

Perbandingan Tebal Perkerasan Lentur Landas Pacu Bandara Internasional Dhoho Menggunakan Metode *Federal Aviation Administration* (FAA) dan *Load Classification Number* (LCN)

Muhammad Fikri Nadhif, Rachmad Basuki, dan Amalia Firdaus Mawardi
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: rabas@ce.its.ac.id

Abstrak—Menurut Perpres 56 tahun 2018 tentang perubahan kedua atas perubahan Perpres No 3 tahun 2016 tentang Percepatan Proyek Strategis Nasional, Bandara Internasional Dhoho telah ditetapkan menjadi sebuah proyek strategis nasional. Landasan pacu merupakan sebuah komponen penting dari infrastruktur sebuah bandar udara. Terdapat banyak metode dalam merencanakan tebal perkerasan lentur landasan pacu seperti metode *Federal Aviation Administration* (FAA) dari Dinas Perhubungan Udara Amerika Serikat, metode *Load Classification Number* (LCN) dari Inggris, metode *California Bearing Ratio* (CBR) dari Institution of Engineers of America, dan lain sebagainya. Dalam penulisan ini bertujuan merencanakan tebal perkerasan lentur landasan pacu menggunakan metode *Federal Aviation Administration* (FAA) dan *Load Classification Number* (LCN). Kedua metode dipilih karena terdapat perbedaan yang signifikan dalam aspek perencanaannya. Hasil analisis tebal perkerasan lentur pada metode FAA menggunakan FAA AC 5320-6D diperoleh hasil sebesar 508 mm pada daerah kritis, 439 mm pada daerah non kritis dan setebal 360 mm pada bahu landasan pacu. Menggunakan program COMFAA diperoleh nilai PCN sebesar 42,9 dengan nilai AC sebesar 40,2. Pada metode FAA menggunakan program FAARFIELD diperoleh hasil sebesar 519 mm dan pada bahu landasan pacu sebesar 356 mm. Menggunakan program bantu FAARFIELD diperoleh nilai PCR sebesar 386,4 dan nilai ACR sebesar 365,1. Sedangkan pada metode LCN diperoleh total tebal perkerasan sebesar 550 mm dan pada bahu landasan pacu setebal 450 mm. Diperoleh nilai LCN landasan pacu yakni sebesar 63 dan nilai LCN pesawat rencana sebesar 46,5. Hasil analisis biaya konstruksi untuk tebal perkerasan pada metode FAA menggunakan FAA AC 5320-6D diperoleh sebesar Rp187.607.898.600, pada FAA AC 5320-6G sebesar Rp212.826.956.294. Sementara pada metode LCN diperoleh sebesar Rp225.887.763.123

Kata Kunci—FAA, Landasan Pacu, LCN, Perkerasan Lentur.

I. PENDAHULUAN

ADANYA Bandara yang terletak di suatu wilayah dapat menyebabkan wilayah tersebut mengalami pertumbuhan ekonomi yang lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah lain. Pembangunan Bandara Internasional Dhoho Kediri adalah sebuah proyek pembangunan yang bertujuan untuk memajukan masyarakat sekitar. Kehadiran bandara ini sangat krusial untuk segera direalisasikan karena wilayah Kediri membutuhkan bandara sebagai sarana pendukung peningkatan sosial dan ekonomi di wilayah Kediri Raya, yang mencakup Kabupaten Nganjuk, Madiun, Ponorogo, Tulungagung, Trenggalek, dan Blitar [1]. Menurut Perpres 56 tahun 2018 tentang perubahan kedua atas perubahan Perpres No 3 tahun 2016 tentang Percepatan Proyek Strategis Nasional, Bandara Internasional Dhoho telah ditetapkan

menjadi sebuah proyek strategis nasional [2].

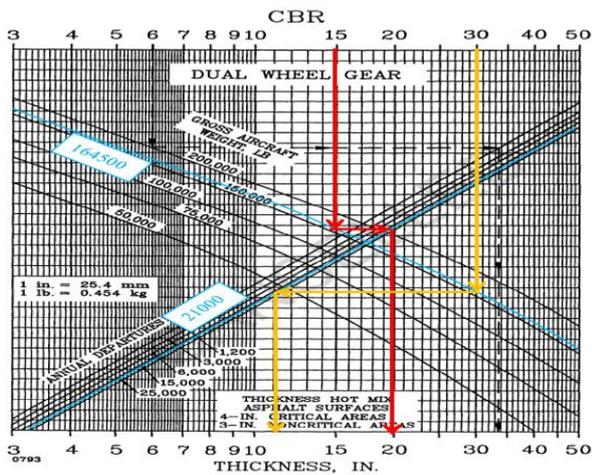
Pada sebuah infrastruktur bandar udara, landasan pacu merupakan sebuah komponen penting dalam bandar udara karena landasan pacu merupakan titik balik bagi lalu lintas udara dan transportasi darat [3]. Perencanaan tebal perkerasan lentur landasan pacu merupakan salah satu komponen penting dalam perencanaan dan pembangunan bandara. Tebal perkerasan lentur landasan pacu harus ditentukan dengan cermat untuk memastikan keselamatan penerbangan dan kenyamanan penumpang. Hal ini karena tebal perkerasan lentur yang kurang atau berlebihan dapat menyebabkan kerusakan pada pesawat dan kesulitan dalam operasional penerbangan. Pada umumnya, perkerasan landasan pacu bandara direncanakan menggunakan metode *Federal Aviation Administration* (FAA). Metode FAA merupakan metode yang dibuat oleh dinas perhubungan udara Amerika Serikat. Selain metode FAA, terdapat beberapa metode perencanaan perkerasan struktural yang banyak digunakan antara lain metode *Institution of Engineers of America* yang biasa dikenal dengan metode CBR, metode LCN (*Load Classification Number*) dari Inggris, metode *Asphalt Institute*, dan Metode Departemen Transportasi Kanada. Namun, tidak semua metode yang ada layak digunakan untuk setiap kondisi, karena itu perlu dilakukan analisa dan kajian yang seksama mengenai keuntungan dan kerugian atau akurasi dari masing-masing metode tersebut sesuai dengan kondisi Indonesia [4].

Adapun permasalahan yang akan di bahas pada penelitian ini pertama, berapa tebal perkerasan lentur landasan pacu Bandara Internasional Dhoho menggunakan metode *Federal Aviation Administration* (FAA) dan *Load Classification Number* (LCN)? Kedua, apakah tebal perkerasan yang dihasilkan melalui metode FAA dan LCN menghasilkan kapasitas perkerasan yang memenuhi untuk melayani pesawat rencana?. Ketiga, bagaimana metode pelaksanaan dan berapa biaya yang diperlukan dalam konstruksi perkerasan runway?. Keempat, bagaimana analisis hasil kedua metode dengan memperhatikan hasil ketebalan, kapasitas perkerasan, dan biaya yang dibutuhkan.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Diagram Alir Penelitian

Dalam penyelesaian penelitian ini, dilakukan beberapa tahap meliputi studi literatur, perencanaan tebal perkerasan lentur pada landasan pacu menggunakan metode FAA dan LCN, analisis kapasitas perkerasan, perencanaan metode pelaksanaan dan anggaran biaya.



Gambar 1. Grafik Penentuan Tebal Total Perkerasan Lentur (Garis Merah) dan Tebal lapisan pondasi Bawah (Garis Oranye).

Tabel 1.
Rekapitulasi tebal Perkerasan Area Non Kritis dan Bahu Landasan Pacu

Jenis Lapisan	Tebal Area Non Kritis	Tebal Bahu Landasan Pacu
Lapisan Permukaan	73 mm	75 mm
Lapisan Pondasi Atas	160 mm	125 mm
Lapisan Pondasi Bawah	206 mm	160 mm

B. Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder. Data sekunder merupakan informasi yang diperoleh oleh peneliti dari sumber-sumber yang telah ada sebelumnya. Adapun data yang diperlukan dalam penelitian ini meliputi data hasil uji CBR pada tanah dasar, data spesifikasi material lapisan perkerasan, data lalu lintas pesawat rencana, dan data spesifikasi pesawat rencana.

1) Data CBR Tanah Dasar

Dalam perencanaan landsan pacu Bandara Internasional Dhoho, disyaratkan nilai CBR tanah dasar sebesar 15%. Hal ini merujuk pada persyaratan nilai CBR tanah dasar untuk material terpilih yakni harus lebih besar daripada 12% [5].

2) Data Spesifikasi Material Lapisan Perkerasan

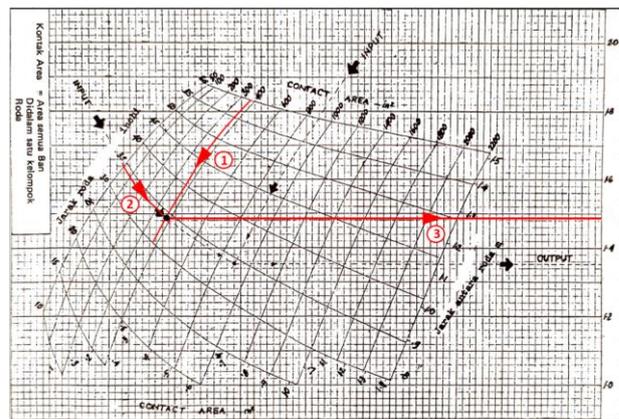
Pada lapisan pondasi bawah, disyaratkan menggunakan material setara dengan material agregat kelas C dengan nilai CBR lebih dari 30% [5]. Pada lapisan pondasi atas, digunakan material setara dengan material agregat kelas A dengan nilai CBR lebih dari 95% [5]. Pada lapisan permukaan, digunakan material AC-WC sebagai penutup permukaan perkerasan [5].

3) Data Lalu Lintas Pesawat

Pada penelitian ini, digunakan data lalu lintas pesawat rencana pada tahap I Proyek Pembangunan Bandara Internaional Dhoho. Dimana pesawat terbebesar yang digunakan berjenis B737-900 ER dengan jumlah pergerakan tahunan sebanyak 21000 pergerakan [6].

4) Data Spesifikasi Pesawat Rencana

Pesawat B-737-900ER memiliki *Maximum Design Taxi Weight* sebesar 164500 lbs, dengan konfigurasi roda pendaratan utama adalah roda ganda. Jarak antar roda pendaratan utama sebesar 34 in.



Gambar 2. Grafik Faktor Reduksi pada Metode LCN.

Tabel 2.
Hasil Analisis HMA CDF

Jenis Pesawat	CDF Contribution	CDF Max for Airplane	P/C Ratio
B737-900 ER	0,37	0,37	2,70

C. Tahap Analisis

1) Metode Federal Aviation Administration (FAA) AC 5320-6D

Dalam menentukan tebal perkerasan lentur menggunakan FAA AC 5320-6D dapat diperoleh menggunakan grafik-grafik sesuai dengan jenis tipe roda pendaratan pesawatnya [7]. Dalam merencanakan tebal perkerasannya, terdapat beberapa parameter yang mempengaruhi hasil tebal perkerasan diantaranya yaitu nilai CBR tanah dasar, bobot dari pesawat rencana, dan banyak pergerakan pesawat selama satu tahun. Untuk memperoleh tebal total perkerasan lentur menggunakan grafik terdapat beberapa langkah yang perlu dilakukan:

- Pertama perlu mengetahui nilai CBR tanah dasar dari landasan pacu yang akan direncanakan. Nilai CBR tanah dasar tersebut kemudian diplot pada sumbu nilai CBR pada bagian atas grafik.
- Dari nilai CBR tanah dasar, tarik garis vertikal kebawah hingga memotong kurva berat kotor pesawat rencana.
- Dari titik potong tersebut, tarik garis vertikal menuju kurva jumlah pergerakan pesawat.
- Dari titik potong dengan kurva pergerakan pesawat, tarik garis vertikal kebawah hingga memotong sumbu besar tebal perkerasan total pada bagian bawah grafik dan baca angka yang diperoleh. Angka tersebut merupakan total tebal perkerasan yang dibutuhkan.

Dalam FAA AC 5320-6D juga disyaratkan untuk merencanakan tebal perkerasan pada daerah kritis dan non kritis. Area kritis yang dimaksud iala area dimana operasi yang dilakukan suatu pesawat dapat menyebabkan bahaya bagi pesawat lain atau dapat menyebabkan kerusakan pada fasilitas bandara [8]. Salah satu operasi pesawat yang dimaksud adalah operasi pendaratan pesawat. Area operasi pendaratan pesawat ditandai dengan marka "Touchdown Zone" yang terpasang diarea landasan pacu. Untuk area selain area kritis, dinyatakan sebagai area non kritis. Dimana untuk area non kritis, tebal perkerasan dapat direduksi sebesar 0,9. Sementara untuk area bahu landasan, tebal perkerasan area kritis dapat direduksi sebsar 0,7 [7].

Tabel 3.

Rekapitulasi tebal Perkerasan Lentur Bahu Landasan Pacu		
Jenis Perkerasan	B737-900ER	Kendaraan Operasional (ARFF 1500 gal)
Lapisan Permukaan	102 mm	102 mm
Lapisan Pondasi Atas	152 mm	152 mm
Lapisan Pondasi Bawah	102 mm	102 mm
Total	356 mm	356 mm

Tabel 4.

Analisis ACR-PCR Menggunakan FAARFIELD		
Jenis Pesawat Rencana	PCR	ACR
B737-900 ER	386,4	365,1

2) Metode Federal Aviation Administration (FAA) AC-5320-6G

Sejak mempublikasikan FAA AC 5320-6E yang mengganti FAA AC 5320-6D, FAA memperkenalkan perangkat lunak dengan nama *Federal Aviation Administration Rigid and Flexible Iterative Elastic Layered Design* atau disingkat FAARFIELD. Pada FAA AC 5320-6G yang dirilis pada 2021, diperkenalkan FAARFIELD v2.0 sebagai pembaharuan dari versi sebelumnya. FAARFIELD menggunakan prosedur desain berbasis elastis lapisan dan elemen hingga tiga dimensi untuk perancangan baru dan penambahan lapisan pada perkerasan fleksibel dan kaku masing-masing [9].

Adapun dalam penggunaan program bantu FAARFIELD pada perencanaan perkerasan lentur landasan pacu dapat mengikuti langkah-langkah berikut ini :

- a. Persiapkan data CBR tanah dasar, tipe pesawat rencana, jumlah keberangkatan pesawat rencana, dan pertumbuhan lalu lintas pesawat terbang.
- b. Tuliskan nama proyek yang akan dikerjakan dan juga sub pekerjaan yang akan dilakukan
- c. Pilih jenis perencanaan yang akan dilakukan pada pekerjaan tersebut
- d. Pada segmen “*Pavement layers*”, pilih jenis perkerasan yang akan direncanakan
- e. Akan muncul tampilan dasar dari tipe perkerasan yang dipilih, kita dapat menambahkan ataupun mengedit material lapisan perkerasan yang tersedia dengan klik pada ilustrasi yang nampak pada kanan layar. Pilih material yang akan digunakan lalu klik “OK”
- f. Masukkan umur desain rencana sesuai dengan perencanaan yang dikehendaki.
- g. Klik jendela “*Aircraft*” pada pojok kiri bawah, dan pilih jenis pesawat rencana yang tersedia pada program bantu.
- h. Jenis pesawat yang dipilih akan muncul pada jendela “*Traffic*”. Apabila data yang tercantum tidak sesuai, dapat dilakukan penyuntingan dengan memasukkan data yang sesuai pada bagian yang ingin diubah.
- i. Masukkan data lalu lintas rencana pada kolom “*Annual Departure*” dan persentase pertumbuhan lalu lintas pada kolom “*Annual Growth*”
- j. Setelah semua data telah dimasukkan, klik tombol “*Run*” untuk memulai analisis.

Tabel 5.

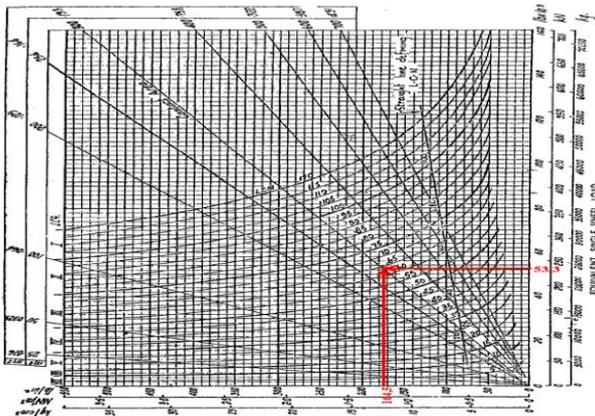
Rekapitulasi Volume Pekerjaan		
Pekerjaan	Volume	Satuan
FAA AC 5320-6D		
Lapisan Permukaan Prime Coat	35865,72	ton
Lapisan Pondasi Atas	297000	liter
Lapisan Pondasi Bawah	31016,7	m3
	39871,8	m3
FAA AC 5320-6G		
Lapisan Permukaan Prime Coat	44431,2	ton
Lapisan Pondasi Atas	297000	liter
Lapisan Pondasi Bawah	54301,5	m3
	20196	m3
Load Classification Number		
Lapisan Permukaan Prime Coat	43560	ton
Lapisan Pondasi Atas	297000	liter
Lapisan Pondasi Bawah	64350	m3
	19800	m3

k. Dari hasil analisis, cek nilai HMA CDF. Apabila nilai HMA CDF < 1, maka hasil analisis tebal perkerasan dapat digunakan. Apabila HMA CDF > 1, maka perlu dilakukan penambahan tebal perkerasan pada lapisan pondasi.

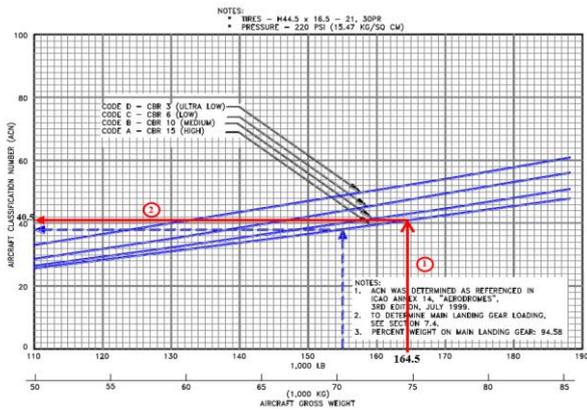
3) Analisis Kapasitas Perkerasan Lentur Menggunakan COMFAA

Dalam melakukan analisis kapasitas kekuatan perkerasan pada FAA AC 150/5320-6D Bagian 607 mensyaratkan penggunaan sistem ACN-PCN. Pada sistem ACN-PCN, *Aircraft Classification Number* (ACN) adalah angka yang merepresentasikan efek relatif dari pesawat udara pada struktur perkerasan pada konfigurasi tertentu untuk kekuatan lapisan pondasi standar yang ditentukan. Sementara *Pavement Classification Number* (PCN) adalah angka yang merepresentasikan kapasitas daya dukung lapisan perkerasan untuk operasi diatas perkerasan. dalam menganalisis nilai ACN-PCN dapat menggunakan program bantu Bernama COMFAA [10]. Berikut merupakan langkah dalam melakukan analisis nilai ACN-PCN menggunakan COMFAA :

- a. Buka aplikasi COMFAA
- b. Pilih jenis merk pesawat rencana pada “*Aircraft Group*” lalu pilih jenis pesawat rencana pada “*Library Aircraft*”. Klik pada jenis pesawat yang dipilih, lalu klik “*Add Aircraft*” untuk menambahkan jenis pesawat rencana saat analisis.
- c. Memasukkan data pergerakan pesawat pada masing-masing pesawat dalam data lalu lintas campuran dengan memilih “*Open Aircraft Window*”, kemudian klik angka pada “*Annual Departure*” dan masukkan nilai pergerakan pesawat sesuai pesawat rencana dan klik OK.
- d. Menyimpan file dengan memilih “*Save Ext File*” lalu pilih lokasi penyimpanan dan nama yang diinginkan
- e. Memilih satu jenis pesawat rencana sebagai pesawat kritis dengan klik kanan pesawat rencana pada “*Library Aircraft*” sehingga muncul di “*Critical Aircraft*”
- f. Masukkan nilai CBR tanah dasar dengan klik pada “*CBR*”, lalu tulis nilai CBR tanah dasar dan klik OK.
- g. Masukkan hasil perhitungan total tebal perkerasan pada metode FAA menggunakan grafik dalam satuan inch pada bagian “*Evaluation Thickness*” dan klik OK.
- h. Klik pada tombol “*PCN Flexible Patch*” untuk melakukan analisis nilai ACN-PCN.
- i. Klik “*Detail*” untuk melihat hasil analisis.



Gambar 4. Grafik Nilai LCN Landasan Pacu.



Gambar 5. Grafik LCN Pesawat B737-900ER.

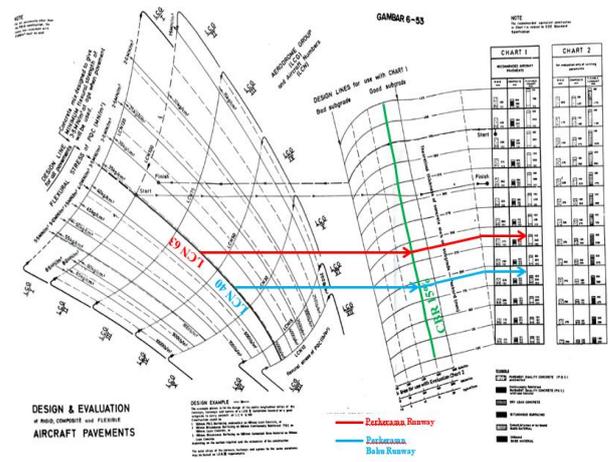
4) Analisis Kapasitas Perkerasan Lentur Menggunakan FAARFIELD

Pada tahun 2022 melalui FAA AC 150/5335-5D, dalam menentukan kekuatan sebuah perkerasan pada lingkungan bandara diperkenalkan sebuah metode baru yakni metode ACR-PCR. Aircraft Classification Rating (ACR) adalah angka yang menggambarkan efek relatif dari suatu pesawat pada konfigurasi tertentu pada struktur perkerasan untuk kekuatan tanah dasar standar tertentu. Sementara Pavement Classification Rating (PCR) adalah sebuah nilai yang menyatakan kapasitas perkerasan untuk operasional pesawat terbang [11]. Berikut merupakan langkah dalam melakukan analisis nilai ACR-PCR menggunakan program FAARFIELD:

- a. Buka file permodelan tebal perkerasan yang sudah direncanakan, atau dapat memodelkan ulang perkerasan rencana.
- b. Pilih “PCR” pada opsi jenis analisis yang akan dilaksanakan.
- c. Pastikan seluruh data yang terinput telah sesuai dengan data perencanaan.
- d. Setelah seluruh data sesuai, klik “Run” untuk memulai analisis nilai ACR-PCR pada program FAARFIELD.

5) Metode Load Classification Number (LCN)

Metode LCN merupakan metode perencanaan perkerasan dan evaluasi serta formulasi dari Air Ministry Directorate General of Work, British Aviation yang saat ini sudah diakui ICAO dalam Aerodrome Manual. Dalam prosedurnya kapasitas daya dukung perkerasan dinyatakan dalam angka LCN. Angka-angka LCN bergantung pada roda pendaratan, tekanan roda pesawat, dan komposisi dari tebal perkerasan



Gambar 3. Grafik Penentuan Tebal Perkerasan Lentur Metode LCN.

[4]. Berikut merupakan langkah dalam menentukan tebal perkerasan.

a. Menentukan Beban Gandar Pesawat

Beban gandar pada suatu pesawat dipengaruhi oleh berat pesawat terbang dan juga distribusi beban pada nose gear dan main gear. Dalam menghitung beban gandar pesawat dapat diperoleh menggunakan persamaan berikut :

$$Pd = \frac{\% \text{Beban main Gear} \times MTW}{2} \quad (1)$$

Dimana :

Pd = Beban gandar pesawat
 MTW = Maximum Taxi Weight

b. Menentukan Area Kontak

Dalam menentukan area kontak dapat diperoleh menggunakan persamaan berikut :

$$Ac = \frac{Pd}{\text{Tekanan angin roda pesawat}} \quad (2)$$

Dimana :

Pd = Beban gandar pesawat

c. Menentukan Faktor Reduksi

Diperoleh nilai faktor reduksi dari parameter tekanan angin roda pendaratan dengan jarak antar roda pendaratan utama.

d. Menghitung Equivalent Single Wheel Load

Equivalent single wheel load atau ESWL merupakan beban bagi perkerasan nantinya. Besar ESWL dapat dihitung melalui persamaan berikut :

$$ESWL = \frac{Pd}{\text{Faktor Reduksi}} \quad (3)$$

Dimana :

Pd = Beban gandar pesawat

e. Menentukan Nilai LCN Landasan Pacu

Nilai LCN landasan pacu dipengaruhi oleh nilai ESWL dari pesawat rencana dan besar tekanan angin pada roda pendaratan utama.

f. Menentukan LCG Landasan Pacu

Dalam perkembangannya, besaran nilai LCN pesawat dikelompokkan dalam beberapa kategori. Pengelompokan tersebut didasarkan pada bervariasinya jenis dan beban pesawat. LCN pesawat dalam suatu kelompok secara garis besar menghasilkan tegangan yang sama pada lapisan perkerasan.

Tabel 6.
Rekapitulasi Biaya Konstruksi Metode FAA AC 5320-6D

Pekerjaan	Volume	Sat.	Harga Satuan	Harga Pekerjaan
Lapisan Permukaan	35865,72	ton	Rp1.918.830	Rp68.820.219.508
Prime Coat	297000	liter	Rp14.360	Rp4.264.920.000
Lapisan Pondasi Atas	31016,7	m3	Rp1.389.550	Rp43.099.255.485
Lap. Pondasi Bawah	39871,8	m3	Rp1.325.040	Rp52.831.729.872
Total				Rp169.016.124.865
PPn 11%				Rp18.591.773.735
Total Biaya Pekerjaan				Rp187.607.898.600

Tabel 7.
Rekapitulasi Biaya Konstruksi Metode FAA AC 5320-6G

Pekerjaan	Volume	Sat.	Harga Satuan	Harga Pekerjaan
Lapisan Permukaan	44431,2	ton	Rp1.918.830	Rp85.255.919.496
Prime Coat	297000	liter	Rp14.360	Rp4.264.920.000
Lapisan Pondasi Atas	54301,5	m3	Rp1.389.550	Rp75.454.649.325
Lap. Pondasi Bawah	20196	m3	Rp1.325.040	Rp26.760.507.840
Total				Rp191.735.996.661
PPn 11%				Rp21.090.959.633
Total Biaya Pekerjaan				Rp212.826.956.294

g. Menentukan Tebal Perkerasan Lentur

Dalam menentukan tebal perkerasan menggunakan metode LCN, diperlukan data LCN dan LCG dari landasan pacu rencana, serta nilai CBR tanah dasar.

h. Menentukan Nilai LCN Pesawat Rencana

Besaran nilai LCN pesawat rencana dapat diperoleh menggunakan grafik yang disediakan oleh perusahaan manufaktur pesawat terbang. Dimana nilai LCN pesawat akan dipengaruhi oleh bobot dan juga nilai CBR tanah dasar.

i. Menentukan Tebal Perkerasan bahu Landasan Pacu

Bahu landasan pacu termasuk area non kritis. Dalam menentukan tebal perkerasan bahu landasan pacu, dapat digunakan LCN dengan LCG 1 tingkat dibawah LCG landasan pacu [4].

6) Perencanaan Metode Pelaksanaan dan Rencana Biaya konstruksi

Dalam menghitung biaya yang dibutuhkan dalam suatu pekerjaan konstruksi, perlu dilakukan analisa harga satuan pekerjaan. Analisa harga satuan pekerjaan yang digunakan menggunakan AHSP Kabupaten Kediri 2022. Biaya pelaksanaan diperoleh dengan mengalikan volume pekerjaan dengan harga satuan yang digunakan. Untuk menentukan harga satuan, sangat dipengaruhi oleh metode pelaksanaan suatu pekerjaan. Meliputi tahap pekerjaan, kebutuhan material, kebutuhan tenaga kerja, dan alat berat.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur dan Kapasitas Perkerasan Metode FAA AC 5320-6D

1) Perhitungan Total Tebal Perkerasan Lentur

Dari data yang diperoleh pada saat pengumpulan data penelitian, diketahui bahwa :

- a. Jenis Pesawat Rencana = B737-900 ER
- b. Jenis gandar pendaratan = Dual Gear

- c. Bobot pesawat = 164500 lbs
- d. Jumlah lalu lintas = 21000 pergerakan
- e. Nilai CBR Tanah Dasar = 15%

Menggunakan grafik pada Gambar 2, diperoleh tebal perkerasan lentur landasan pacu setebal 20 inch atau setara dengan 508 mm.

2) Perhitungan Tebal Lapisan Pondasi Bawah

Tebal lapisan pondasi bawah dapat diperoleh dengan mengurangkan tebal perkerasan total dengan kebutuhan tebal lapisan diatas lapisan subbase. Menggunakan Gambar 1, diperoleh tebal lapisan diatas lapisan pondasi atas sebesar 11 inch. Sehingga tebal lapisan pondasia bawah sebesar 9 inch atau setara dengan 228,6 mm.

3) Menghitung Tebal lapisan Permukaan

Berdasarkan catatan pada Gambar 1, untuk area kritis disyaratkan tebal lapisan permukaan sebesar 4 inch atau setara dengan 101.8 mm.

4) Menghitung Tebal Lapisan Pondasi Atas

Tebal lapisan pondasi atas dapat diperoleh dengan mengurangkan tebal total dengan tebal lapisan permukaan dan lapisan pondasi bawah. Sehingga diperoleh tebal lapisan permukaan sebesar 7 inch atau setara dengan 177,8 mm.

5) Menentukan Tebal Perkerasan pada Area Non-Kritis dan Bahu Landasan Pacu

Tebal perkerasan pada area non kritis dapat direduksi sebesar 0,9 dari tebal perkerasan pada area kritis. Sementara untuk bahu landaan acu tebal area kritis dapat direduksi sebesar 0,7 kalinya. Rekapitulasi tebal perkerasan pada area non kritis dan bahu landasan pacu dapat dilihat pada Tabel 1.

6) Analisis Kapasitas Perkerasan Lentur Menggunakan COMFAA

Dari hasil analisis nilai ACN-PCN pada program bantu COMFAA, diperoleh nilai ACN-PCN yang dapat dilihat pada Gambar 5. Diperoleh nilai PCN sebesar 42,9 dan nilai ACN sebesar 40,2. Mengacu pada FAA AC 5335-5B, disyaratkan

Tabel 8.
Rekapitulasi Biaya Konstruksi Metode LCN

Pekerjaan	Volume	Sat.	Harga Satuan	Harga Pekerjaan
Lapisan Permukaan	43560	ton	Rp1.918.830	Rp83.584.234.800
Prime Coat	297000	liter	Rp14.360	Rp4.264.920.000
Lapisan Pondasi Atas	64350	m3	Rp1.389.550	Rp89.417.542.500
Lap. Pondasi Bawah	19800	m3	Rp1.325.040	Rp26.235.792.000
Total				Rp203.502.489.300
PPn 11%				Rp22.385.273.823
Total Biaya Pekerjaan				Rp225.887.763.123

nilai PCN harus lebih besar daripada nilai ACN. Sehingga perkerasan lentur pada metode FAA dengan pendekatan grafik mampu melayani pesawat rencana.

B. Hasil Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur dan Kapasitas Perkerasan Metode FAA AC 5320-6G

1) Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Menggunakan FAARFIELD

Dari data data yang telah diinputkan pada program FAARFIELD, program akan mendesain kebutuhan tebal perkerasan lentur. Berikut merupakan tebal perkerasan lentur dari program bantu FAARFIELD :

- a. Lapisan Permukaan = 4 inchi ≈ 102 mm
- b. Lapisan Pondasi Atas = 12,4 inchi ≈ 315 mm
- c. Lapisan Pondasi Bawah = 4 inchi ≈ 102 mm
- d. Total Tebal perkerasan = 20,4 inchi ≈ 519 mm

Dari hasil analisis program FAARFIELD, juga diperoleh data Cumulative Damage Factor (CDF) pada lapisan permukaan (Hot Mix Asphalt / HMA) yang menandakan keamanan dari desain tebal perkerasan. Apabila CDF HMA < 1, maka desain perkerasan dapat digunakan. Apabila nilai CDF HMA > 1, maka desain dinyatakan tidak aman akibat fatigue pada lapisan permukaan [12]. Hasil analisis CDF HMA dapat dilihat pada Tabel 2. Dari hasil analisis nilai HMA CDF, diperoleh CDF Max yaitu 0,48. Sehingga tebal perkerasan yang dihasilkan dari program FAARFIELD dapat digunakan.

2) Menentukan Tebal Perkerasan Bahu Landasan Pacu Menggunakan FAARFIELD

Dalam menentukan tebal perkerasan yang digunakan pada bahu landasan pacu, digunakan tebal perkerasan terbesar yang dihasilkan oleh pesawat dengan CDF terbesar dan akibat kendaraan operasional pemeliharaan bandara. Rekapitulasi tebal perkerasan lentur bahu landasan pacu dapat dilihat pada Tabel 3.

Dikarenakan dari kedua jenis beban menghasilkan tebal perkerasan yang sama, maka tebal perkerasan lentur pada bahu landasan pacu sebagai berikut :

- a. Lapisan Permukaan = 102 mm
- b. Lapisan Pondasi Atas = 152 mm
- c. Lapisan Pondasi Bawah = 102 mm

3) Analisis Kapasitas Perkerasan Menggunakan FAARFIELD

Dari hasil analisis nilai PCR pada program bantu FAARFIELD, diperoleh nilai PCR yang dapat dilihat pada Tabel 3. Disyaratkan nilai PCR harus lebih besar daripada nilai ACR. Dimana perkerasan yang direncanakan harus mampu melayani bobot pesawat rencana tertinggi [12].

Dari hasil analisis nilai ACR-PCR pada FAARFIELD yang ada pada Tabel 4, diperoleh bahwa nilai PCR adalah 386,4 dan nilai dari ACR pesawat B737-900ER sebagai pesawat rencana adalah 365,1. Sehingga dapat disimpulkan bahwa perkerasan yang didesain mampu melayani pesawat rencana.

C. Hasil Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur dan Kapasitas Perkerasan Metode Load Classification Number

1) Perhitungan Beban Gandar

Diketahui beberapa hal dalam penelitian untuk penghitungan beban gandar:

- a. Pesawat Rencana = B737-900 ER
- b. MTOW = 164500 lbs
- c. % Beban pada Main Gear = 94%

Sehingga mengacu pada (1), diperoleh beban gandar sebesar 77315 lbs.

2) Menghitung Area Kontak Pesawat

Diketahui beberapa hal dalam penelitian untuk penghitungan area kontak pesawat:

- a. Beban Gandar Pesawat (Pd) = 77315 lbs
- b. Tekanan roda pesawat = 205 psi

Sehingga, mengacu pada (2), diperoleh area kontak pesawat sebesar 377,146 in².

3) Menentukan Nilai Faktor Reduksi

Dalam menentukan faktor reduksi dapat menggunakan grafik pada Gambar 2. Dimana diperoleh besar faktor reduksi sebesar 1,45.

4) Menghitung Besar ESWL

Diketahui beberapa hal dalam penelitian untuk penghitungan besar ESWL:

- a. Beban 1 Gandar Pesawat (Pd) = 77315 lbs
- b. Nilai Faktor Reduksi = 1,45

Sehingga mengacu pada (3), diperoleh nilai ESWL sebesar 53320,69 lbs.

5) Menentukan LCN dan LCG Landasan Pacu

Dalam menentukan LCN landasan pacu, ada beberapa aspek yang dibutuhkan yakni nilai ESWL dari pesawat rencana dan juga nilai tekanan roda pesawat rencana. Menggunakan grafik pada Gambar 3, diperoleh nilai LCN landasan pacu sebesar 63. Nilai LCN 63 termasuk dalam kategori LCG III dengan jangkauan nilai antara 50 hingga 75.

6) Menentukan Tebal Perkerasan Lentur

Setelah memperoleh klasifikasi nilai LCN pada LCG, dapat ditentukan besar tebal perkerasan lentur menggunakan grafik pada Gambar 4. Dalam menentukan tebal perkerasan lentur, ada beberapa parameter yang perlu diperhatikan yakni

nilai LCN landasan pacu dan nilai CBR dari subgrade. Dari Gambar 4, dengan nilai LCN sebesar 63 dan nilai CBR tanah dasar sebesar 15% diperoleh tebal perkerasan lentur sebagai berikut :

- a. Lapisan Permukaan = 100 mm
- b. Lapisan Pondasi Atas = 350 mm
- c. Lapisan Pondasi Bawah = 100 mm

7) Menentukan LCN Pesawat Rencana

Dalam penentuan nilai LCN pesawat rencana, dapat menggunakan grafik yang disediakan oleh perusahaan manufaktur pesawat. Dalam menentukan LCN pesawat (Dibaca : Aircraft Classification Number pada grafik) B737-900 ER dapat menggunakan grafik pada Gambar 5. Dari grafik pada Gambar 5, dengan nilai bobot pesawat 164.500 lbs dan CBR tanah dasar sebesar 15% diperoleh nilai LCN pesawat rencana (dibaca : Aircraft Classification Number pada grafik) B737-900ER adalah 40,5. Sementara, nilai LCN landasan pacu adalah 63. Sehingga dapat disimpulkan perkerasan landasan pacu mampu melayani pesawat rencana.

8) Menentukan Tebal Perkerasan Bahu Landasan Pacu

Dalam perencanaan tebal perkerasan bahu landasan pacu, digunakan nilai LCN 1 kategori dibawah LCG landasan pacu. Maka, digunakan kategori LCG IV dengan nilai LCN adalah 40 untuk perencanaan tebal perkerasan bahu landasan pacu. Menggunakan grafik pada Gambar 4, dengan nilai LCN 40 dan nilai CBR tanah dasar 15% diperoleh tebal perkerasan lentur bahu landasan pacu sebesar :

- a. Lapisan Permukaan = 100 mm
- b. Lapisan Pondasi Atas = 250 mm
- c. Lapisan Pondasi Bawah = 100 mm

D. Metode Pelaksanaan Konstruksi Landasan Pacu

1) Metode Pelaksanaan Pekerjaan Lapisan Pondasi Bawah dan Atas

Lapis pondasi bawah dan atas merupakan lapisan pendukung perkerasan lentur. Lapisan pondasi atas dan bawah memiliki metode pelaksanaan yang sama. Berikut merupakan tahapan konstruksi lapisan pondasi bawah :

- a. Lakukan penandaan area kerja dengan mengacu pada centreline dari landasan pacu rencana.
- b. Mobilisasi material lapis pondasi bawah menggunakan dumptruck dari quarry menuju ke lokasi pekerjaan.
- c. Material lapis pondasi bawah kemudian dihampar dari elevasi tertinggi (centreline runway) menuju ke elevasi yang lebih rendah (menuju bahu runway) menggunakan motor grader dengan lebar penghamparan 3,2 m.
- d. Setelah dilakukan penghamparan dan pengecekan elevasi, kemudian dilakukan pemadatan menggunakan vibro roller sebanyak 8x lintasan pada tiap lajurnya. Saat dilakukan pemadatan, kadar air harus dijaga dalam kondisi optimum dengan melakukan penyemprotan menggunakan watertank. Pemadatan dilakukan dari elevasi tertinggi (centreline runway) menuju elevasi terendah (menuju bahu landasan pacu).
- e. Setelah melakukan pemadatan pada satu lapisan pondasi bawah, dilakukan pengecekan mutu pekerjaan meliputi pengecekan nilai CBR, densitas, proofrolling, grading dan smoothness.
- f. Apabila semua kriteria mutu telah tercapai, maka pekerjaan dapat dilanjutkan kelapisan lapis pondasi bawah

selanjutnya atau dilanjutkan dengan pekerjaan lapis pondasi atas ataupun lapisan permukaan.

2) Metode Pelaksanaan Pekerjaan Lapisan Permukaan

Berikut merupakan tahapan pekerjaan lapisan perkerasan :

- a. Sebelum melakukan pekerjaan, lakukan penandaan area kerja sesuai dengan gambar kerja dan lembar perizinan kerja
- b. Bersihkan area kerja dari debu dan material lainnya menggunakan air compressor dan power broom.
- c. Lakukan penyemprotan primecoat sekurang-kurangnya 48 jam sebelum dilakukan penghamparan lapisan aspal menggunakan asphalt distributor. Lakukan paper test untuk menguji jumlah prime coat yang disemprotkan. Apabila paper test tidak memenuhi persyaratan, maka dapat dilakukan penyemprotan ulang. Area yang tidak dapat dijangkau oleh asphalt distributor dapat dilakukan penyemprotan prime coat secara manual.
- d. Mobilisasi material hot mix asphalt (HMA) dari AMP menuju lokasi kerja dengan dump truck yang tertutup terpal untuk mencegah kontaminasi cuaca pada material HMA selama mobilisasi.
- e. Hampar material HMA menggunakan asphalt finisher dengan suhu HMA saat dihampar berkisar antara 130°C - 150°C. Area yang tidak terjangkau oleh asphalt finisher dapat diisi oleh material HMA yang diambil dari hopper atau truk, dan tidak diperbolehkan mengambil material yang sudah dihampar.
- f. Setelah dilakukan penghamparan dilakukan pemadatan yang terdiri dari 3 tingkatan yaitu : (1) Breakdown compaction menggunakan tandem roller dengan bobot 6 ton. Saat melakukan pemadatan, roda baja harus selalu dibasahi agar material tidak menempel. (2) Setelah dilakukan breakdown compaction dilakukan intermediate compaction menggunakan pneumatic tyre roller. (3) Setelah dilakukan intermediate compaction, kemudian dilanjutkan dengan final compaction menggunakan tandem roller 12 ton untuk memperoleh permukaan yang seragam, rapat dan halus.
- g. Sebelum dilakukan serah terima pekerjaan, dilakukan beberapa pengujian diantaranya pengambilan sampel coredrill untuk mengetahui stabilitas lapisan perkerasan, grading untuk mengetahui kerataan elevasi, dan smoothness untuk mengetahui kerataan permukaan lapisan perkerasan.

3) Analisis Biaya Konstruksi

Dalam analisis biaya konstruksi, diperlukan perhitungan volume pekerjaan. Rekapitulasi perhitungan volume pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 5. Dari perhitungan volume tersebut, dapat dihitung besar biaya konstruksinya. Rekapitulasi biaya konstruksi landasan pacu dapat dilihat pada Tabel 6, Tabel 7, dan Tabel 8.

IV. KESIMPULAN

Isi publikasi *online* ini melalui proses telaah oleh tim editor. Beberapa hal yang penting diperhatikan oleh penulis: (1) Dari analisis yang dilakukan, diperoleh total tebal perkerasan lentur landasan pacu menggunakan metode *Federal Aviation Administration* (FAA) AC 5320-6D diperoleh hasil sebesar 508 mm pada daerah kritis dan 439

mm pada daerah non kritis. Pada metode FAA AC 5320-6G menggunakan program FAARFIELD diperoleh tebal perkerasan total sebesar 519 mm. Sedangkan pada metode *Load Classification Number* (LCN), diperoleh total tebal perkerasan sebesar 550 mm. Dari analisis tebal perkerasan bahu landasan pacu, diperoleh menggunakan metode FAA AC 5320-6D sebesar 360 mm dan pada FAA AC 5320-6G diperoleh tebal perkerasan lentur sebesar 356 mm. Sedangkan pada metode LCN, diperoleh hasil perkerasan lentur pada bahu landasan pacu sebesar 450 mm.

Berikutnya, (2) Dari hasil analisis yang dilakukan, pada metode *Federal Aviation Administration* (FAA) menggunakan program bantu COMFAA diperoleh nilai PCN sebesar 42,9 dan nilai ACN sebesar 40,2. Sedangkan menggunakan program FAARFIELD diperoleh nilai PCR sebesar 386,4 dan nilai ACR sebesar 365,1. Pada metode *Load Classification Number* (LCN), diperoleh nilai LCN landasan pacu yakni sebesar 63 dan nilai LCN pesawat rencana sebesar 40,5. Sehingga dapat disimpulkan dari kedua metode masing-masing mampu melayani pesawat rencana dengan baik.

Kesimpulan terakhir, (3) Dari hasil analisis biaya yang dilakukan, pada konstruksi landasan pacu menggunakan tebal yang dihasilkan dari metode *Federal Aviation Administration* (FAA) AC 5320-6D dibutuhkan biaya sebesar Rp187.607.898.600 dan pada FAA AC 5320-6G dibutuhkan biaya sebesar Rp212.826.956.294. Sedangkan pada konstruksi landasan pacu dengan menggunakan tebal perkerasan yang dihasilkan dari metode *Load Classification Number* (LCN) membutuhkan biaya sebesar Rp225.887.763.123.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Junari, S. Widodo, and F. A. Prissando, "Analisis dampak perubahan sosial dan ekonomi masyarakat akibat pembangunan Bandara Internasional Doho Kediri (Studi di Desa Tiron Kabupaten Kediri)," *J. Mediasosian J. Ilmu Sos. dan Adm. Negara*, vol. 6, no. 2, pp. 363–380, Sep. 2022, doi: 10.30737/mediasosian.v6i2.3326.
- [2] Presiden Republik Indonesia, *Peraturan Presiden (PERPRES) Nomor 56 Tahun 2018 tentang Perubahan Kedua atas Peraturan Presiden Nomor 3 Tahun 2016 tentang Percepatan Pelaksanaan Proyek Strategis Nasional*. Jakarta: Peraturan Presiden (PERPRES) Republik Indonesia, LN.2018/NO.107, LL SETKAB : 3 HLM., 2018.
- [3] M. S. Lewa, P. Ariawan, and P. Budiarnaya, "Evaluasi perkerasan landasan pacu pada Bandara Pattimura dengan membandingkan metode FAA dan FAARFIELD software," *J. Ilmiah TELSINAS*, vol. 3, no. 2, pp. 1–8, 2020.
- [4] H. Basuki, *Merancang dan Merencana Lapangan Terbang*, 2nd ed. Bandung: Alumni, ISBN: 979-414-166-6, 1986.
- [5] Direktur Jenderal Perhubungan Udara, *Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor KP 14 Tahun 2021 Tentang Spesifikasi Teknis Pekerjaan Fasilitas Sisi Udara Bandar Udara*. Jakarta: Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, 2021.
- [6] Menteri Perhubungan Republik Indonesia, *Keputusan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor KM 28 Tahun 2020 Tentang Penetapan Lokasi Bandar Udara Baru di Kabupaten Kediri Provinsi Jawa Timur*. Jakarta: Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, 2020.
- [7] Federal Aviation and Administration, "Advisory Circular No. 150/5320-6E: Airport Pavement Design and Evaluation," USA, 2009.
- [8] I. William Rankin and J. Cokley, "Runway incursions: Airport movement area driver training demographics suggests revisions to airport driver training methods," *J. Manag. Mark. Res.*, pp. 1–18, 2009.
- [9] Federal Aviation and Administration, "Advisory Circular No. 150/5320-6G: Airport Pavement Design and Evaluation," USA, 2021.
- [10] Federal Aviation and Administration, "Advisory Circular No. 150/5335-5B: Standardized Method of Reporting Airport Pavement Strength - PCR," USA, 2011.
- [11] M. I. E.-S. Attia, "Evaluation of airport flexible pavement HMA Fatigue using FAARFIELD," *Int. J. Sci. Eng. Res.*, vol. 10, no. 1, pp. 782–789, 2019.
- [12] Federal Aviation and Administration, "Advisory Circular No. 150/5335-5D: Standardized Method of Reporting Airport Pavement Strength - PCR," USA, 2022.