

## BAB II.

### TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1. Tinjauan Pustaka

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. Moetrisono 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. Kafiar *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.

## **2.2. Landasan Teori**

### **2.2.1. Bandar Udara (*Airport*)**

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).

Pada tabel 2.1 menjelaskan tentang fasilitas bandar udara pada setiap komponennya. Sebuah bandar udara terdiri atas fasilitas transportasi yang luas dan kompleks, serta dirancang untuk melayani pesawat, penumpang, kargo, dan kendaraan lainnya, masing-masing pengguna bandara tersebut ini dilayani berdasarkan komponen yang berbeda di bandar udara, komponen bandar udara secara umum terbagi menjadi dua kategori, yaitu *airside* (sisi udara) dan *landside* (sisi darat) (Sartono *et al.*, 2016). Komponen *airside* bandar udara dirancang dan dikelola untuk mengakomodasi pergerakan pesawat disekitar bandar udara, maupun saat menuju dan kembali dari udara/angkasa, sedangkan komponen *landside* dirancang dan dikelola untuk mengakomodasi pergerakan *ground-based vehicles* (kendaraan darat), penumpang dan kargo (Sartono *et al.*, 2016).

Tabel 2. 1 Fasilitas dari masing-masing komponen Bandar udara secara umum (Sartono *et al.*, 2016)

No	Sisi udara ( <i>airside</i> )	Sisi darat ( <i>landside</i> )
1.	Landas pacu ( <i>Runway</i> )	Bangunan terminal penumpang
2.	Landas hubung ( <i>taxiway</i> )	Bangunan terminal kargo
3.	Landas parkir ( <i>apron</i> )	Bangunan operasi
4.	-	Fasilitas penunjang bandar udara

### 2.2.2. 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).

#### a. Bagian-bagian *runway*

Sartono *et al.* (2016) mengidentifikasi bagian-bagian *runway* sebagai fasilitas yang perlu dilengkapi, bagian-bagian *runway* tersebut adalah sebagai berikut:

1. *Runway shoulder*/bahu landas pacu adalah area pembatas pada akhir tepi perkerasan *runway* yang dipersiapkan menahan erosi *jet blast* (hembusan

jet) dan berbagai jalur *ground vehicle* (kendaraan darat) untuk pemeliharaan dan keadaan darurat serta untuk penyediaan daerah peralihan antara bagian perkerasan dan *runway strip*.

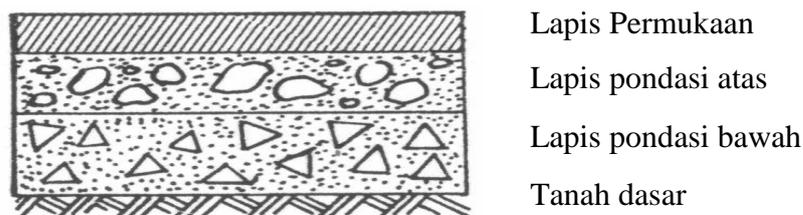
2. *RESA (Runway End Safety Area)*. RESA adalah suatu daerah simetris yang merupakan perpanjangan dari garis tengah *runway* dan membatasi bagian ujung *runway strip*, yang ditujukan untuk mengurangi risiko kerusakan pesawat yang sedang menjauhi atau mendekati *runway* saat melakukan kegiatan *take off* (lepas landas) maupun *landing* (pendaratan).
3. *Clearway* adalah suatu daerah tertentu di ujung *runway* tinggal landas yang terdapat di permukaan tanah maupun permukaan air dibawah pantauan operator bandar udara, yang dipilih dan ditujukan sebagai daerah yang aman bagi pesawat saat mencapai ketinggian tertentu. *Clearway* juga merupakan daerah bebas terbuka yang disediakan untuk melindungi pesawat saat melakukan manuver pendaratan maupun lepas landas.
4. *Stopway* adalah suatu daerah tertentu yang berbentuk segi empat yang ada di permukaan tanah terletak di akhir *runway* bagian *landing* (tinggal landas) yang dipersiapkan sebagai tempat berhenti pesawat saat terjadi pembatalan kegiatan tinggal landas.
5. *Turning area* adalah bagian dari *runway* yang digunakan untuk pesawat melakukan gerakan memutar, baik untuk membalik arah pesawat, maupun gerakan pesawat saat akan parkir di *apron*.
6. *Runway strip* adalah luasan bidang tanah yang diratakan dan dibersihkan tanpa benda-benda yang mengganggu yang dimensinya bergantung pada panjang *runway* dan jenis instrument pendaratan (*precision approach*) yang dilayani.
7. *Holding bay* adalah area tertentu yang ditujukan agar pesawat dapat melakukan penantian atau menyalip untuk mendapatkan efisiensi gerakan permukaan pesawat.

### **2.2.3. 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).

Pada gambar 2.1 menjelaskan komponen lapisan perkerasan lentur yang 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 ditentukan akibat kelenturannya terhadap beban di atasnya dan kemampuan untuk menahan derajat deformasi yang kecil (*Unified Facilities Criteria*, 2001). 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).



Gambar 2.1 Lapisan perkerasan lentur (*flexible pavement*)  
(Menteri Pekerjaan Umum Nomor 378, 1987)

a. Lapisan permukaan (*Surface course*)

Lapisan permukaan adalah bagian perkerasan yang paling atas berfungsi untuk menahan beban roda, melindungi badan jalan kerusakan akibat cuaca dan sebagai lapisan aus (Menteri Pekerjaan Umum Nomor 378, 1987). *Surface course* terdiri dari campuran aspal dan agregat, mempunyai rentang ketebalan 5 cm atau lebih, fungsi utamanya adalah agar pesawat dikendarai di atas permukaan yang rata

dan keselamatan penerbangan untuk menumpu beban roda pesawat dan menahan beban repitisi serta membagi beban tadi kepada lapisan-lapisan dibawahnya (Basuki, 1986).

b. Lapisan pondasi atas (*Base course*)

Lapisan pondasi atas adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapis permukaan dengan lapis pondasi bawah (atau dengan tanah dasar bila tidak menggunakan lapis pondasi bawah), berfungsi untuk menahan beban roda dan perletakan terhadap lapis permukaan (Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 378/KPTS/1987). *Base course* bisa dibuat dari material yang dipersiapkan (dicampur dengan semen atau aspal), bisa juga dari bahan alam tanpa campuran (Basuki, 1986).

c. Lapisan pondasi bawah (*Subbase course*)

Lapisan pondasi bawah merupakan material yang telah melalui proses atau perbaikan yang terletak diantara tanah dasar dan lapisan pondasi atas (*U.S. Army Corps of Engineers Design Method*, 1986). Lapis pondasi bawah berfungsi untuk mendukung dan menyebarkan beban roda, mencegah tanah dasar masuk ke dalam lapis pondasi dan sebagai lapis pertama agar pelaksanaan dapat berjalan lancar (Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 378/KPTS/1987).

d. Tanah dasar (*Subgrade*)

Tanah dasar adalah permukaan tanah semula atau permukaan galian atau permukaan tanah timbunan yang dipadatkan dan merupakan permukaan dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya (Menteri Pekerjaan Umum Nomor 378, 1987).

#### **2.2.4. 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).

#### **2.2.5. 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*).

a. *Aircraft Classification Number (ACN)*

*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*).

b. *Pavement Classification Number (PCN)*

*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 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).

c. *Report* nilai ACN dan PCN

Dalam menuliskan hasil nilai ACN dan PCN diperlukan beberapa kode yaitu pada tabel 2.2 menentukan jenis perkerasan, tabel 2.3 menentukan kategori tanah dasar, tabel 2.4 menentukan kode tekanan roda yang diijinkan dan tabel 2.5 untuk menentukan metode PCN yang digunakan, berdasarkan *Federal Aviation Administration* (2014) berikut adalah kode yang diperlukan:

Tabel 2.2 Kode perkerasan

Jenis Perkerasan	Kode perkerasan
Lentur ( <i>Flexible</i> )	F
Kaku ( <i>Rigid</i> )	R

Tabel 2.3 Standar CBR tanah dasar dalam perhitungan ACN perkerasan lentur

Kategori kekuatan tanah dasar	Nilai CBR tanah dasar	Mewakili	<i>Code Designation</i>
<i>High</i>	15	$CBR \geq 13$	A
<i>Medium</i>	10	$8 < CBR < 13$	B
<i>Low</i>	6	$4 < CBR \leq 8$	C
<i>Ultra Low</i>	3	$CBR \leq$	D

Tabel 2.4 Kode tekanan roda yang diijinkan

Kategori	Kode	Tekanan roda
<i>Unlimited</i>	W	Tekanan tidak terbatas
<i>High</i>	X	Batas tekanan 254 psi (1.75 MPa)
<i>Medium</i>	Y	Batas tekanan 181 psi (1.25 MPa)
<i>Low</i>	Z	Batas tekanan 73 psi (0.50 MPa)

Tabel 2.5 Metode PCN yang digunakan

Metode	Kode
Menggunakan pesawat ( <i>Using aircraft method</i> )	U
Evaluasi teknis ( <i>Technical evaluation method</i> )	T

### 2.2.6. 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*)