menjadi 41 aircraft stand yang semula hanya 37 aircraft stand. Asumsi ini didasarkan atas perhitungan dari layout eksisting yang hanya bisa diperluas untuk 4 aircraft stand.

4.6 Perhitungan Dimensi Apron

Perhitungan kebutuhan panjang apron disesuaikan dengan penambahan jumlah aircraft stand sebanyak 4 buah yang diperuntukkan untuk dua pesawat udara kelas 4E dan dua pesawat udara kelas 4C. Perhitungan kebutuhan panjang apron menggunakan rumus berdasarkan Aerodrome Design Manual Part 2 Taxiway, Apron and Holding Bay.

Luas dimensi apron yang direncanakan :

$$L_1 = 384,74 \text{ m} \times 77,48 \text{ m}$$

$$= 29.809,65 \text{ m}^2$$

$$L_2 = 48,48 \text{ m} \times 81 \text{ m}$$

$$= 3.928,88 \text{ m}^2$$

$$L_3 = 218,42 \text{ m} \times 141,65 \text{ m}$$

$$= 30.939,19 \text{ m}^2$$

$$L = L_1 + L_2 + L_3$$

$$= 29.809,65 \text{ m}^2 + 3.928,88 \text{ m}^2 + 30.939,19 \text{ m}^2$$

$$= 64.677,72 \text{ m}^2$$

Untuk manuver pesawat udara pada saat datang dan meninggalkan apron maka digunakan clearance antar ekor pesawat udara dengan wingspan sesuai standar ADRM (Airport Development Reference Manual) dengan jarak 47,5 m.

4.7 Perencanaan Tebal Perkerasan

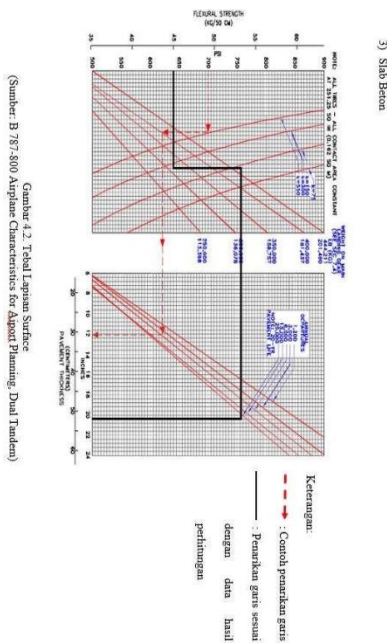
4.7.1 Subgrade

Pada perencanaan konstruksi ini ditentukan nilai CBR 6% maka nilai CBR tersebut akan dikonversikan menjadi nilai modulus reaksi tanah dasar,

$$k = \left[\frac{1500 \times CBR}{26} \right]^{0,7788}$$

$$= \left[\frac{1500 \times 6}{26} \right]^{0,7788}$$

$$= 94,97 \text{ lb/in}^3$$



Gambar 4.2 Tebal Lapisan Surface
 (Sumber: B 757-800 Airport Characteristics for Airport Planning, Dual Tandem)

4.7.2 Subbase

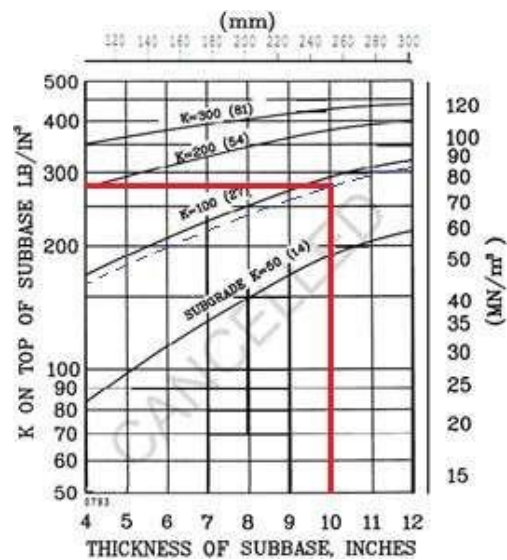
Tujuan penempatan lapisan pondasi bawah dibawah slab beton adalah untuk meningkatkan nilai modulus k. Tebal minimum lapisan ini adalah 10,2 cm. Dengan modulus K tanah dasar = 94,97 pci dan salah satu kontrol kualitas perkerasan kaku adalah nilai kuat lenturnya $f_r = 45 \text{ kg/cm}^2$ (640 psi) sebagaimana yang tercantum dalam Spesifikasi Umum Binamarga tahun 2010 revisi 3 yang diterbitkan pada tahun 2014, maka didapatkan nilai k lapisan subbase menggunakan pembacaan grafik di bawah ini:

a) Beban rencana = 533.519 lbs

b) k subgrade = 94,97 pci

c) Flexural strength = 640 psi

d) Tebal subbase rencana = 10 inch



Untuk mendapatkan nilai modulus K pada lapisan subbase yaitu dengan menempatkan tebal subbase rencana (10 inch) pada gambar 4.1, kemudian ditarik garis vertikal ke atas hingga bertemu kurva modulus k subgrade (94,97 pci), lalu ditarik garis horizontal ke kiri untuk mengetahui nilai modulus K pada lapisan subbase. Dari hasil plotting gambar di atas didapatkan nilai modulus K pada lapisan subbase yaitu (275 pci).

$$RSI = \frac{Te^2}{1000} \times \frac{6,12}{(4,231 - 5,013 \times \log(\frac{CBR}{0,6}) + 2,426 \times (\log(\frac{CBR}{0,6}))^2 - 0,473 \times (\log(\frac{CBR}{0,6}))^3) \times 1,8}$$

$$RSI = \frac{77,47^2}{1000} \times \frac{6,12}{(4,231 - 5,013 \times \log(\frac{6}{0,6}) + 2,426 \times (\log(\frac{6}{0,6}))^2 - 0,473 \times (\log(\frac{6}{0,6}))^3) \times 1,8}$$

$$RSI = 6 \times 5,237 \times 1,8$$

$$RSI = 56,56$$

$$PCN = G(K) \times RSI$$

$$PCN = 1,56 \times 56,56$$

$$PCN = 88,23$$

Berdasarkan gambar di atas dapat diketahui tebal plat beton dengan menggunakan gambar kurva rencana perkerasan rigid untuk tipe roda dual tandem, didapat hasil tebal plat beton sebesar 20,5 inch (52,07 cm) dan subbase sebesar 10 inch (25,4 cm). Tebal ekuivalen untuk perencanaan perkerasan rigid yaitu:

Lapisan	Tebal (cm)
Surface	52,07
Subbase course	25,4
Σ	77,47

4.7.3 Peletakan Dowel

Berdasarkan hasil perhitungan tebal perkerasan didapatkan nilai tebal slab beton sebesar 52,07 cm. Sesuai dengan FAA AC- 150/5320/6E dalam penggunaan dowel yang direncanakan pada tebal slab beton sesuai tabel berikut:

Tebal Slab Beton	Diameter	Panjang	Jarak
6-7 inch (15-18 cm)	¾ inch (2 cm)	18 inch (46 cm)	12 inch (30,5 cm)
8-12 inch (21-31 cm)	1 inch (2,5 cm)	19 inch (48 cm)	12 inch (30,5 cm)
13-16 inch (33-41 cm)	1¼ inch (3 cm)	20 inch (51 cm)	15 inch (38 cm)
17-20 inch (43-51 cm)	1½ inch (4 cm)	20 inch (51 cm)	18 inch (46 cm)
21-24 inch (54-61 cm)	2 inch (5 cm)	24 inch (61 cm)	18 inch (46 cm)

beton dengan diameter 5 cm, panjang dowel 61 cm, dan jarak antar dowel (spacing) 46 cm.

4.7.4 Perhitungan Nilai Daya Dukung Perkerasan (PCN)

Tebal ekuivalen dari hasil perencanaan tabel perkerasan adalah 77,47 cm, lalu setelah diketahui hasil perhitungan tebal perkerasan harus dihitung nilai PCN (Pavement Classification Number) untuk mengetahui nilai daya dukung perkerasan tersebut.

Diketahui CBR rencana = 6% Tebal ekuivalen = 77,47 cm

Hasil PCN yang diperoleh sebesar 88, dengan kode PCN 88 R/C/X/T.

No.	Jenis Pesawat	Nilai ACN	PCN Tersedia	Keterangan
1	Airbus 320	49	88	Mampu
2	Airbus 330	62	88	Mampu
3	Airbus 340	62	88	Mampu
4	ATR	14	88	Mampu
5	Boeing 737	53	88	Mampu
6	Boeing 747	65	88	Mampu
7	Boeing 757	42	88	Mampu
8	Boeing 767	57	88	Mampu
9	Boeing 777	69	88	Mampu

4.7.5 Sambungan Perkerasan

Dengan tebal perkerasan rencana yang didapat, maka terdapat sambungan perkerasan antara perkerasan eksisting (rigid) dengan apron rencana yang juga rigid. Sesuai dengan teori yang ada, maka pada perencanaan ini menggunakan construction joint.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

1.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa dan perhitungan maka dapat disimpulkan hasil sebagai berikut:

- 1) Berdasarkan data yang diperoleh, kebutuhan jumlah aircraft stand pada tahun rencana yaitu 41 aircraft stand, sedangkan pada kondisi saat ini hanya tersedia 37 aircraft stand, sehingga dibutuhkan penambahan 4 aircraft stand agar pergerakan pesawat udara pada jam sibuk terpenuhi dan mobilisasi dapat berjalan dengan baik.
- 2) Dimensi apron rencana yang dibutuhkan untuk penambahan 4 aircraft stand adalah 64.677,72 m² dengan jenis perkerasan kaku (rigid pavement) sesuai dengan jenis perkerasan pada apron existing.
- 3) Sesuai hasil perhitungan yang diperoleh, tebal perkerasan apron rencana adalah 77,47 cm, terdiri dari tebal surface 52,07 cm dan tebal subbase 25,4 cm.

3.1 Saran

Berdasarkan kesimpulan diatas, dapat dikemukakan saran sebagai berikut:

- 1) Melakukan perluasan apron dengan mempertimbangkan ketersediaan lahan yang ada dan pergerakan pesawat udara yang beroperasi.
- 2) Melakukan penambahan kapasitas jumlah aircraft stand agar tidak terjadi lagi antrian pesawat udara yang hendak masuk area apron dan mobilisasi dapat berjalan dengan baik.
- 3) Dalam menghitung tebal perkerasan apron rencana selain menggunakan metode perhitungan secara manual, disarankan juga untuk menggunakan metode FAARFIELD (software) agar hasil yang diperoleh memiliki nilai yang lebih akurat dan tepat

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Federal Aviation Administration. AC No: 150/5320/6E Airport Pavement and Design Evaluation.
- [2] Federal Aviation Administration. AC No: 150/5320/6F Airport Pavement and Design Evaluation. FAARFIELD 1.42 Standard Thickness Design Software.
- [3] International Air Transport Association, Airport Development Reference Manual, ninth edition, 2004
- [4] International Civil Aviation Organization, Annex 14, Aerodromes, Sixth Edition, Montreal : July 2013.
- [5] International Civil Aviation Organization, 9157- AN/901 Aerodrome Design Manual Part 2 Taxiway, Apron and Holding Bay, Fourth Edition, 2005
- [6] International Civil Aviation Organization, 9157-AN/901 Pavement, Second Edition, 1983.
- [7] International Civil Aviation Organization, 9184 –AN/902 Airport Planning Manual Part 1 Master Planning, Second Edition, 1987.
- [8] KP 362 Tahun 2019 Standar Teknis dan Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139 (Manual of

Standard Casr – Part 139) Volume I Bandar Udara (Aerodrome).

- [9] PM 83 Tahun 2017 Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139 (Civil Aviation Safety Regulation Part 139) Tentang Bandar Udara (Aerodrome)