

PERENCANAAN PERLUASAN *APRON* MENGGUNAKAN KONSTRUKSI *RIGID* DI TERMINAL BARU BANDAR UDARA INTERNASIONAL AHMAD YANI SEMARANG

Danesia Raka Panduwinata⁽¹⁾, Sukamto⁽²⁾, Luky Surachman⁽³⁾

Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia Curug

ABSTRAK Bandar Udara Internasional Ahmad Yani Semarang berlokasi di bagian Barat Kota Semarang dan merupakan bandar udara yang dikelola oleh PT. Angkasa Pura 1 (Persero) yang melayani penerbangan domestik dan internasional. Dengan tingginya pergerakan pesawat udara pada waktu jam puncak 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 *International Civil Aviation Organization (ICAO)*. Sesuai hasil perhitungan maka pengembangan dimensi *apron* yang direncanakan adalah 820 x 131,5 m untuk penambahan 20 *parking stand* dan juga diperoleh tebal perkerasan keseluruhan *apron* adalah 64,8 cm. Termasuk tebal slab beton 39,4 cm dengan mutu beton K-400 dan tebal *subbase* 25,4 cm untuk *subgrade* dengan CBR 6%.

Kata Kunci : Pergerakan pesawat udara pada jam puncak, perluasan *apron*, perkerasan *rigid*

ABSTRACT *Ahmad Yani International Airport Semarang located in West side of Semarang and managed by PT. Angkasa Pura I (Persero) which serves domestic and international flights. With the high airplane movements during peak hours, it is feared that there will be a waiting time between airplanes that will be landing because of the lack of apron capacity. In order to support the smoothness, the apron necessary to be expanded to accommodate all aircraft movements during peak hours. Therefore, this final project made for present how to plan the expansion and standard pavement thickness of the apron in accordance with the International Civil Aviation Organization (ICAO). According to the result of the calculation, the development of the planned apron dimensions is 820 x 131,5 m for the addition of 20 parking stand and obtained the overall pavement thickness of the apron is 64.8 cm. Including 39.4cm of concrete slab thickness with K-400 concrete quality and subbase 25.4 cm to subgrade with CBR 6%.*

Keywords: *Movement of aircraft during peak hours, extended apron, Rigid pavement.*

I. PENDAHULUAN

Bandar Udara Internasional Ahmad Yani Semarang merupakan salah satu bandar udara internasional yang dikelola oleh PT. Angkasa Pura 1 (Persero), yang berfungsi sebagai pintu gerbang dan ujung tombak lalu lintas udara bagian utara Jawa Tengah, khususnya Semarang. Bandar udara ini melayani penerbangan domestik dan internasional.

Saat ini Bandar Udara Internasional Ahmad Yani Semarang memiliki *apron* dengan luas 72.522 m² dan hanya dapat menampung 21 buah pesawat udara dengan tipe pesawat udara kelas 4C dan 3C. Sedangkan jumlah pergerakan pesawat udara saat jam puncak adalah 35 pergerakan. Kondisi ini menyebabkan kapasitas *apron* kurang tercukupi, sehingga terjadi waktu tunggu antar pesawat udara yang baru mendarat di *taxiway*. Hal ini akan berpengaruh terhadap aktifitas penerbangan di Bandar Udara Internasional Ahmad Yani Semarang.

II. LANDASAN TEORI

1. Apron

Fasilitas sisi udara ini berfungsi untuk menaikkan dan menurunkan penumpang dan muatan, bahan bakar, parkir, dan persiapan pesawat udara sebelum melanjutkan penerbangan. Area ini terdiri dari tempat parkir pesawat udara (*aircraft gates, aircraft stands, atau ramps*) dan jalur khusus sirkulasi pesawat udara masuk/keluar dari tempat parkir (*taxilane*). Ukuran dan letak *gate* harus didesain sesuai karakter pesawat udara yang menggunakan *gate* tersebut. Beberapa karakteristik yang dimaksud seperti lebar sayap, panjang, dan radius belok pesawat udara serta keperluan kendaraan-kendaraan yang menyediakan perawatan untuk pesawat udara selama berada di *gate*.

2. 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) *Linier Concept*
- c) *Pier / Finger Concept*.
- d) *Satelite Concept*
- e) *Transporter Concept*
- f) *Hybrid Concept*

3. 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 udara seperti pada gambar diatas, dijelaskan bahwa konfigurasi pesawat udara dibedakan menjadi 4, yaitu :

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

4. Metode Peramalan Pergerakan Pesawat Udara

Metode yang dipakai dalam peramalan pergerakan pesawat udara adalah dengan menggunakan analisis regresi sederhana. Analisis regresi sederhana 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 sederhana :

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

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*).

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

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:

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

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

***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 :

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

Dengan :

N_{day} = jumlah pergerakan pesawat udara dalam 1 hari

N_{month} = jumlah pergerakan pesawat udara bulan tersibuk.

Maka *peak day movement* dapat dirumuskan sebagai berikut :

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.

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

5. 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:

$$Wheelload = 0,95 \times MTOW \times \frac{1}{jml\ roda\ pendaratan\ utama}$$

6. 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:

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

7. 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 |
| B | 3 |
| C | 4,5 |
| D | 7,5 |
| E&F | 7,5 |

8. Dimensi Apron

Ukuran yang harus dipenuhi apron untuk menampung pesawat udara. Hal yang mempengaruhi dimensi apron adalah tipe pesawat udara dan sistem parkir pesawat udara. Jadi untuk menentukan dimensi apron dapat dihitung dengan perumusan dibawah ini:

$$P = G \times 2R \times G \times C$$

$$L = L + C + W$$

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:

- a. Tanah Dasar (subgrade), Bahan-bahan subgrade di bawah perkerasan rigid harus dipadatkan agar didapat stabilitas yang memadai dan dukungan yang seragam. Pematatan dapat meningkatkan density, tentunya dengan moisture content yang tepat. Pematatan 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:
 - 1) P-304 Cement treated base course
 - 2) P-306 Econocrete subbase course
 - 3) 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 :
 - a) Struktur perkerasan lebih tipis.
 - b) Konstruksi dan pengendalian mutu yang lebih mudah
 - c) Biaya pemeliharaan lebih rendah
 - d) Pembuatan campuran yang lebih mudah
- 2) Kerugian menggunakan perkerasan Rigid :
 - a) Biaya lebih tinggi untuk jalan dengan lalu lintas rendah.
 - b) Rentan terhadap retak jika dikonstruksi diatas tanah dasar lunak.
 - c) Umumnya memiliki kenyamanan berkendara yang lebih rendah. Faktor-faktor yang mempengaruhi ketebalan perkerasan rigid antara lain: Lalu Lintas Pesawat, Ramalan lalu lintas disusun dalam tabel pesawat yang berbeda-beda dengan bermacam-macam berat dan tipe roda pendaratan yang berlainan dan kekuatan subgrade atau kombinasi subbase – subgrade

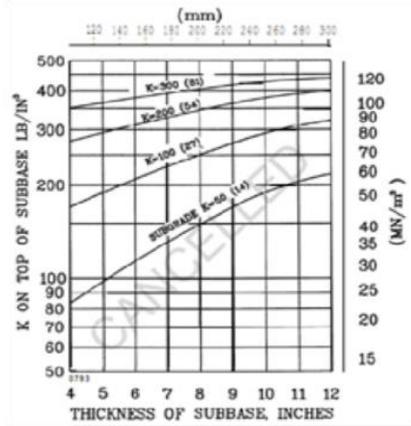
10. Tebal Perkerasan

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:

- a. Harga k dari Subgrade
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 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:



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

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

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

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

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

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

11. Perhitungan *Pavement Classification Number (PCN)*

Rumus menghitung PCN untuk perkerasan *rigid* sebagai berikut:

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

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

PCN = G(K) x RSI RSI en tonnes, K en MN/m²

L'abaque ci-après fournit les valeurs du coefficient G(K) appropriées :

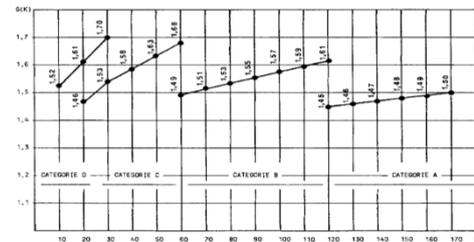


FIGURE 3 : Valeurs du coefficient G(K) pour le calcul du PCN approché sur chaussées rigides

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:

| 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. (54-61 cm) | 2 in. (50 mm) | 24 in. (61 cm) | 18 in. (46 cm) |

- b. **Sambungan Pelat Beton**, Menurut AC 150/5320-6E *Airport Pavement Design and Evaluation* terdapat beberapa jenis sambungan perkerasan *rigid* yaitu:

- 1) **Sambungan Muai**, adalah sambungan yang digunakan untuk memisahkan pelat beton yang berpotongan dan memisahkan struktur perkerasan.
- 2) **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**, adalah sambungan yang digunakan untuk menghubungkan 2 buah pelat yang dikerjakan pada saat yang tidak bersamaan.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penulisan tugas akhir ini digunakan metode deskriptif analisis. Menurut Nazir (1988: 63) dalam Buku *Contoh Metode Penelitian*, metode deskriptif merupakan suatu metode dalam meneliti status sekelompok manusia, suatu objek, suatu set kondisi, suatu sistem pemikiran ataupun suatu kelas peristiwa pada masa sekarang. Tujuan dari penelitian deskriptif ini adalah untuk membuat deskripsi, gambaran, atau lukisan secara sistematis, faktual dan akurat mengenai fakta-fakta, sifat-sifat serta hubungan antar fenomena yang diselidiki. Dengan kata lain penelitian deskriptif analisis mengambil masalah atau memusatkan perhatian kepada masalah-masalah sebagaimana adanya saat penelitian dilaksanakan. Hasil penelitian yang kemudian diolah dan dianalisis untuk diambil kesimpulannya.

IV. PEMBAHASAN

1. Perhitungan Wheel Load Pesawat Udara Kritis

Berdasarkan data pesawat udara dapat di tentukan pesawat udara kritis di Bandar Udara Internasional Ahmad Yani Semarang. Contoh perhitungan pesawat kritis adalah sebagai berikut :

$$\text{Pesawat udara kritis} = 0,95x \frac{1}{\text{jumlah roda pendaratan}} x \text{MTOW}$$

$$\text{Boeing 737 - 900 ER} = 0,95x \frac{1}{4} x 85.139 \text{ kg} = 20.220,56$$

| A/C | Gear Type | Jml Roda Utama | MTOW | | Wheel Load (kg) |
|---------------------|-----------|----------------|----------------|---------------|------------------|
| | | | lbs | kg | |
| B 737-900 ER | DW | 4 | 187.700 | 85.139 | 20.220,56 |
| B 737-800 NG | DW | 4 | 174.200 | 79.016 | 18.766,24 |
| B 737-500 | DW | 4 | 136.000 | 61.689 | 14.651,02 |
| B 737-400 | DW | 4 | 150.000 | 68.039 | 16.159,22 |
| A 320-200 | DW | 4 | 171.961 | 78.000 | 18.525,03 |
| ATR 72-600 | DW | 4 | 48.501 | 22.000 | 5.224,92 |
| CRJ 1000 | DW | 4 | 90.000 | 40.823 | 9.695,53 |
| Cessna 172 | SW | 2 | 2.650 | 1.202 | 570,96 |

Berdasarkan perhitungan diatas, maka didapat *wheel load* pesawat udara kritis di Bandar Udara Internasional Ahmad Yani Semarang adalah Boeing 737-900 ER.

2. Perhitungan Parameter Regresi.

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

$$b = \frac{(4x547.087) - (10x202.844)}{(4x30) - (10)^2}$$

$$= \frac{159.908}{20} = 7995,4$$

$$a = \frac{(202844)(30) - (10)(547087)}{(4)(30) - (10)^2}$$

$$= \frac{614450}{20} = 30772,5$$

b. *Peak Month Ratio*, Perhitungan *peak month ratio* berdasarkan data bulanan pergerakan pesawat udara bulan November tahun 2014.

$$R \text{ Month} = \frac{N \text{ month}}{N \text{ year}} = \frac{7096}{52393} = \mathbf{0,1354}$$

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

$$\text{peak day ratio} = \frac{N \text{ day}}{N \text{ month}} = \frac{232}{7096} = \mathbf{0,033}$$

d. *Peak Hour Ratio*, Perhitungan *peak hour ratio*, berdasarkan data pergerakan pesawat udara per jam tersibuk.

$$\text{peak hour ratio} = \frac{N \text{ hour}}{N \text{ day}} = \frac{35}{232} = \mathbf{0,15}$$

e. Perhitungan Parameter Regresi *Annual Departure* Pesawat Udara Kritis Berikut contoh perhitungan parameter regresi dalam merencanakan *annual departure* pesawat udara kritis untuk pesawat udara Boeing 737-900 ER tahun 2013-2016.

$$b = \frac{(4x55002) - (10x23402)}{(4x30) - (10)^2} = -700,6$$

$$a = \frac{(23402)(30) - (10)(55002)}{(4)(30) - (10)^2} = 7629$$

3. Peramalan Pergerakan Pesawat Udara 5 Tahun

Dari hasil perhitungan pergerakan tahunan pesawat udara, didapat nilai parameter regresi, a = 30772,5 dan b = 7995,4, maka dapat peramalan pergerakan pesawat udara sebagai berikut :

$$Y = 30772,5 + (7995,4x5) = 70749,5$$

Untuk hasil selanjutnya terdapat dalam tabel berikut:

| Tahun | a | b | X | Prediksi Pergerakan Pesawat Udara |
|-------|---------|--------|---|-----------------------------------|
| | | | | (Y = a + bx) |
| 2017 | 30772,5 | 7995,4 | 5 | 70749,5 |
| 2018 | 30772,5 | 7995,4 | 6 | 78744,9 |
| 2019 | 30772,5 | 7995,4 | 7 | 86740,3 |
| 2020 | 30772,5 | 7995,4 | 8 | 94735,7 |
| 2021 | 30772,5 | 7995,4 | 9 | 102731,1 |

a. *Peak Month Movement* Rencana.

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

$$\text{Peak month movement} = 102.731,1 \times 0,1354 = \mathbf{13.909,79094}$$

b. *Peak Day Movement* Rencana

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

$$\text{Peak day movement} = 13.909,79094 \times 0,033 = \mathbf{459,02310102}$$

c. *Peak Hour Movement* Rencana

d. Berdasarkan nilai *peak hour ratio*, maka didapat nilai *peak hour movement* rencana (tahun 2021), sebagai berikut :

$$\text{Peak hour movement} = 459,02310102 \times 0,15 = \mathbf{68,853465153} = \mathbf{69}$$
 (pembulatan)

Jadi, pada tahun 2021 terdapat 69 pergerakan pesawat udara dalam 1 jam.

4. Peramalan Pergerakan Pesawat Udara Kritis 5 Tahun

Contoh perhitungan rencana *annual departure* tahun 2017.

$$Y = 7629 + (-700,6 \times 5) = 4126$$

Untuk perhitungan tahun selanjutnya terdapat dalam tabel berikut :

| Tahun | a | b | X | Prediksi Pergerakan pesawat udara |
|-------|------|--------|---|-----------------------------------|
| | | | | Y = a + bx |
| 2017 | 7629 | -700,6 | 5 | 4126 |
| 2018 | 7629 | -700,6 | 6 | 3425,4 |
| 2019 | 7629 | -700,6 | 7 | 2724,8 |
| 2020 | 7629 | -700,6 | 8 | 2024,2 |
| 2021 | 7629 | -700,6 | 9 | 1323,6 |

5. Perhitungan *Equivalen Annual Departure* Tahun Rencana

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* :

Sebelumnya telah diketahui bahwa pesawat udara rencana adalah Boeing 737-900 ER, maka semua roda pendaratan pesawat udara dikonversi ke roda pendaratan pesawat udara Boeing 737-900 ER.

$$R2 = \text{faktor konversi roda} \times \text{ann. dep. pesud rencana} = 1 \times 1323,6 = 1323,6$$

$$W2 = 0,95 \times \frac{1}{\text{jumlah roda pendaratan}} \times MTOW = 0,95 \times \frac{1}{4} \times 85.139 \text{ kg} = 20.220,56$$

$$W1 = W2 \text{ pesawat kritis rencana (B. 737 - 900 ER)}$$

$$R1 = \text{anti log}(\log(4755) \times (\frac{20.220,56}{20.220,56})^{0,5}) = 4755$$

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

| A/C | Gear | MTOW (lbs) | Ann. Dept. | Wheel Load (W2) | Wheel Load Design (W1) | Equivalen Ann. Dept. (R1) |
|--------------|--------------|------------|------------|-----------------|------------------------|---------------------------|
| B 737-900 ER | Dual Wheel | 187.700 | 4755 | 44578,75 | 44578,75 | 4755 |
| B 737-800 NG | Dual Wheel | 174.200 | 9879 | 41372,5 | 44578,75 | 9517,106395 |
| B 737-500 | Dual Wheel | 136.000 | 2156 | 32.300 | 44578,75 | 1835,211299 |
| B 737-400 | Dual Wheel | 150.000 | 806 | 35.625 | 44578,75 | 720,5241388 |
| A 320-200 | Dual Wheel | 171.961 | 6270 | 40840,73 | 44578,75 | 6001,369208 |
| ATR 72-600 | Dual Wheel | 48.501 | 7508 | 11518,98 | 44578,75 | 3816,518156 |
| CRJ 1000 | Dual Wheel | 90.000 | 1458 | 21375 | 44578,75 | 1009,593724 |
| Cessna 172 | Single Wheel | 2.650 | 3741 | 1258,75 | 44578,75 | 502,9021516 |
| TOTAL | | | | | | 28158,22507 |

6. Perhitungan Jumlah *Aircraft Stand* Tahun 2021

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

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

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

Dari hasil peramalan jumlah pergerakan pesawat udara dengan menggunakan metode regresi didapatkan total pergerakan pesawat pada tahun rencana yaitu 69 pergerakan pada jam sibuk. Dan dengan perhitungan penentuan jumlah *parking stand* dengan asumsi α (jumlah

parkir pesawat udara sebagai cadangan adalah 1. Berikut adalah perhitungan kebutuhan *parking stand* :

$$\begin{aligned}
 T_i &= \frac{30+40}{60} = 35 \\
 S &= \left(\frac{T_i^2}{60} \times N_i \right) + a \\
 &= \left(\frac{35^2}{60} \times 69 \right) + 1 \\
 &= 41,25 = 41 \text{ (pembulatan)}
 \end{aligned}$$

Dari Perhitungan jumlah *aircraft stand* didapatkan jumlah kebutuhan *aircraft stand* yaitu sebanyak 41 buah. Saat ini Bandar Udara Internasional Ahmad Yani Semarang memiliki 8 buah *aircraft stand* existing dan 13 buah *aircraft stand* baru untuk pesawat udara kelas 4C. Jadi penambahan jumlah *aircraft stand* untuk 5 tahun mendatang adalah 20 buah untuk pesawat udara kelas 4C.

8. Perhitungan Dimensi Apron

Perhitungan kebutuhan panjang *apron* disesuaikan dengan penambahan jumlah *aircraft stand*. Perhitungan kebutuhan panjang *apron* menggunakan rumus berdasarkan *Aerodrome Design Manual Part 2 Taxiway, Apron and Holding Bay*.

Untuk pesawat udara kategori 4C :

Rentang sayap/*wing span* (W) = 35,7 m = 36 m
Clearance wing span dg. objek *taxiline* = 26 m
 Jarak ruang antar ujung sayap pesawat = 4,5m
Clearance wing span pesawat udara dengan batas tepi *apron* = 10 m

Perhitungan dimensi *apron* sebagai berikut:
 Dimensi *apron* saat ini = 551,5 m x 131,5 m
 Lebar dimensi *apron* keseluruhan untuk lebar pesawat udara kritis:

$$\begin{aligned}
 L &= \text{lebar } apron \text{ saat ini} + (20 \times (\text{wing span} \\
 &\quad \text{B.737 900-ER})) + (20 \times \text{jarak ruang} \\
 &\quad \text{antar ujung sayap pesawat udara kelas} \\
 &\quad \text{4C}) + \text{jarak ruang antar ujung sayap} \\
 &\quad \text{pesawat udara dengan tepi } apron \\
 &= 551,5 + (20 \times (36)) + (20 \times 4,5) + 10 \\
 &= 1371,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Penambahan lebar dimensi *apron* yang direncanakan:

$$\begin{aligned}
 l &= \text{lebar keseluruhan } apron - \text{lebar saat ini} \\
 &= 1371,5 - 551,5 \\
 &= 820 \text{ m Luas dimensi } apron \text{ yang} \\
 &\quad \text{direncanakan:}
 \end{aligned}$$

$$L = 820 \times 131,5 \text{ m} = 107.830 \text{ m}^2$$

Untuk manuver pesawat udara pada waktu datang dan meninggalkan *apron* maka digunakan *clearance* antar ekor pesawat udara dengan *wing span* sesuai standar ADRM (*Airport Development Reference Manual*) dengan jarak 26 m.

9. Perencanaan Tebal Perkerasan Apron

a. Subgrade

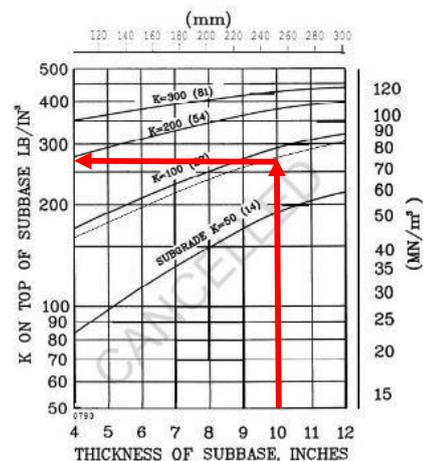
Pada perencanaan konstruksi ini ditentukan nilai CBR 6% maka nilai CBR tersebut akan dikonversikan menjadi nilai modulus reaksi tanah dasar

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

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

$$k = 95 \text{ pci}$$

b. Subbase



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

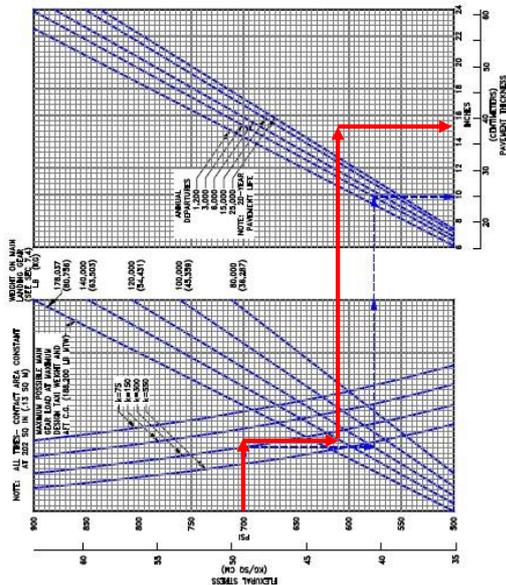
Dengan modulus $K_{\text{tanah dasar}} = 95 \text{ pci}$ maka didapatkan nilai k lapisan *subbase* menggunakan pembacaan grafik di bawah ini:

- 1) Beban rencana = 187.700 lbs
- 2) k *subgrade* = 95 pci
- 3) *Flexural strength* = 700 psi
- 4) Tebal *subbase* rencana = 10 inch

Untuk mendapatkan nilai k lapisan *subbase* didapat dengan menempatkan tebal lapisan rencana (10 inch), kemudian ditarik garis vertikal ke atas hingga bertemu kurva modulus k *subgrade* (95 pci), lalu ditarik garis

horizontal ke kiri untuk mengetahui nilai *k* lapisan *subbase*. Dari hasil *plotting* gambar di atas didapatkan nilai *k* lapisan *subbase* yaitu 275 lb/in³.

c. Slab Beton



Contoh penarikan ----->
 Garis sesuai hasil -----

Berdasarkan gambar di atas dapat diketahui tebal slab beton dengan menggunakan gambar kurva rencana perkerasan *rigid* untuk tipe roda *dual tandem wheel*. Dengan menempatkan nilai *flexural strength* (700 psi) dan ditarik garis horizontal ke kanan sampai bertemu dengan nilai *k subgrade* = 275 pci, beban pesawat udara = 187.700 lbs, dan *annual departure* 28.158,22, maka tebal slab beton yang didapatkan adalah 15,5 inch = 39,4 cm.

d. Peletakan Dowel

Dengan hasil perhitungan yang telah didapatkan dari hasil pembebanan pesawat udara maka didapat tebal slab beton 39,4 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"(15-18cm) | ¾" (20 mm) | 18" (46 cm) | 12" (30,5 cm) |
| 8"-12"(21-31cm) | 1" (25 mm) | 19" (48 cm) | 12" (30,5 cm) |
| 13-16"(33-41cm) | 1¼"(30 mm) | 20" (51 cm) | 15" (38 cm) |
| 17-20"(43-51cm) | 1½"(40 mm) | 20" (51 cm) | 18" (46 cm) |
| 21-24"(54-61cm) | 2" (50 mm) | 24" (61 cm) | 18" (46 cm) |

Tebal ekuivalen untuk perencanaan perkerasan rigid yaitu:

| Lapisan | Tebal (cm) |
|----------------|------------|
| Surface | 39,4 |
| Subbase course | 25,4 |
| Total | 64,8 |

Sesuai tabel yang diatas maka dowel yang akan digunakan pada tebal slab beton dengan diameter 3 cm, panjang dowel 51 cm, dan jarak antar dowel 38 cm.

e. Perhitungan Nilai Daya Dukung Perkerasan (PCN)

Tebal ekuivalen dari hasil perencanaan tebal perkerasan adalah 64,8cm, lalu setelah diketahui hasil perhitungan tebal perkerasan harus dihitung nilai PCN (*Pavement Classification Number*) untuk mengetahui nilai kekuatan daya dukung perkerasan tersebut. Diketahui CBR rencana = 6%

$$\text{Tebal ekuivalen} = 64,8 \text{ cm}$$

$$RSI = \frac{T_e^2}{1000} \times \frac{6.12}{(4.231 - 5.013 \times \log(\frac{CBR}{0.6}) + 2.426 \times (\log(\frac{CBR}{0.6}))^2 - 0.473 \times (\log(\frac{CBR}{0.6}))^3) \times 1.8}$$

$$RSI = \frac{64.8^2}{1000} \times \frac{6.12}{(4.231 - 5.013 \times \log(\frac{6}{0.6}) + 2.426 \times (\log(\frac{6}{0.6}))^2 - 0.473 \times (\log(\frac{6}{0.6}))^3) \times 1.8}$$

$$RSI = 4,19904 \times 4,4631 \times 1,8$$

$$RSI = 33,73$$

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

$$PCN = 1,56 \times 33,73$$

$$PCN = 52,6188 = 53 \text{ (pembulatan)}$$

Hasil PCN yang didapat adalah 53, kemudian langkah selanjutnya adalah memberikan kode PCN. Dengan perkerasan *rigid* dan CBR kategori "C" dan perhitungan dilakukan secara teori maka didapatkan kode PCN 53 R/C/X/T. Perbandingan dengan ACN (*Aircraft Classification Number*) yaitu untuk menentukan beban yang diijinkan untuk melewati konstruksi turning area yang direncanakan karena nilai PCN harus lebih atau sama dengan nilai ACN pesawatudara kritis. Tabel perbandingan ACN-PCN berikut adalah sebagai tolak ukur dari perkerasan bahwa penyambungan yang digunakan adalah jenis sambungan konstruksi dengan beban pesawat udara karena apabila PCN sudah sama atau lebih besar dari ACN pesawatpesawat udara tersebut, maka dianggap pesawat udara dengan ACN lebih

kecil mampu dilayani oleh perkerasan tersebut.

f. 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 beberapa tipe sambungan perkerasan.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Berdasarkan analisa dan perhitungan maka dapat disimpulkan hasil sebagai berikut :

- a. Perhitungan pergerakan pesawat udara pada tahun rencana (2021) adalah 102.732 pergerakan. Setelah didapatkan hasil perhitungan pergerakan pesawat udara pada tahun rencana, maka dapat dilakukan perhitungan peramalan pergerakan pesawat udara tahun rencana (2021) dengan hasil :
 - 1) *Peak month movement* : 13909,79094 = 13910 (pembulatan)
 - 2) *Peak day movement* : 459,02310102 = 459 (pembulatan)
 - 3) *Peak hour movement* : 68,853465153 = 69 (pembulatan)
- b. Dari hasil peramalan pergerakan pesawat udara tahun rencana (2021), *parking stand* yang dibutuhkan sebanyak 20 *parking stand*.
- c. Dikarenakan kurangnya *parking 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 Internasional Ahmad Yani Semarang diperluas sebesar 820 x 131,5 m dengan mengarah ke sisi kiri *apron* eksisting dengan posisi hidung pesawat udara mengarah ke bangunan terminal (*nose-in*).
- d. Lapisan yang digunakan adalah lapisan perkerasan kaku. Dengan tebal *surface* 39,4 cm, tebal *subbase course* 25,4 cm, dan tebal total sebesar 64,8 cm. Nilai PCN (*Pavement Classification Indeks*) perkerasan yang direncanakan adalah 53.
- e. Dalam penyambungan pada konstruksi perkerasan dapat disimpulkan menggunakan dowel yang berfungsi untuk

menyalurkan beban antara perkerasan eksisting dan perkerasan baru

2. Saran

Berdasarkan hasil kesimpulan, dapat dikemukakan saran sebagai berikut:

Dalam peningkatan mutu pelayanan bandara, disarankan pihak Bandar Udara Internasional Ahmad Yani Semarang melakukan perluasan *apron* sebagai sarana pendukung kegiatan operasional penerbangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Metode penelitian, Nazir, Mohammad, 1988
- Studi dan Perencanaan Penambahan *Runway* di Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya, ITS, Halaman 5, Arif susetyo, 2012
- Federal Aviation Administration. AC No: 150/5320/6E Airport Pavement and Design Evaluation.
- International Air Transport Association, Airport Development Reference Manual, ninth edition, 2004 International Civil Aviation Organization, Annex 14, *Aerodromes*, Sixth Edition, Montreal: July 2013.
- Internasional Civil Aviation Organization, 9157AN/901 *Aerodrome Design Manual Part 2 Taxiway, Apron and Holding Bay*, Fourth Edition, 2005
- International Civil Aviation Organization, 9157AN/901 *Pavement*, Second Edition, 1983. International Civil Aviation Organization, 9184 – AN/902 Airport Planning Manual Part 1 Master Planning, Second Edition, 1987.
- KP 262 Tahun 2017 Standar Teknis dan Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139 (Manual Of Standard CASR – Part 139) Volume I Bandar Udara (*Aerodrome*).
- Standar Nasional Indonesia, Standardisasi Pelaporan Daya Dukung Landas Pacu Bandar Udara.
- Surat Keputusan Direktorat Jendral Perhubungan Udara No : SKEP77/VI/2005, tentang Persyaratan Teknis Pengoperasian Fasilitas Teknik Bandara.