

# Desain Tebal Perkerasan *Runway* dengan Metode CBR pada *Yogyakarta International Airport*

*Design of Runway Pavement Thickness with CBR Method at Yogyakarta International Airport*

**Melati Sari Dewi, Anita Rahmawati**

*Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta*

**Abstrak.** Bandar udara internasional Yogyakarta merupakan bandar udara yang baru dibangun pada Agustus 2018 di Kulon Progo. Pembangunan ini dilakukan karena bandar udara Adi Sutjipto yang berada di Kota Yogyakarta sudah tidak dapat dikembangkan dan menampung penumpang yang semakin pesat. Landasan pacu merupakan komponen penting dan utama dalam pembangunan sebuah bandar udara, karena pesawat lepas landas dan mendarat di atasnya. Pada proyek pembangunan bandar udara ini digunakan metode FAA dalam perencanaan tebal perkerasan lentur landasan pacu menggunakan *software* FAARFIELD dengan CBR tanah dasar sebesar 6%, didapatkan tebal total sebesar 36,2 inch dan nilai PCN sebesar 93,7 /F/C/X/T menggunakan *software* COMFAA untuk pesawat kritis B777-300ER. Oleh karena itu diperlukan analisis perhitungan rencana tebal perkerasan lentur *runway* menggunakan metode lain sebagai pembandingan perencanaan eksisting sehingga dapat ditentukan yang lebih efisien. Pada penelitian ini menggunakan metode CBR dari *U.S. Army Corps of Engineers* dalam perencanaan tebal perkerasan lentur landasan pacu agar dapat dibandingkan kedua hasilnya. Berdasarkan hasil perhitungan manual menggunakan metode CBR dengan data tanah yang sama didapatkan hasil tebal perkerasan sebesar 50 inch. Adapun berdasarkan kekuatan tebal perkerasan menggunakan *software* COMFAA didapatkan nilai PCN sebesar 90,5 /F/L/H/U dengan pesawat kritis B747-400ER. Berdasarkan metode CBR menghasilkan tebal perkerasan yang lebih besar dibandingkan perkerasan eksisting, sehingga lebih aman dalam pendistribusian beban menuju tanah dasar, namun membutuhkan biaya yang lebih besar.

Kata kunci: Metode CBR, *Software* COMFAA, Nilai PCN, Landasan Pacu, Pesawat.

**Abstract.** *Yogyakarta international airport is new airport was built on August 2018 in Kulon Progo. This construction done because Adi Sutjipto airport located in Yogyakarta city can not developed and accommodate passengers and flight has been increased rapidly. Runway is a component that is very important and main of the airport, where aircrafts take off and landing on top. In this construction project of the airport using FAA method for flexible pavement planning wield FAARFIELD and CBR subgrade is 6%, got thick total of 36,2 inchi and PCN value is 93,7 /F/C/X/T used COMFAA for critical aircraft B777-300ER. Therefore needed an analysis of the calculation thickness flexible pavement plan of runway using other methods as a comparison of existing plans, so that it can be determined more efficiently. In this research using CBR method from U.S. Army Corps of Engineers for flexible pavement planning so can be compared both the result. Base on the manual calculation report of CBR method with the same soil data got thick pavement result total is 50 inchi. As for based strength the thickt pavement using COMFAA software got PCN value is 90,5/F/L/H/U with critical aircraft B747-400ER as heaviest aircraft. Based on the CBR method, the pavement thickness is greater than the existing pavement, making it safer in distributing loads to the subgrade, but requires greater cost.*

Keywords: *CBR Method, Software COMFAA, PCN Value, Runway, Aircraft.*

## 1. PENDAHULUAN

Bandar udara Adi Sutjipto yang merupakan lapangan terbang TNI Angkatan Udara, semakin berjalannya waktu bangkitan perjalanan juga semakin meningkat namun berdasarkan lokasi Bandar udara Adi Sutjipto tidak dapat dilakukan pengembangan untuk memperpanjang atau menambah landasan pacu juga memperbesar gedung terminal dan

gedung penunjang lainnya. Oleh karena itu dilakukan pembangunan bandar udara internasional Yogyakarta di Jalan Raya Wates – Purworejo Km 13, Tanggapan, Palihan, Temon, Kulonprogo. Landasan pacu merupakan hal yang sangat penting didalam Bandar Udara karena pesawat lepas landas dan juga mendarat di atasnya, sehingga perencanaan tebal perkerasan harus

diperhitungkan sesuai dengan standar yang berlaku. Pada bandar udara internasional Yogyakarta perhitungan tebal perkerasan lentur landasan pacu menggunakan metode FAA dengan jenis landasan satu jalur (tunggal) dan analisis kekuatan nilai PCN menggunakan *software* COMFAA. Pada penelitian ini akan dilakukan analisis perbandingan perhitungan tebal perkerasan menggunakan metode lain yaitu CBR yang berasal dari Amerika dikembangkan oleh *U.S. Army Corps of Engineers*. Menganalisis kekuatan nilai PCN menggunakan *software* COMFAA berdasarkan hasil perhitungan tebal perkerasan dengan metode CBR.

Beberapa peneliti telah melakukan penelitian mengenai perencanaan tebal perkerasan dengan metode CBR dan juga analisis kekuatan menggunakan *software* COMFAA. Akbar (2011) merencanakan tebal perkerasan runway menggunakan metode CBR dengan variasi nilai CBR tanah dasar yang direndam (*soaked*) dan tidak direndam (*unsoaked*) didapatkan nilai tebal perkerasan CBR *soaked* 412 mm dan CBR *unsoaked* sebesar 247 mm. Moetriono dan Suharno (2012) menyatakan bahwa perpanjangan landasan pacu menggunakan metode CBR didapat tebal perkerasan sebesar 68 cm, metode LCN sebesar 68 cm dan metode LCN sebesar 73 cm dengan pesawat rencana A 319 sebagai pesawat kritis.

Muliasari dan Lukiana (2013) mengatakan bahwa perencanaan tebal perkerasan lentur berdasarkan metode CBR dengan menggunakan pesawat rencana B737-900ER didapatkan tebal perkerasan sebesar 118 cm atau 46.46 inci. Pengembangan bandar udara Mali Kabupaten Alor oleh Samapaty *et al.* (2015) dengan jenis pesawat Boeing 737-200 diperoleh tebal perkerasan lentur landasan pacu menggunakan metode CBR sebesar 19,85 inci dan metode LCN sebesar 25 inci serta dimensi panjang minimum landasan pacu sebesar 2181 m dan lebar 30 m dengan bahu landasan  $2 \times 15$  m.

Pratama (2015) menganalisis tebal perkerasan landasan pacu Bandar udara internasional Sultan Mahmud Badaruddin II dengan menggunakan dua metode, yaitu metode FAA didapatkan tebal perkerasan sebesar 83.82 cm, 12,7 cm lapis permukaan,

12,7 cm lapis pondasi bawah dan 58,42 cm lapis pondasi bawah sedangkan dengan metode CBR didapatkan tebal perkerasan total sebesar 84 cm, 10 cm untuk lapis permukaan, 21 cm lapis pondasi atas dan 53 cm untuk lapis pondasi bawah. Oleh Shinde *et al.* (2019) pada perencanaan landasan pacu bandara internasional Navi-Mumbai dengan metode CBR didapatkan tebal perkerasan total 63 dengan nilai CBR 15% menggunakan pesawat rencana Boeing 747-800.

Seno dan Ahyundari (2015) menggunakan *software* COMFAA evaluasi perbandingan nilai ACN-PCN pada perkerasan *runway*, *taxiway* dan *apron* bandar udara Juanda nilai ACN lebih besar 7%-50% dari PCN perkerasan kaku pada pesawat B744, B772 dan B773, dan ACN lebih besar 6%-25% dari PCN perkerasan lentur pada pesawat A332, A333, B744, B772 dan B773. Sanjaya, A. (2016) dengan menggunakan 3 metode yaitu, metode CBR, LCN dan FAA. Perhitungan perencanaan tebal perkerasan menggunakan metode CBR didapatkan tebal total 66cm, sedangkan untuk metode LCN didapatkan tebal total 45 cm dan dengan metode FAA didapatkan tebal perkerasan total 72 cm.

Oleh Chaleewong dan Pisitpaibool (2018), mengevaluasi kekuatan perkerasan lentur *taxiway* dengan prosedur ACN-PCN untuk mengetahui sisa umur perkerasan, berdasarkan metode CBR didapatkan sisa masa umur terendah, yaitu 0,9 tahun. Area *taxiway* A2 memberikan nilai PCN terendah, yaitu 130. Perlu dicatat bahwa, ketika pesawat ACN meningkat dan rasio ACN/PCN sama atau lebih besar dari 0,7-0,8, sisa umur perkerasan berkurang. Selain itu, ketika rasio ACN/PCN lebih besar dari 1,0, sisa umur berkurang dalam bentuk fungsi eksponensial. Umur yang tersisa harus diperhitungkan dalam prosedur evaluasi perkerasan.

Wahba, A. M. A. (2017) melakukan evaluasi dampak dari pesawat besar di bandara dengan armada pesawat udara Mesir menggunakan perangkat lunak COMFAA menghasilkan nilai ACN pesawat 8,2% lebih kecil dari nilai PCN. Kafiari *et al.* (2019) dalam pengembangan Bandar udara Stevanus Rumbewas dengan standar ICAO dengan pesawat ATR 72-600 didapatkan panjang

landasan pacu sebesar 1.600 meter, lebar 30 meter dan tebal perkerasan sebesar 43. Oleh Sari *et al.* (2019) dengan menggunakan metode ICAO (ACN-PCN) dan *Software FAARFIELD* perencanaan tebal perkerasan lentur (*flexible pavement*) landas pacu (*runway*) pada Bandar Udara Husein Sastranegara didapatkan tebal *overlay* yang dibutuhkan hanya sebesar 50,8 mm.

Berdasarkan penelitian-penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya, belum ada yang melakukan analisis perhitungan tebal perkerasan lentur landasan pacu dengan metode CBR (*California Bearing Ratio*) dan analisis kekuatan tebal perkerasan dengan *software* COMFAA menggunakan pesawat kritis B747-400 ER/B747-400 Belly. Penelitian ini dilakukan untuk membandingkan hasil tebal perkerasan lentur landasan pacu dengan tebal perkerasan eksisting, sehingga dapat ditentukan metode yang paling efisien dalam perencanaan.

## 2. LANDASAN TEORI

Bandar udara adalah kawasan di daratan dan/atau perairan dengan batas-batas tertentu yang digunakan sebagai pesawat udara mendarat dan lepas landas, naik turun penumpang, bongkar muat barang dan tempat perpindahan intra dan antarmoda transportasi yang dilengkapi fasilitas keselamatan dan keamanan penerbangan serta fasilitas pokok dan fasilitas penunjang lainnya (Peraturan Pemerintah RI Nomor 40 tahun 2012).

### Landasan Pacu (*Runway*)

Landasan pacu adalah area persegi dipermukaan bandara (*aerodrome*) yang disiapkan untuk *take Off* dan *landing* pesawat, secara aman dan efisien dalam berbagai kondisi (Sartono *et al.*, 2016).

### Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan adalah kombinasi dari lapisan pondasi bawah, lapisan pondasi atas dan lapisan permukaan yang dibangun diatas tanah dasar (*U.S. Army Corps Of Engineers Design Method*, 1986). Perkerasan pada Bandar udara dirancang dan dibangun untuk memberikan daya dukung terhadap beban yang diberikan pesawat udara, serta untuk menciptakan permukaan yang stabil, halus,

bebas dari puing-puing akibat pergantian iklim yang dapat tertiuap maupun terhisap oleh mesin jet ataupun baling-baling pesawat udara (*Federal Aviation Administration*, 2017).

Perkerasan berfungsi sebagai tumpuan rata-rata pesawat, permukaan yang rata menghasilkan jalan pesawat yang *comfort*, dari fungsinya maka harus dijamin bahwa tiap-tiap lapisan dari atas kebawah cukup kekerasan dan ketebalannya sehingga tidak mengalami *distress* (perubahan karena tidak mampu menahan beban) (Basuki, 1986).

Perkerasan lentur merupakan perkerasan konvensional yang terdiri dari aspal beton di atas permukaan lapisan pondasi atas dan lapisan pondasi bawah dengan kualitas yang tinggi (*U.S. Army Corps of Engineers Design Method*, 1986). Perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan *surface course*, *base course* dan *subbase course*, masing-masing bisa satu lapis atau lebih, semuanya digelar diatas tanah asli yang dipadatkan disebut *subgrade*, lapisan *subgrade* bisa terletak diatas timbunan atau galian (Basuki, 1986).

### Metode *California Bearing Ratio* (CBR)

Metode CBR pertama-tama dipakai oleh *Badan California Division Of Highway*, Bina Marga negara bagian California di Amerika pada tahun 1928 yang ditemukan oleh O.J. PORTER, karena cepat dan sederhananya metode ini lalu di ambil oleh *Corps Of Engineer* Angkatan Darat Amerika, beberapa saat setelah perang Dunia ke II, kebutuhan mendesak sesudah perang Dunia ke II, untuk membangun lapangan terbang tanpa ditunda-tunda maka Angkatan Darat Amerika mengambil metode yang sederhana dan cepat ini, sebab saat itu belum ada metode yang tersedia spesial untuk perkerasan lapangan terbang (Basuki, 1986).

### *Aircraft Classification Number* (ACN) dan *Pavement Classification Number* (PCN)

ACN-PCN dikembangkan pada tahun 1977 oleh suatu kelompok studi yang dibentuk oleh ICAO untuk menentukan kekuatan perkerasan. Sistem ACN-PCN hanya dimaksudkan sebagai metode yang dapat digunakan operator bandara untuk mengevaluasi pesawat yang dapat diterima,

tidak dimaksudkan sebagai desain perkerasan atau prosedur evaluasi perkerasan, dimana nilai ACN pesawat harus kurang dari atau sama dengan PCN. (*Federal Aviation Administration*, 2014).

*Aircraft Classification Number* (ACN) atau angka klasifikasi pesawat yaitu sebuah angka yang menyatakan efek relatif dari pesawat terbang, konfigurasi yang diberikan struktur perkerasan untuk standar kekuatan tanah dasar yang telah ditentukan. ACN didefinisikan sebagai dua kali penurunan beban roda tunggal, pabrik pesawat telah menyediakan perhitungan resmi nilai ACN, perhitungan ACN membutuhkan informasi terperinci pesawat seperti pusat gravitasi maksimum, berat ramp maksimum, jarak roda, tekanan ban dan faktor lainnya. ACN untuk perkerasan lentur syarat flotasi roda pendaratan pesawat ditentukan dengan menggunakan metode *California Bearing Ratio* (CBR) untuk setiap daya dukung tanah dasar (*Federal Aviation Administration*, 2014).

*Pavement Classification Number* (PCN) atau angka klasifikasi perkerasan adalah angka yang menyatakan kapasitas pengangkutan beban pada perkerasan untuk operasi yang tidak terbatas. Penentuan peringkat perkerasan ditentukan nilai PCN dengan menentukan ACN untuk setiap pesawat yang signifikan dalam campuran lalu lintas yang beroperasi sebagai subjek perkerasan Sistem PCN menggunakan skala berkelanjutan untuk membandingkan kapasitas perkerasan dimana nilai yang lebih tinggi mewakili perkerasan dengan beban kapasitas yang lebih besar. Penentuan nilai PCN untuk perkerasan dapat didasarkan satu dari dua prosedur yaitu metode pesawat yang digunakan atau metode evaluasi teknis. (*Federal Aviation Administration*, 2014).

### **COMFAA Software Application**

Untuk memfasilitasi penggunaan sistem ACN-PCN, FAA mengembangkan aplikasi perangkat lunak yang menghitung nilai ACN menggunakan prosedur dan spesifikasi yang ditentukan oleh *International Civil Aviation Organization* (ICAO) dan dapat digunakan untuk menentukan nilai PCN berdasarkan klasifikasi pesawat, perangkat lunak ini disebut COMFAA dan dapat diunduh

dengan kode sumber dan dokumen pendukung dari situs *web* FAA, Program ini berguna untuk menentukan nilai ACN dalam berbagai kondisi namun nilai ACN resmi diberikan oleh pabrik pesawat (*Federal Aviation Administration*, 2014).

COMFAA berisi data internal pesawat yang mencakup sebagian pesawat komersial dan militer AS yang saat ini beroperasi, data internal pesawat disediakan langsung oleh produsen pesawat. Karakteristik standar pesawat pada data internal mewakili kondisi standar ICAO untuk perhitungan ACN. Data eksternal pesawat yang ada pada COMFAA dapat diubah karakteristiknya, yang memungkinkan pengguna untuk memodifikasi pesawat (*Federal Aviation Administration*, 2014).

## **3. METODE PENELITIAN**

### **Lokasi Penelitian**

Penelitian ini mengambil studi kasus Bandar Udara Internasional Yogyakarta yang berlokasi di Jalan Raya Wates – Purworejo Km 13, Tanggapan, Palihan, Temon, Kulonprogo, Daerah Istimewa Yogyakarta yang baru dibangun pada 21 Agustus 2018 hingga saat ini dibawah PT Angkasa Pura I.

### **Pengumpulan Data**

Pada penelitian ini menggunakan data sekunder yang didapatkan dari institusi terkait yaitu PT Angkasa Pura I (2018), dengan data yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

- a. Data pesawat rencana (*Design Aircraft*)
- b. Data lalu lintas tahunan pesawat rencana
- c. Data CBR (*California Bearing Ratio*) tanah
- d. Data tebal perkerasan eksisting

### **Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Runway Dengan Metode California Bearing Ratio (CBR)**

Pada metode CBR berdasarkan *U.S. Army Corps of Engineers Design Method*, (1977) dalam perencanaan tebal perkerasan lentur *runway* ada beberapa tahapan yaitu sebagai berikut:

### Menentukan beban yang diterima oleh roda pesawat (P)

$$P = \frac{95\% \times \text{MTOW}}{\text{jumlah roda pesawat}} \quad (3.1)$$

Keterangan:

P = Beban yang diterima oleh roda (lb)

MTOW = *Maximum Take Off Weight* (lb)

### Menentukan nilai *Equivalent Single Wheel Load* (ESWL)

$$\text{Log (ESWL)} = \text{Log P} + \frac{0,31 \log(2 \times d)}{\log\left(\frac{2 \times z}{d}\right)} \quad (3.2)$$

Keterangan:

ESWL = *Equivalent Single Wheel Load* (lb)

P = Beban yang diterima oleh roda (lb)

d = Jarak sisi terdekat antara kedua roda (in)

z = Jarak antara roda depan dan belakang (in)

### Menentukan tebal perkerasan

$$t = \sqrt{\text{ESWL} \left[ \frac{1}{8,1 \times \text{CBR}} - \frac{1}{P \times 3,14} \right]} \quad (3.3)$$

Keterangan:

t = Tebal perkerasan (in)

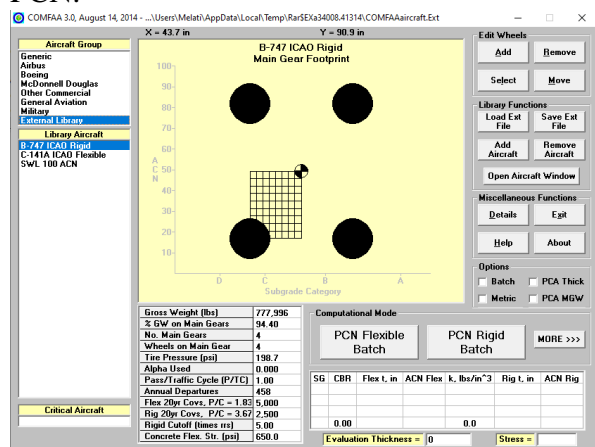
ESWL = *Equivalent Single Wheel Load* (lb)

CBR = *California Bearing Ratio* (%)

P = Tekanan roda pesawat (psi)

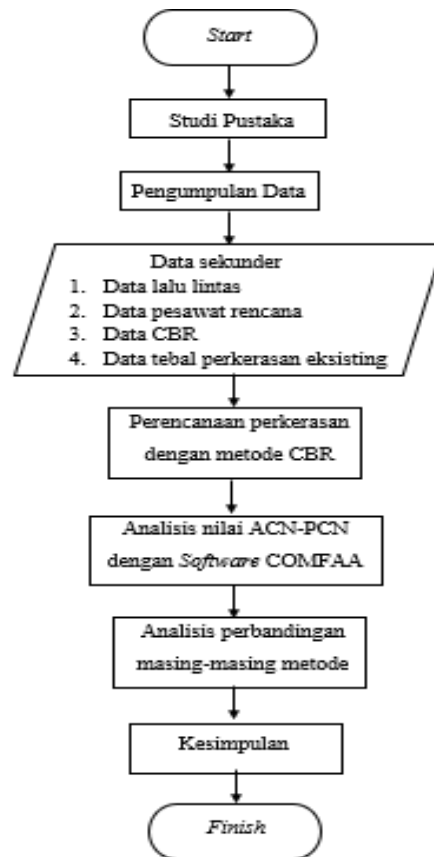
### Metode ACN-PCN menggunakan *Software COMFAA*

Apabila nilai tebal perkerasan lentur *runway* telah didapatkan berdasarkan perhitungan CBR sebelumnya, selanjutnya menentukan kekuatan tebal perkerasan dengan syarat nilai ACN pesawat rencana harus sama dengan atau kurang dari nilai PCN agar pesawat dapat beroperasi. Pada Gambar 3.1 merupakan *software* COMFAA 3.0 yang digunakan untuk menganalisis nilai ACN-PCN.

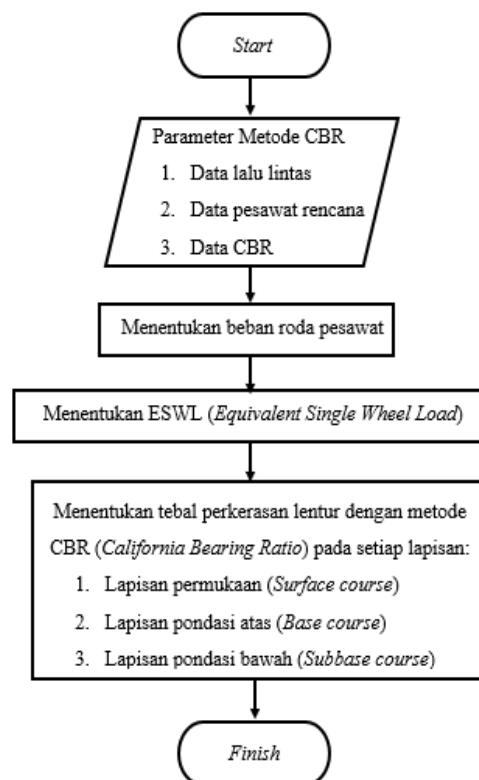


Gambar 3.1 Tampilan utama *Software* COMFAA 3.0

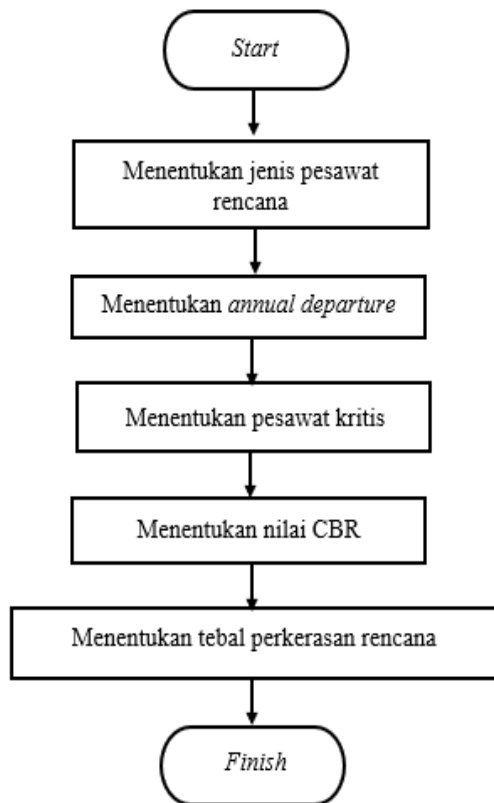
### Diagram Alir



Gambar 3.2 Tahapan perencanaan perkerasan lentur dan analisis kekuatan tebal perkerasan



Gambar 3.3 Tahapan perencanaan perkerasan lentur metode CBR



Gambar 3.4 Tahapan analisis ACN-PCN menggunakan *software* COMFAA

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### Data lalu lintas tahunan pesawat (*Annual Departure*)

Tabel 4. 1 Data lalu lintas tahunan pesawat (PT. Angkasa Pura I, 2018)

| No | Name                 | Gross Wt. tonnes | Annual departure |
|----|----------------------|------------------|------------------|
| 1  | A321-200 std         | 89.40            | 10               |
| 2  | A320-100             | 68.40            | 10,047           |
| 3  | B737-800             | 79.24            | 7,409            |
| 4  | B737-900 ER          | 85.37            | 6,019            |
| 5  | D-200                | 88.31            | 5,567            |
| 6  | A330-300 std         | 230.90           | 119              |
| 7  | B787-9 (Premilinary) | 251.74           | 41               |
| 8  | A350-900             | 272.90           | 1                |
| 9  | B777-300 ER          | 352.44           | 400              |
| 10 | B747-400             | 397.80           | 22               |
| 11 | B747-400 Belly       | 397.80           | 22               |
| 12 | A380                 | 562.00           | 52               |
| 13 | A380 Belly           | 562.00           | 52               |

#### Data Pesawat Rencana

4.1. Tabel Data karakteristik pesawat rencana B747-400 ER

| No | Karakteristik                                 | Satuan | B747-400                  |
|----|---|--------|---------------------------|
| 1  | <i>Manufacture</i>                            |        | Boeing                    |
| 2  | <i>ICAO Code</i>                              |        | 4E                        |
| 3  | <i>Length</i>                                 | in     | 2,772.00                  |
| 4  | <i>Wing-span</i>                              | in     | 2,556.00                  |
| 5  | <i>Maximum Take Off Weight (MTOW)</i>         | lb     | 875,000.00                |
| 6  | <i>Maximum Landing Weight (MLW)</i>           | lb     | 630,000.00                |
| 7  | <i>Operating Weight Empty (OWE) Aeroplane</i> | lb     | 394,088.00                |
| 8  | <i>References Field Length</i>                | m      | 2,890.00                  |
| 9  | <i>Seating capacity</i>                       |        | 400.00                    |
| 10 | <i>Range</i>                                  | km     | 14,140.00                 |
| 11 | <i>Gear Type</i>                              |        | <i>Double dual tandem</i> |
| 12 | Jumlah roda                                   |        | 16                        |
| 13 | <i>Tire Pressure</i>                          | psi    | 200                       |
| 14 | Jarak sisi ter dekat roda (d)                 | in     | 44.00                     |
| 15 | Jarak antar roda depan dan belakang (z)       | in     | 1,007.87                  |

#### Data CBR tanah dasar

Nilai CBR (*Callifornia Bearing Ratio*) merupakan nilai daya dukung tanah dasar dengan syarat harus lebih besar sama dengan 6% untuk pekerjaan jalan. Pada penelitian ini berdasarkan pengujian yang telah dilakukan sebelumnya pada area atau jalur *runway* dengan jenis tanah timbunan, didapatkan nilai CBR sebesar 6% untuk tanah dasar, dan direncanakan nilai CBR sebesar 50% untuk *base course*, 20% untuk *subbase course* (PT Angkasa Pura I, 2018)

### Data tebal perkerasan runway eksisting

Perencanaan tebal perkerasan runway pada bandar udara internasional Yogyakarta yang telah dilakukan sebelumnya menggunakan metode FAA dengan software FAARFIELD dengan pesawat rencana terberat yaitu B777-300ER Berdasarkan perhitungan tersebut didapatkan tebal perkerasan total sebesar 92 cm atau 36,2 in

### Menghitung Tebal Perkerasan Lentur Runway dengan Metode CBR

Perencanaan tebal perkerasan lentur runway dengan metode CBR berdasarkan U.S. Army Corps Of Engineers Design Method, (1977) adalah sebagai berikut:

#### Menentukan beban yang diterima oleh roda pesawat (P)

$$P = \frac{95\% \times \text{MTOW}}{\text{jumlah roda pesawat}}$$

$$P = \frac{95\% \times 875.000}{16}$$

$$P = 51.953,13 \text{ lb}$$

#### Menentukan nilai Equivalent Single Wheel Load (ESWL)

$$\text{Log (ESWL)} = \text{Log P} + \frac{0,31 \log(2 \times d)}{\log\left(\frac{2 \times z}{d}\right)}$$

$$\text{Log (ESWL)} = \text{Log } 51.935,13 + \frac{0,31 \log(2 \times 44)}{\log\left(\frac{2 \times 1.007,87}{44}\right)}$$

$$\text{Log (ESWL)} = 5,0785$$

$$\text{ESWL} = 10^{5,0785}$$

$$\text{ESWL} = 119.818,34 \text{ lb}$$

#### Menentukan tebal perkerasan

a. Tebal perkerasan total

$$t = \sqrt{\text{ESWL} \left[ \frac{1}{8,1 \times \text{CBR}} - \frac{1}{P \times 3,14} \right]}$$

$$t = \sqrt{119.818,34 \left[ \frac{1}{8,1 \times 6} - \frac{1}{51953,13 \times 3,14} \right]}$$

$$t = 49,65 \text{ in} \approx 50 \text{ in}$$

b. Tebal perkerasan lapis pondasi bawah (subbase course)

$$t = \sqrt{\text{ESWL} \left[ \frac{1}{8,1 \times \text{CBR}} - \frac{1}{P \times 3,14} \right]}$$

$$t = \sqrt{119.818,34 \left[ \frac{1}{8,1 \times 20} - \frac{1}{51953,13 \times 3,14} \right]}$$

$$t = 27,18 \text{ in} \approx 27 \text{ in}$$

c. Tebal perkerasan lapis pondasi atas (base course)

$$t = \sqrt{\text{ESWL} \left[ \frac{1}{8,1 \times \text{CBR}} - \frac{1}{P \times 3,14} \right]}$$

$$t = \sqrt{119.818,34 \left[ \frac{1}{8,1 \times 50} - \frac{1}{51953,13 \times 3,14} \right]}$$

$$t = 17,18 \text{ in} \approx 17 \text{ in}$$

d. Tebal lapis permukaan (surface course)

$$t = t_{\text{total}} - t_{\text{subbase}} - t_{\text{base}}$$

$$t = 50 \text{ in} - 27 \text{ in} - 17 \text{ in}$$

$$t = 6 \text{ in}$$

Berdasarkan perhitungan tebal perkerasan lentur metode CBR dengan pesawat rencana A320-100 dan B747-400 ER menggunakan CBR tanah dasar 6%, CBR subbase course 20% dan CBR base course sebesar 50% didapatkan tebal perkerasan lentur yang disajikan pada tabel 4.2 dan gambar 4.1.

Tabel 4.2 Hasil perhitungan tebal perkerasan dengan pesawat rencana B747-400 ER/ B747-400 Belly

| Lapisan        | Tebal Rencana |       |
|----------------|---------------|-------|
|                | Inchi         | cm    |
| Surface Course | 6             | 15.24 |
| Base Course    | 17            | 43.18 |
| Subbase Course | 27            | 68.58 |
| TOTAL          | 50            | 127   |



Gambar 4. 1 Hasil tebal perkerasan lentur runway dengan metode CBR

### Hasil Analisis Kekuatan Tebal Perkerasan Menggunakan Software COMFAA

Analisis nilai ACN-PCN menggunakan software COMFAA dengan hasil tebal perkerasan pesawat rencana B747-400ER/B747-400 Belly metode CBR dan nilai CBR tanah dasar sebesar 6%, didapatkan nilai ACN-PCN yang disajikan dalam tabel 4.3

Tabel 4. 3 Hasil analisis kekuatan tebal perkerasan lentur ACN-PCN metode CBR

| Jenis Pesawat        | ACN<br>(F/L/H) | PCN<br>(F/L/H/U) |
|----------------------|----------------|------------------|
| A321-200 std         | 57.6           | 63.4             |
| A320-100             | 40.3           | 44.6             |
| B737-800             | 50.3           | 52.2             |
| B737-900 ER          | 56.0           | 60.6             |
| D-200                | 60.4           | 67.3             |
| A330-300 std         | 72.6           | 80.4             |
| B787-9 (Premilitary) | 87.5           | 114.2            |
| A350-900             | 78.9           | 90.7             |
| B777-300 ER          | 89.3           | 98.4             |
| B747-400             | 72.6           | 80.9             |
| B747-400 Belly       | 77.8           | 90.5             |
| A380                 | 75.5           | 87.2             |
| A380 Belly           | 75.1           | 80.0             |

Berdasarkan hasil dari tabel diatas seluruh nilai ACN kurang dari nilai PCN pesawat rencana sudah sesuai dengan syarat sehingga aman dan tebal perkerasan dapat digunakan dilapangan. Pada pesawat B747-400ER/B747-400 Belly nilai ACN sebesar 77.8/F/L/H dan nilai PCN sebesar 90.5 F/L/H/U.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan dan analisis yang telah dilakukan mengenai rencana tebal perkerasan lentur *runway* bandar udara internasional Yogyakarta dengan metode CBR dari *U.S. Army Corps Of Engineers Design Method* menggunakan pesawat kritis yaitu B747-400 ER dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Perhitungan tebal perkerasan lentur dengan metode manual CBR menggunakan pesawat rencana B747-400 ER sebesar 50 inchi atau 127 cm.
- Analisis kekuatan tebal perkerasan lentur nilai ACN-PCN dengan *software COMFAA* menggunakan pesawat B747-400 ER nilai ACN sebesar 77,8/F/L/H dan nilai PCN sebesar 90,5/F/L/H/U telah memenuhi syarat yaitu nilai ACN lebih kecil dari nilai PCN sehingga tebal perkerasan dapat digunakan.
- Tebal perkerasan eksisting pada *runway* bandar udara internasional

Yogyakarta metode FAA menggunakan *software* FAARFIELD yaitu 36.2 inchi atau 92 cm dengan nilai ACN sebesar 89.3/F/C/X dan nilai PCN sebesar 93.7/F/C/X/T. Sedangkan dengan metode FAA manual didapatkan tebal perkerasan sebesar 46,5 inchi atau 118,11 cm dengan nilai ACN sebesar 77,8/F/L/H dan nilai PCN sebesar 94.9 /F/L/H/U

Metode FAA mengasilkan tebal perkerasan yang lebih kecil dibanding metode CBR namun memiliki kekuatan yang lebih besar sehingga memenuhi kebutuhan ekonomis namun tetap aman dan nyaman. Metode CBR menggunakan peraturan lama yang perhitungannya secara manual sehingga kurang spesifik karena tidak banyak membutuhkan banyak komponen sedangkan metode FAA menggunakan peraturan yang lebih baru perhitungannya dengan *software* FAARFIELD yang komponen didalamnya lebih spesifik dan detail.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, S. J., 2011. Ratio Nilai Soaked dan Unsoaked CBR Subgrade Terhadap Tebal Perkerasan Runway Bandara Malikussaleh Lhokseumawe. *Teras Jurnal*, 262-271.
- Basuki, H, 1986. *Merancang Merencana Lapangan Terbang*. Alumni, Bandung
- Boeing. 2002. B-747-400 Airplane Characteristics for Airport Planning.
- Chaleewong, Krisana dan Pisitpaibool, Chaisak, 2018. Pavement Evaluation of Airport Taxiway and Effect of Increasing ACN to Pavement Remaining Life. *International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies*. 283-296.
- COMFAA 3.0 Software Free, 2014. *facilitates flexible and rigid pavement information required for PCN calculations*, Department of Transportation Federal Aviation Administration.
- FAA, 2014, 150/5335-5C: *Standardized Method of Reporting Airport Pavement Strength-PCN*, Department of Transportation Federal Aviation



- Kafiar, R. P., Palenewen, S. C. N., & Jansen, F., 2019. Perencanaan Pengembangan Bandar Udara Stevanus Rumbewas Di Kota Serui Kabupaten Kepulauan Yapen. *Jurnal Sipil Statik*, 15-26.
- Moetrisono, H., dan Suharno., 2012. Analisis Perpanjangan Landas Pacu (Runway) dan Komparasi Biaya Tebal Perkerasan (Studi Kasus pada Bandar Udara Abdulrachman Saleh Malang). *Jurnal Teknik Sipil*, 61-79.
- Muliasari, A., dan Lukiana., 2013. Penentuan Tebal Perkerasan Lentur Berdasarkan Nilai CBR (California Bearing Ratio) dan ESWL (Equivalent Single Wheel Load) Pesawat Rencana Pada Perencanaan Pembangunan Bandar Udara Baru di Karawang. *Jurnal Perhubungan Udara*, 181-191.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 40 Tahun 2012 Tentang Pembangunan dan Pelestarian Lingkungan Hidup Bandar Udara.
- Pratama, H. Y., 2015. Analisis Tebal dan Perpanjangan Landasan Pacu pada Bandar Udara Internasional Sultan Mahmud Badaruddin II. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 741-748.
- PT. Angkasa Pura I, 2018: *Proyek Pembangunan Bandar Udara Internasional Yogyakarta*
- Samapaty, A.U.R., W Sir, T.M., dan Ramang, R., 2015. Studi Pengembangan Sisi Udara Bandar Udara Mali Kabupaten Alor Untuk Jenis Pesawat Boeing 737-200. *Jurnal Teknik Sipil*, 231- 244.
- Sanjaya, A., 2016. Analisis Perbandingan Metode Perhitungan Tebal Perkerasan Lentur Pada Runway Studi Kasus Bandara Samarinda Baru. *Kurva S Jurnal Mahasiswa*, 639-652.
- Sari, Christina, Ariel Winfried, and Luky Surachman., 2019. Analisis Perkerasan Landas Pacu Bandar Udara Husein Sastranegara, Bandung. *Jurnal Infrastruktur* 5, no. 1: 51-57.
- Sartono, W., Dewanti, dan Rahman, T., 2015. *Bandar Udara Pengenalan dan Perancangan Geometrik Runway, Taxiway dan Apron*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Seno, R.H.T., dan Ahyundari, E., 2015. Evaluasi Kekuatan Perkerasan Sisi Udara (Runway, Taxiway, Apron) Bandara Juanda dengan Metode Perbandingan ACN-PCN. *Jurnal Teknik Sipil*, 10-15.
- Shinde, B., Sajjan, M., Telure, R., Thorat, S., Patil, V., dan Shaikh, R. (2019). Design of Runway for Navi-Mumbai International Airport. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 3831-3837.
- U.S. Army Corps of Engineer, 1977: *Procedures for Development of CBR Design Curves, Department of the Army*, Washington
- U.S. Army Corps of Engineer, 1986: *Engineering and Design Airfield Flexible Pavement Mobilization Construction*, Department of the Army, Washington.
- Wahba, A. M. A. (2017). ICAO Overloading Practice versus Airport Pavement Design Life Using FAARFIELD 1.3 and COMFAA 2.0, 3.0. *American Journal of Civil Engineering and Architecture*, 57-65.