

PERENCANAAN PERLUASAN APRON MENGGUNAKAN PERKERASAN RIGID DI BANDAR UDARA HANG NADIM - BATAM

Ridwan Malik Hanggono⁽¹⁾, Sukamto., A.Ma., SE⁽²⁾, Luky Surachman⁽³⁾

Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia Curug - Tangerang

ABSTRAK

Ridwan Malik Hanggono, "PERENCANAAN PERLUASAN APRON MENGGUNAKAN PERKERASAN RIGID DI BANDAR UDARA HANG NADIM BATAM" Tugas Akhir, Program Studi Teknik Bangunan dan Landasan Angkatan Ke-7, Jurusan Teknik Penerbangan, Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia, Agustus 2017. Bandar Udara Hang Nadim Batam merupakan Bandar Udara kelas I utama yang terletak di Kelurahan Batu Besar, Kecamatan Nongsa, Pulau Batam, Propinsi Kepulauan Riau dan mempunyai fungsi memberikan penyediaan jasa pelayanan transportasi udara. Sehingga dituntut untuk memberikan pelayanan yang baik dan kelancaran operasi penerbangan.

Dengan tingginya pergerakan pesawat udara pada waktu jam puncak di Bandar udara Hang Nadim Batam maka dikhawatirkan terjadi waktu tunggu antar pesawat udara yang akan mendarat dikarenakan kurangnya penyediaan kapasitas *apron*. Demi menunjang kelancaran maka perlu adanya perluasan *apron* untuk dapat menampung seluruh pergerakan pesawat udara pada waktu jam puncak. Oleh karena itu tugas akhir ini disusun guna menyampaikan bagaimana merencanakan perluasan dan tebal perkerasan *apron* yang standar dengan mengacu pada *Internasional Civil Aviation Organization (ICAO)*. Sesuai hasil perhitungan maka pengembangan dimensi *apron* yang direncanakan adalah 351,5 x 138,3 m untuk penambahan 8 *parking stand* dan juga diperoleh tebal perkerasan keseluruhan *apron* adalah 63 cm. ini termasuk tebal slab beton 37,6 cm dengan mutu beton K-400 dan tebal *subbase* 25,4 cm untuk *subgrade* dengan CBR 8%.

Kata Kunci :

Pergerakan pesawat udara pada jam puncak, perluasan *apron*, perkerasan Rigid.

ABSTRACT

Ridwan Malik Hanggono, "APRON EXPANSION PLANNING USING RIGID PAVEMENT AT HANG NADIM BATAM AIRPORT". **Indonesian civil aviation institute, Curug-Tangerang**. Hang Nadim Batam Airport is the premier first class airport located in Batu Besar, Nongsa, Pulau Batam, Kepulauan Riau and has function to serve transportation services. Those required to provide safe flight and operation services.

The high aircraft movement during peak hours in the Hang Nadim Batam Airport it is cause the occur waiting time between the aircraft will land due to less of *apron* capacity. For the sake of safety it is necessary to support the expansion of the *apron* to be able to accommodate all aircraft movement during peak hours. Therefore this final project made to explain how to plan the expansion and *apron* pavement thickness which suitable to the reference of International Civil Aviation Organisation (ICAO) related to the characteristic of the area Mutiara Sis Al-jufri Palu Airport.

According to the results of calculation, the dimension of the planned *apron* is 351,5 x 138,3 m suitable for addition of 8 *parking stand* and also total area *apron* pavement thickness is 63 cm. The thickness of concrete slab with concrete quality k-400 is 37,6 cm and 25,4 cm thick *subbase* for *subgrade* with CBR 8%.

Keywords:

peak hours aircraft movement, *apron* expansion, rigid pavement.

I. PENDAHULUAN

Bandar udara Hang Nadim Batam merupakan Bandar udara kelas I utama dan merupakan bandar udara embarkasi haji yang dikelola oleh BP BATAM. Bandar Udara Hang Nadim Batam memiliki fasilitas sisi udara, antara lain yaitu berupa *runway*, *taxiway* dan *apron*, dimana perkerasan *apron* eksisting dibagi menjadi dua jenis perkerasan yaitu perkerasan lentur (*flexible pavement*) dan perkerasan kaku (*rigid pavement*).

Pada saat ini di Bandar Udara Hang Nadim Batam tercatat 20 pergerakan pesawat udara pada waktu jam puncak yang didominasi oleh pesawat udara kelas 4C dan diprediksi akan terus bertambah setiap tahunnya. Kondisi *apron* Bandar Udara Hang Nadim Batam saat ini memiliki 10 *aircraft stand* untuk pesawat udara kelas 4C dan 3 *aircraft stand* untuk pesawat udara kelas 3C, dimana *apron* seharusnya didesain untuk dapat mengakomodir pesawat udara yang telah mendarat sebagai tempat untuk menaikkan dan menurunkan penumpang, muatan pos dan kargo dari pesawat udara, pengisian bahan bakar, parkir, dan perawatan pesawat udara.

Dengan kondisi tersebut berakibat terjadinya waktu tunggu antar pesawat yang baru mendarat di *taxiway* yang berpengaruh terhadap aktifitas penerbangan. Sehingga Bandara Udara Hang Nadim Batam mengalami kerugian akibat terganggunya aktifitas penerbangan yang diakibatkan oleh kurangnya jumlah *aircraft stand*.

II. LANDASAN TEORI

1. Bandar Udara

Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor : KM 11 TAHUN 2010 Bandar Udara adalah kawasan di daratan atau di 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.

2. *Apron* (Landas Parkir)

“A defined area, on a land aerodrome, intended to accommodate aircraft for purposes of loading or unloading passengers, mail or cargo, fuelling, parking or maintenance”¹. Berdasarkan uraian tersebut dapat dipahami bahwa: *apron* sebagai tempat yang telah ditentukan untuk menempatkan pesawat udara guna menurunkan dan menaikkan penumpang; surat atau kargo; pengisian bahan bakar; parkir atau perawatan pesawat udara.

3. Konsep *Apron*

Apron (Terminal) Concept merupakan konsep atau bentuk *apron/terminal* di bandar udara. Pengoperasian *apron* sangat erat kaitannya dengan pengoperasian terminal. Menurut Keputusan Direktorat Jenderal Perhubungan Udara No. SKEP/77/VI/2005 Tentang Persyaratan Teknis Pengoperasian Fasilitas Teknik Bandar Udara, *apron* merupakan bagian bandar udara yang melayani terminal sehingga harus dirancang sesuai dengan kebutuhan dan karakteristik terminal.

Lebih lanjut dalam *Aerodrome Design Manual Part 2 (Doc 9157- AN/901) - Taxiways, Aprons and Holding Bays* terdapat beberapa jenis *apron*, yaitu :

- a) *Simple Concept*
- b) *Linear Concept*
- c) *Pier / Finger Concept*.
- d) *Satellite Concept*
- e) *Transporter Concept*
- f) *Hybrid Concept*

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 Jenderal Perhubungan Udara Nomor: SKEP/100/1985 tanggal 12 November 1985 pada Bab VI bagian ke empat pasal 44, tentang “Pemarkiran Pesawat Udara”

Adapun tipe konfigurasi yang di standarkan oleh ICAO diatur dalam *Document 9184 – AN/902 Airport Planning Manual Part I Master Planning edisi kedua tahun 1987 Chapter 7.2.3*, Mengenai Konfigurasi Pesawat

¹Annex 14 “ Aerodromes “ 6th edition, July 2013,chapter 1

udara seperti pada gambar diatas , dijelaskan bahwa konfigurasi pesawat udara dibedakan menjadi 4, yaitu *Angle Nose-In*, *Nose – in*, *Angle nose –out*, *parallel*.

- a) *Angle Nose-In*
- b) *Nose – in*
- c) *Angle nose –out*
- d) *Pararell*

5. Metode Peramalan Pergerakan Pesawat Udara

Metode yang dipakai dalam peramalan pergerakan pesawat udara adalah dengan menggunakan analisis regresi. Analisis regresi digunakan untuk mengetahui besarnya pengaruh satu variabel bebas atau lebih terhadap satu variabel tidak bebas. Jadi nilai Y dipengaruhi dan ditentukan oleh nilai X, namun tidak berlaku sebaliknya. Berikut bentuk umum persamaan regresi linier :

$$Y_i = a + bX_i ; \quad i = 1,2,3, \dots N$$

Dimana :

Y = Variable terikat (*dependent variable*).

X = Variable tidak terikat (*Independent variable*).

a,b = Parameter regresi.

N = Banyaknya pengamatan.

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*).

$$a = \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n\sum x^2 - (\sum x)^2}$$

Atau dapat

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

disederhanakan menjadi :

Dan b dapat dicari dengan :

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

Untuk menentukan *peak month movement* (volume pergerakan pesawat udara tersibuk), adalah dengan cara mencari nilai *peak month ratio*. Pada perumusan (pignataro, 1973) dalam jurnal "Arif susetyo. (2012). "Studi dan Perencanaan Penambahan Runway di Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya"ITS. Hlm 5. *peak month ratio* dirumuskan sebagai berikut:

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

Dimana :

$R \text{ month} = \text{peak month ratio}$.

$N \text{ month}$ = jumlah pergerakan pesawat udara dalam 1 bulan.

$N \text{ year}$ = jumlah pergerakan pesawat udara dalam 1 tahun.

Dari nilai *peak month ratio*, maka akan didapat nilai *peak month movement*

dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{peak hour ratio} = \frac{N \text{ Hour}}{N \text{ Day}}$$

Peak month movement = pergerakan pesawat udara dalam 1 tahun 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 :

$$\text{peak day ratio} = \frac{N \text{ Day}}{N \text{ Month}}$$

Dengan :

$N \text{ day}$ = jumlah pergerakan pesawat udara dalam 1 hari

$N \text{ month}$ = jumlah pergerakan pesawat udara bulan tersibuk.

Maka *peak day movement* dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\bar{y} = \frac{\sum y}{n} \quad \bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

Peak day movement = peak month movement x peak day ratio

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

Dengan :

N hour = jumlah pergerakan pesawat udara tersibuk dalam 1 jam

N day = jumlah pergerakan pesawat udara dalam 1 hari.

Maka, **peak hour movement = peak day movement x peak hour ratio.**

6. 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:

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

7. Perhitungan Kebutuhan Jumlah Parkir Pesawat Udara

Penentuan jumlah *aircraft stand* yang dibutuhkan tergantung pada pergerakan 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 :

$$S = \left(\frac{Ti}{60} \times Ni \right) + a$$

Dimana :

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

Ti = *Gate accupancy 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

8. Jarak Ruang Antar Ujung Sayap Pesawat Udara (*Wing Tip Clearance*)

Jarak ruang antar ujung sayap pesawat udara (*wing tip clearance*) yang menjadi standar ukuran dimuat dalam *Annex 14, Aerodrome, chapter 3.16.6, Sixth Edition, July 2013*, dengan rekomendasi bahwa :

- Penempatan pesawat udara harus dapat menampung pada tingkat maksimum
- 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

9. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

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

- 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.

Pemadatan yang dibutuhkan untuk perkerasan *rigid* tidaklah seketat dan serumit pada perkerasan *flexible*.

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

- a) P-304 Cement treated base course
- b) P-306 Econocrete subbase course
- c) P-401 Plant mix bituminous pavements

c). Beton

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

Adapun keuntungan dan kekurangan menggunakan perkerasan *Rigid* sebagai berikut :

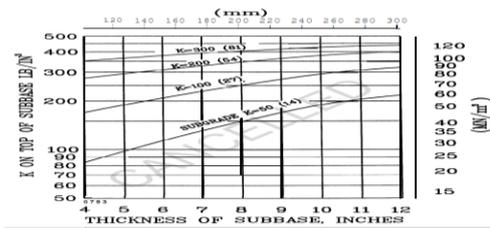
- 1) Keuntungan menggunakan perkerasan *Rigid* :
 - Struktur perkerasan lebih tipis.
 - Konstruksi dan pengendalian mutu yang lebih mudah
 - Biaya pemeliharaan lebih rendah
 - Pembuatan campuran yang lebih mudah
- 2) Kerugian menggunakan perkerasan *Rigid* :

Tebal Slab	Diameter	Panjang	Jarak
6-7 in.	¾ in.	18 in.	12 in.
8-12 in.	1 in.	19 in.	12 in.
13-16 in.	1¼ in.	20 in.	15 in.
17-20 in.	1½ in.	20 in.	18 in.
21-24 in.	2 in.	24 in.	18 in.

- Biaya lebih tinggi untuk jalan dengan lalu lintas rendah.
- Rentan terhadap retak jika dikonstruksi diatas tanah dasar lunak.
- Umumnya memiliki kenyamanan berkendara yang lebih rendah.

Faktor-faktor yang mempengaruhi ketebalan perkerasan *rigid* antara lain:

- a) Lalu Lintas Pesawat
- b) Ramalan lalu lintas disusun dalam tabel pesawat yang berbeda-beda dengan



bermacam-macam berat dan tipe roda pendaratan yang berlainan

- c) Kekuatan subgrade atau kombinasi subbase – subgrade.

10. Tebal Perkerasan²

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:

- a. Harga k dari Subgrade³

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

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

- b. Nilai k Subbase⁴

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:

- c. Kuat Bengkok (*Flexural Strength*)⁵

Pengalaman 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 Ir. Heru Basuki (1986) *Merancang, Merencanakan Lapangan Terbang* hal.357

³ FAA AC-150/5320/6E, *Airport Pavement Design and Evaluation*

⁴ RSNI Standar Perencanaan Perkerasan Kaku Sisi Udara Bandar Udara

⁵ Ir. Heru Basuki (1986) *Merancang, Merencanakan Lapangan Terbang* hal.343

d. 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.

e. Equivalent Annual Departure⁶

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* (R_1), digunakan persamaan:

$$\log R_1 = \log R_2 \times \left(\frac{W_2}{W_1}\right)^{0.5}$$

$$R_1 = 10^{\log R_2 \times \left(\frac{W_2}{W_1}\right)^{0.5}}$$

Dimana :

R_1 : *Equivalent Annual Departure*

R_2 : *Annual Departure* yang dikonversikan

W_2 : *Wheel Load* masing masing pesawat udara

W_1 : *Wheel Load* pesawat rencana (terbersar)

- 1) Faktor konversi roda pendaratan⁷
- 2) Formula W_2 Dan R_2

Berikut akan dijelaskan perhitungan mencari W_2 dan R_2 , dimana W_2 sendiri adalah beban roda pesawat udara yang ditanyakan dan R_2 adalah keberangkatan tahunan pesawat udara dinyatakan dalam roda pendaratan pesawat udara rencana

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

$$R_2 =$$

Forecast Annual Departure x F. Konfersi Roda

11.Perhitungan Nilai Daya Dukung Perkerasan (*Pavement Classification Number*)

Rumus menghitung PCN untuk perkerasan rigid sebagai berikut:

⁶ ICAO Aerodrome design manual Doc.9157-AN/901 part 3 pavements.

⁷ FAA AC-150/5320/6E, *Airport Pavement Design and Evaluation*, hal. 34

$$RSI = \frac{Te^2}{1000} \times \frac{1}{6,12} \times \frac{1}{(4,231 - 5,103 \times \log(\frac{CBR}{0,6})) + 2,426 \times (\log(\frac{CBR}{0,6}))^2 - 0,473 \times (\log(\frac{CBR}{0,6}))^3)^2} \times 1,8$$

Te : Tebal ekivalen

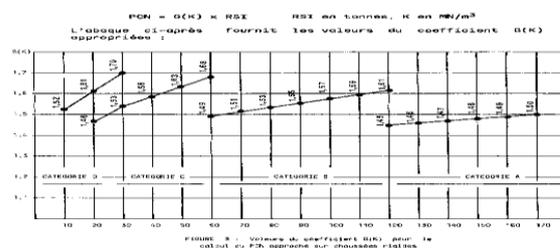
RSI: *Standard wheel load*

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

12. Sambungan Konstruksi Beton

a. 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:

b. Sambungan Pelat Beton

Menurut AC 150/5320-6E *Airport Pavement*

Design and Evaluation terdapat beberapa jenis sambungan perkerasan rigid yaitu:

1) Sambungan Muai

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

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.

3) Sambungan Konstruksi

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

III. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis menggunakan metode deskriptif analisis. Metode deskriptif analisis adalah penelitian yang dimaksudkan untuk

mengumpulkan informasi mengenai status – status suatu gejala yang ada, yaitu keadaan gejala menurut apa adanya saat penelitian dilakukan. Penelitian deskriptif analisis juga merupakan gambaran yang sistematis, aktual dan akurat mengenai fakta – fakta serta ciri khas tertentu yang terdapat dalam objek penelitian. Dengan kata lain peneliti dapat mendeskripsikan suatu gejala, peristiwa, kejadian yang terjadi pada saat sekarang sesuai temuan dilapangan. Metode penelitian deskriptif analisis selain berupaya menggambarkan kejadian sesungguhnya di lapangan, juga merumuskan masalah, mengumpulkan data, menganalisis data untuk menjawab masalah, merumuskan kesimpulan serta menyusun laporan penelitian

IV. PEMBAHASAN

1. Perhitungan Wheel Load Pesawat Udara Kritis

Berdasarkan data pesawat udara dapat di tentukan pesawat udara kritis di Bandar Udara Hang Nadim Batam. Contoh perhitungan pesawat kritis adalah sebagai berikut :

X	X ²	Tahun	Pergerakan Pesawat B.747-400 (Y)	XY	Y ²
1	1	2011	46	46	2116
2	4	2012	45	90	2025
3	9	2013	37	111	1369
4	16	2014	36	144	1296
5	25	2015	40	200	1600
TOTAL			204	591	8406

$$\begin{aligned} & \text{Pesud kritis} \\ & = \frac{1}{\text{jumlah roda pendaratan}} \times \text{MTOW} \times 0,95 \\ & \text{Boeing 747 - 400} = \frac{1}{16} \times 397.801 \times 0,95 \\ & = 23.619,43 \end{aligned}$$

Jenis Pesawat Udara	Gear Type	Jumlah Roda Utama	Max Take-Off Weight (kg)	Wheel Load (kg)
B737-900ER	Dual Wheel	4	85.366	20.274,4
B737-800NG	Dual Wheel	4	79.242	18.820,0
B737-500	Dual Wheel	4	60.781	14.435,5

A320-200	Dual Wheel	4	75.500	17.931,3
ATR72-600	Dual Wheel	4	22.800	5.415,0

Berdasarkan perhitungan diatas, maka didapat *wheel load* pesawat udara kritis di Bandar Udara Hang Nadim Batam adalah **Boeing 747-400**.

2. Perhitungan Parameter Regresi.

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

$$\begin{aligned} b & = \frac{(5 \times 563797) - (15 \times 176897)}{(5 \times 55) - (15)^2} \\ & = \frac{165530}{50} = \mathbf{3.310,6} \end{aligned}$$

$$\bar{y} = \frac{176.897}{5} = 35379,4 \quad x = \frac{15}{5} = 3$$

$$a = 35379,4 - 3310,6 \times 3$$

$$= \mathbf{25.447,6}$$

b. *Peak Month Ratio*.

Perhitungan *peak month ratio* berdasarkan data bulanan pergerakan pesawat udara bulan Januari tahun 2014

$$\begin{aligned} R \text{ Month} & = \frac{N \text{ month}}{N \text{ year}} \\ & = \frac{4113}{41078} = \mathbf{0,1001} \end{aligned}$$

c. *Peak Day Ratio*

Perhitungan *peak day ratio*, berdasarkan data pergerakan pesawat udara bulan tersibuk dan pergerakan pesawat udara harian tersibuk.

$$\text{peak day ratio} = \frac{N \text{ day}}{N \text{ month}} = \frac{136}{4113} = \mathbf{0,033}$$

d. *Peak Hour Ratio*

Perhitungan *peak hour ratio*, berdasarkan data pergerakan pesawat udara per jam tersibuk.

$$\text{peak hour ratio} = \frac{N \text{ hour}}{N \text{ day}} = \frac{20}{136} = \mathbf{0,147}$$

e. Perhitungan Parameter Regresi *Annual Departure* Pesawat Udara Kritis

Berikut perhitungan parameter regresi dalam merencanakan *annual departure* pesawat

udara kritis untuk pesawat udara boeing 747-400 tahun 2011-2015.

$$b = \frac{(5 \times 591) - (15 \times 204)}{(5 \times 55) - (15)^2} = -2,1$$

$$\bar{y} = \frac{204}{5} = 40,8 \quad x = \frac{15}{5} = 3$$

$$a = 40,8 - (-2,1 \times 3) = 47,1$$

Hasil perhitungan parameter regresi pesawat udara kritis tahun 2011-2015 adalah sebagai berikut :

3. Daya Dukung (CBR) Tanah Dasar.

Berdasarkan hasil tes daya dukung tanah dasar (CBR *subgrade*) (lampiran 4), maka di dapat nilai rata-rata CBR tanah asli yaitu sebesar 10,2%. Nilai CBR tersebut memenuhi kategori *subgrade medium* yang disyaratkan dalam KP 93 tahun 2015, tentang pedoman teknis operasional peraturan keselamatan penerbangan sipil bagian 139-24, pedoman perhitungan PCN perkerasan prasarana bandar udara. Yaitu interval nilai CBR *subgrade* kategori *medium* sebesar $8\% < CBR < 13\%$, sehingga ditetapkan nilai CBR terkecil bedasarkan interval tersebut sebesar **8%**. Untuk mencapai nilai CBR tanah dasar minimal 8% dilakukan perbaikan tanah eksisting yang memiliki nilai CBR tanah dasar kurang dari 8%.

4. Peramalan Pergerakan Pesawat Udara 5 Tahun.

Dari hasil perhitungan pergerakan tahunan pesawat udara, didapat nilai parameter regresi, $a = 25447,6$ dan $b = 3310,6$, maka dapat peramalan pergerakan pesawat udara sebagai berikut :

$$Y = 25447,6 + (3310,6 \times 6) = 45311,2$$

Untuk hasil selanjutnya terdapat dalam tabel berikut:

Tahun	a	b	X	Prediksi Pergerakan Pesawat Udara (Y = a + bx)
2016	25447,6	3310,6	6	45311,2
2017	25447,6	3310,6	7	48621,8
2018	25447,6	3310,6	8	51932,4
2019	25447,6	3310,6	9	55242,4
2020	25447,6	3310,6	10	58553,6

a. Peak Month Movement Rencana.

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

$$\text{Peak month movement} = 58.553,6 \times 0,1001 = \mathbf{5.861,21536}$$

b. Peak Day Movement Rencana

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

$$\text{Peak day movement} = 5.861,21536 \times 0,033$$

Jenis Pesawat Udara	Parameter Regresi	
	a	b
Boeing 737-500	-249,2	213,2
Boeing 737-800 NG	-1092,8	1.777,8
Boeing 737-900 ER	214,7	49,9
Boeing 747-400	47,1	-2,1
ATR 72-600	1123,7	132,1
Airbus 320	-788,2	1230,6

$$= \mathbf{193,42010688}$$

c. Peak Hour Movement Rencana

Berdasarkan nilai *peak hour ratio*, maka didapat nilai *peak hour movement* rencana (tahun 2020), sebagai berikut :

$$\text{Peak hour movement} = 193.42010688 \times 0,147 = \mathbf{28,43275571136} = \mathbf{29}$$
 (pembulatan)

Jadi, pada tahun 2020 terdapat 29 pergerakan pesawat udara dalam 1 jam.

5. Peramalan Pergerakan Pesawat Udara Kritis 5 Tahun.

Berdasarkan perhitungan parameter regresi, dapat direncanakan *annual departure* tahun rencana sebagai berikut :

Contoh perhitungan rencana *annual departure* tahun 2016.

$$Y = 47,1 + (-2,1 \times 6) = 34,5$$

Untuk perhitungan tahun selanjutnya terdapat dalam tabel berikut.

6. Perhitungan *Equivalen Annual Departure* Tahun Rencana

Tahun	a	b	X	Prediksi Pergerakan pesawat udara (Y = a + bx)
2016	47,1	-2,1	6	34,5 123
2017	47,1	-2,1	7	32,4
2018	47,1	-2,1	8	30,3
2019	47,1	-2,1	9	28,2
2020	47,1	-2,1	10	26,1

Berdasarkan data pesawat udara, hasil analisis pesawat udara kritis, konversi roda pendaratan, serta hasil perhitungan *annual departure* tahun rencana maka dapat dihitung *equivalen annual departure* tahun rencana, untuk menentukan tebal perkerasan konstruksi *apron* yang direncanakan.

Contoh perhitungan *equivalen annual departure*.

Jenis pesawat udara	Equivalen annual departure
Boeing 737-400	26,1
Boeing 737-900 ER	1.352,22
Boeing 737-800 NG	3.723,73
Boeing 747-500	243,62
Airbus 320	2.215,01
ATR 72	32,82
Total	7.573,51

Sebelumnya telah diketahui bahwa pesawat rencana adalah boeing 747-400, maka semua roda pendaratan pesawat udara dikonversi ke roda pendaratan B.747-400.

$$R2 = \text{faktor konversi roda} \times \text{annual dep. pswt udara rencana}$$

$$= 1 \times 26,1 = 26,1$$

$$W2 = \frac{1}{\text{jmlh roda pendaratan}} \times \text{MTOW} \times 95\%$$

$$= \frac{1}{16} \times 397.801 \times 0,95 = 23.619,43$$

$$W1 = W2 \text{ pesawat kritis rencana (B. 747 - 400)}$$

$$R1 = \text{anti log}(\log(26,1) \times (\frac{23.619,43}{23.619,43})^{0,5})$$

$$= 26,1$$

Total perhitungan *annual departure* tahun rencana adalah sebagai berikut :

7. Perhitungan Jumlah Aircraft Stand Tahun 2020

Dalam menentukan jumlah *Aircraft stand* yang dibutuhkan suatu bandar udara dapat menggunakan rumus :

$$S = \left(\frac{Ti}{60} \times Ni\right) + a$$

Dimana :

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

Ti= *Gate accupancy 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

Class Of Aircraft	Gates Occupancy Time
3C	30
4C	40

Berikut adalah perhitungan kebutuhan

parking stand :

$$Ti = \frac{30+40}{2} = 35$$

$$S = \left(\frac{Ti}{60} \times Ni\right) + a$$

$$= \left(\frac{35}{60} \times 29\right) + 1$$

$$= 17,9167 = 18$$

Berdasarkan hasil tersebut dilakukan penambahan 8 aircraft stand untuk pesawat kelas 4C, dengan asumsi dimana pergerakan pesawat kelas 4C mendominasi jumlah pergerakan.

8. Perhitungan Dimensi Apron

Perhitungan kebutuhan panjang *apron* disesuaikan dengan penambahan jumlah aircraft stand sebanyak 8 buah untuk kelas pesawat 4C dan dapat digunakan untuk kelas pesawat 4E sebanyak 4 buah pesawat udara. Perhitungan kebutuhan panjang *apron* menggunakan rumus berdasarkan *Aerodrome Design Manual Part 2 Taxiway, Apron and Holding Bay*.

Untuk pesawat kategori 4C :

$$\text{Rentang sayap/Wing span (W)} = 35,7 \text{ m} = 36 \text{ m}$$

$$\text{Clearence Wing span dengan objek taxi line} = 26 \text{ m}$$

$$\text{Jarak Ruang Antar Ujung Sayap Pesawat Udara} = 4,5 \text{ m}$$

$$\text{Clearence wing span pesawat dengan batas tepi apron} = 10 \text{ m}$$

Untuk pesawat kategori 4E :

$$\text{Rentang sayap/Wing span (W)} = 64,92 \text{ m} = 65 \text{ m}$$

Clearance Wing span dengan objek taxi line = 47,5 m

Jarak Ruang Antar Ujung Sayap Pesawat Udara = 7,5m

Clearance wing span pesawat dengan batas tepi apron = 10 m

Perhitungan dimensi apron sebagai berikut:

Dimensi apron saat ini = 690,5 m x 138,3 m

Lebar dimensi apron rencana:

$$l = (7,5 \times (\text{wing span B.737 900-ER})) + (0,5 \times (\text{wingspan B 747 400}) + (7 \times \text{Jarak Ruang Antar Ujung Sayap Pesawat Udara kelas 4C}) + \text{Jarak ruang antar ujung sayap pesawat dengan tepi apron} + \text{Jarak Ruang Antar Ujung Sayap Pesawat Udara kelas 4E})$$

$$= 690,5 + (7,5 \times (36)) + (0,5 \times 65) + (7 \times 4,5) + 10 + 7,5$$

$$= 351,5 \text{ m}$$

Luas dimensi apron yang direncanakan:

$$L = 351,5 \times 138,3 \text{ m}$$

$$= 48.612,45 \text{ m}^2$$

Untuk manuever pesawat udara pada waktu datang dan meninggalkan apron maka digunakan clearance antar ekor pesawat udara dengan wingspan sesuai standar ADRM (*Airport Development Referance Manual*) dengan jarak 47,5 m

9. Perencanaan tebal perkerasan apron

a. Subgrade

pada perencanaan konstruksi ini ditentukan nilai CBR 8% maka nilai CBR tersebut akan dikonversikan menjadi nilai modulus reaksi tanah dasar,

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

$$k = \left[\frac{1500 \times 8}{26} \right]^{0,7788}$$

$$k = 118,8 \text{ pci}$$

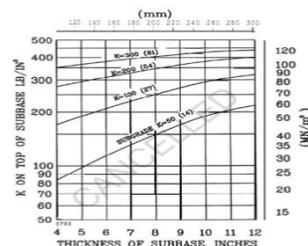
b. Subbase

Tujuan penempatan lapisan pondasi bawah dibawah slab beton adalah untuk meningkatkan nilai modulus k. Tebal minimum lapisan ini adalah 10,2 cm.

Dengan modulus $K_{\text{tanah dasar}} = 118,8 \text{ pci}$ maka maka didapatkan nilai k lapisan subbase menggunakan pembacaan grafik di bawah ini:

1) Beban rencana = 877.000 lbs

- 2) k subgrade = 118,8 pci
- 3) Flexural strength = 700 psi
- 4) Tebal subbase rencana = 10 inch



Untuk mendapatkan nilai modulus K pada lapisan subbase yaitu dengan menempatkan tebal lapisan rencana (11 inch), kemudian ditarik garis vertikal ke atas hingga bertemu kurva modulus k subgrade (118,8 pci), lalu ditarik garis horizontal ke kiri untuk mengetahui nilai K pada lapisan subbase. Dari hasil plotting gambar di atas didapatkan nilai modulus K pada lapisan subbase yaitu (325 lb/inch³).

c. Slab Beton

Keterangan :

- > : Contoh penarikan garis
- : Garis sesuai hasil perhitungan

Berdasarkan gambar di atas dapat diketahui tebal plat beton dengan menggunakan gambar kurva rencana perkerasan rigid untuk tipe roda double dual tandem wheel. Dengan menempatkan nilai flexural strength (700 psi) dan ditarik garis horizontal ke kanan sampai bertemu dengan

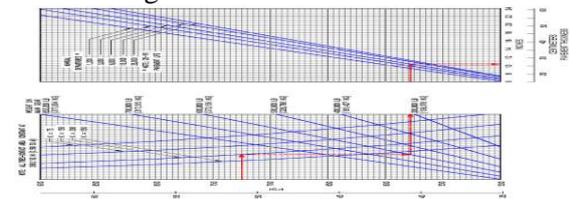
nilai k subgrade = 325 pci, beban pesawat udara = 397,801 lbs, dan annual departure 7.573,51 , maka tebal plat beton yang didapatkan adalah 14,5 inch = 36,8 cm.

Tebal ekivalen untuk perencanaan perkerasan rigid yaitu :

No	Jenis Pesawat	Nilai ACN	PCN Tersedia	Keterangan
1	B737-900ER	52	76	Mampu
2	B737-800NG	52	76	Mampu
3	B737-500	Lapisan 39	76	Mampu
4	B747-400	Subbase 39	76	Mampu
5	A320	Subbase course	76	Mampu
6	ATR72-600	Total 14	76	Mampu

d. Peletakan Dowel

Dengan hasil perhitungan yang telah didapatkan dari hasil Pembebanan pesawat udara maka didapat tebal slab beton 36,8 cm. Sesuai dengan FAA AC-150/5320/6E dalam



penggunaan dowel yang direncanakan pada tebal slab beton sesuai tabel berikut:

Tebal Slab	Diameter	Panjang	Jarak
6-7 in	¾ in	18 in	12 in
8-12 in	1 in	19 in	12 in
13-16 in	1¼ in	20 in	15 in
17-20 in	1½ in	20 in	18 in
21-24 in	2 in	24 in	18 in

d. Perhitungan Nilai Daya Dukung Perkerasan (PCN)

Tebal ekuivalen dari hasil perencanaan tebal perkerasan adalah 64,7cm, lalu setelah diketahui hasil perhitungan tebal perkerasan harus dihitung nilai PCN untuk mengetahui nilai kekuatan daya dukung perkerasan tersebut.

Diketahui CBR rencana= 8%

Tebal ekuivalen= 64,7 cm

$$RSI = \frac{Te^2}{1000}$$

$$x \frac{6,12}{(4,231 - 5,013x \log\left(\frac{CBR}{0,6}\right) + 2,426x \left(\log\left(\frac{CBR}{0,6}\right)\right)^2 - 0,473x \left(\log\left(\frac{CBR}{0,6}\right)\right)^3)^{1,8}}$$

$$RSI = \frac{64,7^2}{1000}$$

$$x \frac{6,12}{(4,231 - 5,013x \log\left(\frac{8}{0,6}\right) + 2,426x \left(\log\left(\frac{8}{0,6}\right)\right)^2 - 0,473x \left(\log\left(\frac{8}{0,6}\right)\right)^3)^{1,8}}$$

$$RSI = 4,186 \times 6,264 \times 1,8$$

$$RSI = 47,2$$

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

$$PCN = 1,6076 \times 47,2$$

$$PCN = 75,88$$

Hasil PCN yang didapat adalah 76.

e. Sambungan Perkerasan

Dengan tebal perkerasan rencana yang didapat, maka terdapat sambungan perkerasan antara perkerasan eksisting (*flexible*) dengan

perkerasan rigid, dan antara perkerasan rigid. Sesuai dengan teori yang ada, maka pada perencanaan ini menggunakan beberapa tipe sambungan perkerasan.

V. KESIMPULAN dan SARAN

1. Kesimpulan

Berdasarkan analisa dan perhitungan maka dapat disimpulkan hasil sebagai berikut:

1. Perhitungan pergerakan pesawat pada tahun rencana (2020) adalah 58.554. pergerakan pesawat. Setelah didapatkan hasil perhitungan pergerakan pesawat pada tahun rencana, maka dapat dilakukan perhitungan peramalan pergerakan pesawat tahun rencana (2020) dengan hasil :

- Peak month movement* : 5.861,22 ≈ 5.862 pembulatan
- Peak day movement* : 193,42 ≈ 194 pembulatan
- Peak hour movement* : 28,43 ≈ 29 pembulatan

2. Dari hasil perhitungan peramalan pergerakan pesawat tahun rencana (2020), *aircraft stand* yang dibutuhkan sebanyak 18 *aircraft stand*.

3. Dikarenakan kurangnya *aircraft stand* eksisting, maka direncanakan perluasan *apron* untuk mencukupi kebutuhan kapasitas *apron*. Dimana perhitungan dimensi *apron* berdasarkan ICAO Doc 9157-AN/901 *Aerodrome Design Manual Part 2 Taxiway, Apron and Holding Bay, Fourth Edition, 2005* Bandar Udara Hang Nadim Batam diperluas sebesar 351,5 x 138,3 m dengan mengarah ke sisi kanan *apron* eksisting dengan posisi hidung pesawat mengarah ke bangunan terminal. (*nose-in*)

4. Lapisan yang digunakan adalah lapisan perkerasan kaku. Dengan tebal *surface* 36,8 cm, tebal *subbase course* 27,9 cm, dan tebal total sebesar 64,7 cm.

5. Nilai PCN (*pavement clasification number*) perkerasan yang direncanakan adalah 76.

6. Dalam penyambungan pada konstruksi perkerasan *Apron* di Bandar Udara Hang Nadim Batam dapat disimpulkan bahwa penyambungan yang digunakan adalah jenis sambungan konstruksi dengan menggunakan dowel yang berfungsi

untuk menyalurkan beban antar perkerasan.

tentang Persyaratan Teknis Pengoperasian Fasilitas Teknik Bandara.

2. Saran

Berdasarkan hasil kesimpulan, dapat dikemukakan saran sebagai berikut:

1. Dalam menghitung tebal perkerasan *apron* disarankan untuk menggunakan metode *software FAARFIELD* agar dapat dilakukan perhitungan dengan tepat dan akurat.
2. Dalam menentukan nilai daya dukung perkerasan *Apron* di Bandar Udara Hang Nadim Batam disarankan untuk dilakukan pengtesan nilai daya dukung perkerasan menggunakan alat HWD (*Heavy Weight Deflectometer*) agar didapat nilai daya dukung perkerasan yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

Basuki Heru Ir, *Merancang, Merencana Lapangan Terbang*, Alumni, Bandung: 1990.

Federal Aviation Administration. 2009. 150/5320/6E Airport Pavement and Design Evaluation.

Internasional Air Transport Association, Airport Development Reference Manual, ninth edition, 2004

Internasional Civil Aviation Organization, Annex 14, *Aerodromes*, Sixth Edition, Montreal : July 2013.

Internasional Civil Aviation Organization, 9157-AN/901 *Aerodrome Design Manual Part 2 Taxiway, Apron and Holding Bay*, Fourth Edition, 2005

Internasional Civil Aviation Organization, 9157-AN/901 *Pavement*, Second Edition, 1983.

International Civil Aviation Organization, 9184 –AN/902 Airport Planning Manual Part 1 Master Planning, Second Edition, 1987.

KP 39 Tahun 2015 Standar Teknis dan Operasi Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil – Bagian 139 (Manual Of Standard Casr – Part 139) Volume I Bandar Udara (Aerodromes).

Standar Nasional Indonesia, Standardisasi Pelaporan Daya Dukung Landas Pacu Bandar Udara.

Surat Keputusan Direktorat Jendral Perhubungan Udara No : SKEP77/VI/2005,