

Evaluasi desain struktur perkerasan lentur landasan pacu (*runway*) menggunakan metode *FAA* dan metode *LCN* pada Bandara Dhoho Kediri

Andien Salsabila Zahra¹, Miftahul Fauziah^{1,*}

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

Article Info

Available online

Keywords:

Bandara Dhoho
DMG 27
FAARFIELD
MTOW
Runway

Corresponding Author:

Miftahul Fauziah
miftahul.fauziah@uii.ac.id

Abstract

The thickness planning of a pavement structure in runway construction plays an important role because it is designed to withstand the heaviest aircraft loads expected to use the airport, withstand repeated dynamic loads from aircraft movements with different weights and wheel configurations. This research was conducted to propose alternative designs for the runway pavement of Dhoho Airport Kediri with the FAA manual method, FAA software FAARFIELD method, and LCN method, and to compare them based on the design concept, input parameters, calculation procedures, and thickness results. The three methods use different design concepts, the FAA manual method is based on the aircraft plan with the largest MTOW, the FAA software FAARFIELD method is not based on determining the aircraft plan but all aircraft are included as indicated by the CDF value, while the LCN method is based on the aircraft plan with the largest ACN value. The thickness results of the three methods if the material, thickness of AC-WC, AC-BC, and AC-Base are the same, then the base and subbase layers are thinnest in the FAA software FAARFIELD method compared to the FAA manual and LCN methods.

Copyright © 2024 Universitas Islam Indonesia
All rights reserved

Pendahuluan

Jawa Timur merupakan suatu provinsi yang berperan sebagai lokomotif pertumbuhan ekonomi nasional. Berdasarkan Badan Pusat Statistik (BPS) pertumbuhan tertinggi terjadi pada lapangan usaha transportasi dan pergudangan yang tumbuh sebesar 22,21%. Angkasa Pura *Airport* mencatat terjadi pertumbuhan sebesar 55,9% untuk pergerakan penumpang, 10,4% untuk pergerakan pesawat udara, dan 7,3% untuk pertumbuhan pergerakan kargo. Berkaitan dengan peningkatan pergerakan pesawat udara, penumpang, kargo, serta pertumbuhan ekonomi di Jawa Timur, pemerintah bersamaan dengan badan usaha swasta yaitu PT Gudang Garam Tbk membangun suatu bandara bernama Bandara Dhoho.

Berdasarkan KM 28 Tahun 2020 tentang Penetapan Lokasi Bandar Udara Baru di Kabupaten Kediri Provinsi Jawa Timur, Bandara Dhoho akan dibangun dengan luas lahan kurang lebih 454,5 Ha yang difasilitasi *runway* dengan panjang 3.300 x 45 m², klasifikasi *runway* 4E, dan instrumen presisi pada fase tahap III di akhir tahun rencana (20 tahun) dengan pesawat udara terbesar yang dilayani adalah pesawat B777-300ER untuk Tahap I (2023-2042), Tahap II (2043-2058), dan Tahap III (2059-2072). Pembangunan dilakukan dalam 2 fase, fase 1 pada tahun 2019-2021 dan fase 2 pada tahun 2021- 2023.

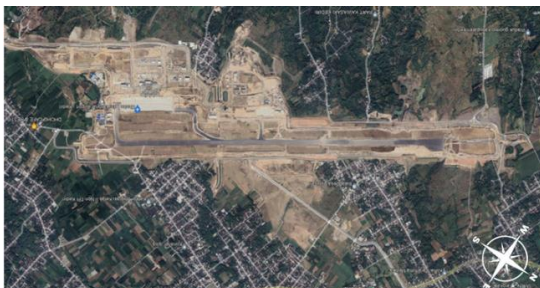
Kajian mengenai perencanaan perkerasan dengan metode *FAA* pernah dilakukan oleh Farhan (2023), Sihombing (2022), Bimantoro (2022), dan Lewa dkk. (2020). Secara umum, hasil dengan metode *FAA* secara mekanistik

dengan *software FAARFIELD* memiliki ketebalan yang lebih tipis dibanding metode *FAA* secara empiris dengan manual grafik dengan pesawat rencana, nilai *CBR subgrade*, dan *annual growth* yang berbeda. Farhan (2023) pada Bandara Halim Perdanakusuma menghasilkan bahwa metode mekanistik lebih tipis dibanding metode empiris. Evaluasi desain oleh Sihombing (2022) pada Bandara Internasional Oe-Cusse Timor Leste dalam waktu pengembangan 20 tahun dihasilkan selisih antara *software FAARFIELD* dan cara grafis adalah 10% atau selisih sekitar 72 mm.

Selain itu, perancangan perkerasan landasan pacu dengan metode *LCN (Load Classification Number)* yang mengacu pada *DMG 27* telah dilakukan oleh Sektiaji (2019), Prayoga dan Sukirman (2018). Sektiaji (2019) pada Yogyakarta *International Airport* dengan pesawat rencana B777-300ER dan jumlah *equivalent coverages* yang masuk dalam kategori frekuensi lalu lintas tinggi menghasilkan ketebalan desain yang lebih tebal dibanding eksisting. Selain itu, Prayoga dan Sukirman (2018) pada Bandara Internasional Juanda dengan tiga alternatif repetisi beban yang masuk ke dalam frekuensi lalu lintas tinggi menghasilkan ketebalan yang sama.

Metode Penelitian

Evaluasi desain dilakukan pada perkerasan lentur landasan pacu Bandara Dhoho yang terletak di Kecamatan Banyakan, Grogol, dan Tarokan, Kabupaten Kediri, Provinsi Jawa Timur.



Gambar 1. Lokasi Penelitian
(Google Earth Pro, 2023)

Data dalam penelitian ini diperoleh dari PT Jagat Tribuana Sakti selaku *Resident*

Engineer. Adapun data sekunder yang digunakan meliputi data *CBR subgrade* dan *CBR subbase*, data keberangkatan tahunan pesawat, data konfigurasi roda pesawat, data berat lepas landas maksimum (*MTOW*) pesawat, data nilai *ACN* pesawat, dan data desain perkerasan eksisting *runway* Bandara Dhoho. Penelitian ini bertujuan untuk mengusulkan alternatif desain dan membandingkan ketiga metode dilihat dari konsep desain, parameter *input*, prosedur perhitungan, dan hasil. Metode desain yang digunakan yaitu metode *FAA* berdasarkan *Advisory Circular 150/5320-6D* tahun 1995 sebagai metode empiris berupa penggunaan grafik, metode *FAA* berdasarkan *Advisory Circular 150/5320-6G* manual tahun 2021 sebagai metode mekanistik menggunakan *software FAARFIELD*, dan metode *LCN* berdasarkan *Design & Maintenance Guide 27 3rd edition* tahun 2011 sebagai metode empiris berupa penggunaan grafik. Perancangan menggunakan umur rencana 20 tahun sesuai dengan standar yang dikeluarkan oleh *FAA* (2021). Dalam mempermudah proses analisis data, dibutuhkan perangkat lunak berupa *FAARFIELD* versi 2.0.18 dan *Autocad* untuk memodelkan desain tebal perkerasan. Adapun analisis perkerasan *runway* adalah sebagai berikut.

1. Data *CBR*

Parameter *CBR subgrade* yaitu 6% dan *CBR subbase* yaitu 59% untuk *runway* Bandara Dhoho Kediri.

2. Data Keberangkatan Tahunan Pesawat

Pergerakan jumlah keberangkatan tahunan pesawat pada bandara ini dibagi menjadi tiga tahap tahun perencanaan yaitu tahap I (2023-2042), tahap II (2043-2058), dan tahap III (2059-2072).

Tabel 1. Keberangkatan Tahunan Pesawat

Tipe Pesawat	MTOW (kg)	Keberangkatan Tahunan (pesawat/tahun)		
		Tahap I	Tahap II	Tahap III
B777-300ER	352.441	365	730	1.460
B737-900ER	85.366	9.024	35.197	55.943
ATR 72-600	23.000	3.687	10.246	15.259

Sumber: PT Jagat Tribuana Sakti (2023)

Berdasarkan Tabel 1, pesawat B777-300ER merupakan pesawat yang memiliki *MTOW* terbesar dibanding pesawat lainnya, sementara pesawat B737-900ER merupakan pesawat yang memiliki jumlah keberangkatan tahunan terbanyak selama tiga tahap perencanaan.

3. Data Tebal Perkerasan Eksisting

Data ini digunakan sebagai acuan atau bahan pembandingan dengan tebal hasil redesain.

Tabel 2. Tebal Perkerasan Eksisting

Lapisan	Material	Tebal (mm)		
		Tahap I	Tahap II	Tahap III
AC-WC	P-401/P-403 HMA	50	50	100
AC-BC	Surface	75	75	75
AC-Base layer 1	P-401/P-403 St	85	85	85
AC-Base layer 1	(flex)	90	90	90
Base	P-209 Crushed Aggregate	150	150	150
Subbase	P-154 Uncrushed Aggregate	600	600	600

Sumber: PT Jagat Tribuana Sakti (2023)

4. Metode FAA secara empiris

Adapun alur perhitungan metode FAA secara empiris yaitu sebagai berikut.

- Menentukan pesawat rencana
- Menghitung jumlah keberangkatan tahunan pesawat campuran (R_2)
Persamaan umum untuk konversi konfigurasi roda pendaratan berdasar FAA (1978) adalah sebagai berikut.

$$Y = 0,8^{(M-N)} \quad (1)$$

dengan:

Y = nilai konversi,

M = konfigurasi roda pendaratan yang dikonversi, dan

N = konfigurasi roda pendaratan yang akan dikonversi.

$$R_2 = \text{keberangkatan tahunan} \times Y \quad (2)$$

- Menghitung beban roda pesawat campuran (W_2)

$$W_2 = MTOW \times 0,95 \times \frac{1}{n} \quad (3)$$

dengan:

$MTOW$ = berat maksimum pesawat saat lepas landas, dan

n = jumlah roda pendaratan utama.

- Menghitung keberangkatan tahunan ekuivalen pesawat rencana (R_1)

$$\log R_1 = \log R_2 \times \left(\frac{W_2}{W_1}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

dengan:

R_1 = keberangkatan tahunan ekuivalen pesawat rencana,

R_2 = jumlah keberangkatan tahunan pesawat campuran,

W_1 = beban roda pesawat rencana, dan

W_2 = beban roda pesawat campuran.

- Menentukan tebal perkerasan menggunakan grafik desain yang didapat dari manual pesawat komersial boeing.

5. Metode FAA secara mekanistik

Berikut merupakan langkah-langkah penggunaan software FAARFIELD.

- Membuat job file
- Memilih jenis perkerasan
- Memodifikasi struktur lapis perkerasan meliputi input material dan input tebal awal pada setiap lapis
- Memasukkan jumlah keberangkatan tahunan pesawat
- Memasukkan umur rencana
- Melakukan running design

6. Metode LCN

Terdapat beberapa hal yang perlu diketahui dalam perhitungan metode LCN yaitu sebagai berikut.

- Menentukan kategori tanah dasar berdasarkan nilai CBR
- Menentukan nilai Aircraft Classification Number (ACN) pada setiap pesawat
- Memilih pesawat rencana dari nilai ACN terbesar

- d. Menentukan *pass to coverage* dan rasio ACN
Berikut merupakan tabel nilai *pass to coverage ratio* dan persamaan untuk menghitung rasio ACN.

Tabel 3. Nilai *Pass to Coverage Ratio*

Tipe Roda Utama	Pass to Coverage Ratio		
	Runway	Taxiway	Stand
Dual	3,2	2,1	1
Dual Tandem	1,8	1,31	0,5
Tridem	1,44	1	0,33

Sumber: Kementerian Pertahanan Inggris, 2011

$$\text{Rasio ACN} = \frac{\text{ACN pesawat yang ditinjau}}{\text{ACN pesawat rencana}} \quad (5)$$

- e. Menghitung nilai *passes* dan *coverages*
f. Mengkonversi nilai *coverages* ke *equivalent coverages* melalui grafik *mixed traffic analysis*
g. Menentukan frekuensi lalu lintas dari hasil total *equivalent coverages*
h. Menentukan tebal perkerasan menggunakan grafik yang terdapat pada dokumen DMG 27.

7. Tebal Lapis Perkerasan Minimum

Terdapat persyaratan tebal lapis perkerasan minimum untuk perkerasan lentur berdasarkan dokumen AC 150/5320-6G yaitu sebagai berikut.

Tabel 4. Tebal Lapis Minimum untuk Perkerasan Lentur

Jenis Lapisan	Bahan Spesifikasi FAA	Berat Kotor Maksimum Pesawat pada Lapisan Perkerasan, lbs (kg)		
		< 60.000 (27,215)	< 100.000 (45,360)	≥ 100.000 (45,360)
Asphalt Surface	P-401/P-403	3 in (75 mm)	4 in (100 mm)	4 in (100 mm)
Stabilized Base	P-401 atau P-403; P-304; P-306	Tidak dibutuhkan	Tidak dibutuhkan	5 in (125 mm)
Crushed Aggregate Base	P-209, P-211	Tidak dibutuhkan	6 in (150 mm)	6 in (150 mm)
Aggregate Base	P-207, P-208, P-210, P-212, P-213, P-219	3 in (75 mm)	n/a	n/a
Drainable Base (ketika digunakan)	P-307, P-407	Tidak dibutuhkan	6 in (150 mm) (ketika digunakan)	6 in (150 mm) (ketika digunakan)
Subbase	P-154	6 in (150 mm) (jika dibutuhkan)	6 in (150 mm) (jika dibutuhkan)	6 in (150 mm) (jika dibutuhkan)

Hasil dan Pembahasan

Alternatif Desain Metode FAA secara Empiris

Dalam metode ini, analisis untuk tiga tahap umur rencana dilakukan dengan dua alternatif penentuan pesawat rencana. Alternatif

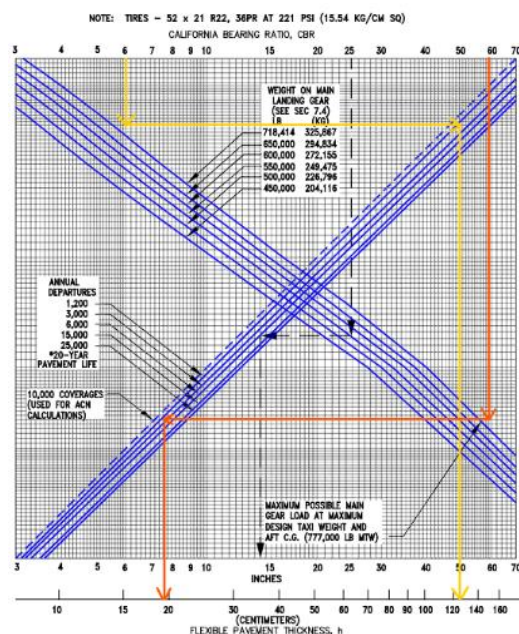
pertama dipilih pesawat B777-300ER dan alternatif kedua menggunakan pesawat rencana B737-300ER. Adapun rekapitulasi hasil perhitungan *annual departure* pesawat campuran pada tahap I untuk pesawat rencana B777-300ER adalah sebagai berikut.

Tabel 5. *Annual Departure* Pesawat Campuran

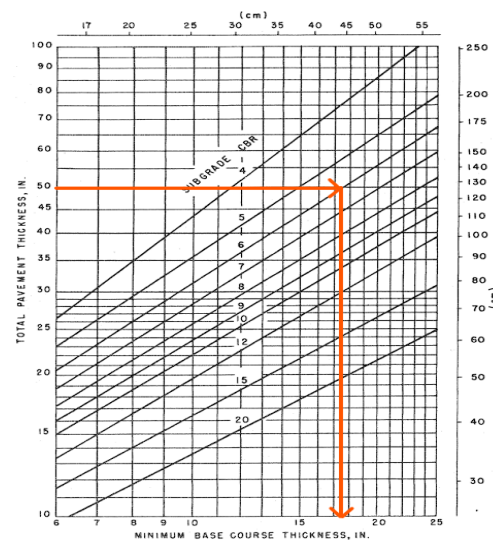
No	Tipe Pesawat	Annual Departure	Beban Roda Pesawat Campuran (W_2)	Beban Pesawat Rencana (W_1)	Keberangkatan Tahunan Pesawat Campuran (R_2)	Keberangkatan Tahunan Ekuivalen Pesawat Rencana (R_1)
			kg	kg		
1	B777-300ER	365	27.901,58	27.901,58	365	365
2	B737-900ER	9.024	20.274,43	27.901,58	3.696,23	1.099,7
3	ATR 72-600	3.687	5.462,50	27.901,58	1.510,20	25,5
Total Annual Departure Campuran						1.490,2

Setelah didapatkan total *annual departure* pesawat campuran, selanjutnya yaitu menentukan tebal perkerasan. Parameter *input* yang diplot ke dalam grafik yaitu nilai *CBR*, *MTOW* pesawat, dan total *annual departure*.

Langkah pertama dalam penggunaan grafik yaitu memplotkan nilai *CBR subgrade*. Setelah itu tarik garis lurus secara vertikal hingga menyentuh kurva *weight on main landing gear*. Kemudian teruskan garis hingga menyentuh kurva *annual departures*. Cara yang sama juga dilakukan untuk menentukan tebal total *surface* dan *base*.



Gambar 2. Grafik Perhitungan Tebal Perkerasan Metode FAA



Gambar 3. Grafik Perhitungan Tebal Minimum Base Course

Berdasarkan Gambar 2, dihasilkan total tebal perkerasan sebesar 50 inci (127 cm) dan total tebal *surface* dan *base* yaitu 7,6 inci (19,3 cm), sehingga dapat ditentukan tebal lapisan *subbase* dengan cara sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Tebal subbase} &= 50 \text{ inci} - 7,6 \text{ inci} \\ &= 42,4 \text{ inci} \end{aligned}$$

Tebal *surface* ditentukan setebal 125 mm, disamakan dengan tebal desain eksisting.

$$\begin{aligned} \text{Tebal base} &= 7,6 \text{ inci} - 4,9 \text{ inci} \\ &= 2,7 \text{ inci} \end{aligned}$$

Berdasarkan Gambar 3, dapat diketahui bahwa tebal *base course* adalah 17,5 inci sedangkan dari hasil perhitungan didapat 2,7 inci, sehingga kekurangan 14,8 inci diambil dari tebal lapisan *subbase*. Berikut merupakan rekapitulasi hasil akhir ketebalan dengan metode *FAA* secara empiris.

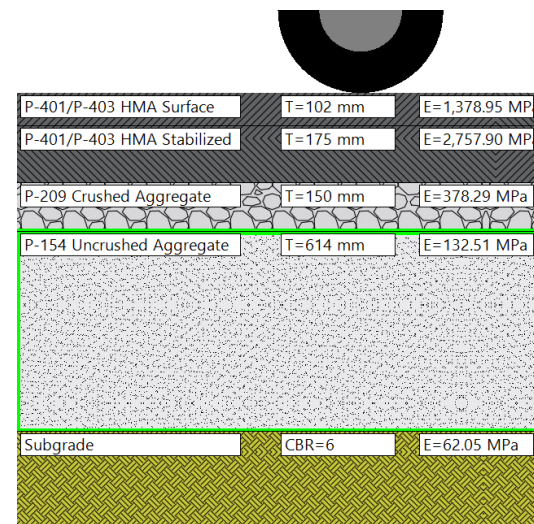
Tabel 6. Rekapitulasi Hasil Akhir Tebal Perkerasan Metode FAA secara Empiris

Lapisan	Material	Tebal (mm)					
		Desain Eksisting			Metode FAA cara manual		
		Tahap I	Tahap II	Tahap III	Tahap I	Tahap II	Tahap III
AC-WC	P-401/P-403	50	50	100	50	50	100
AC-BC	HMA	75	75	75	75	75	75
AC-Base layer 1	P-401/P-403	85	85	85	85	85	85
AC-Base layer 2	HMA	90	90	90	90	90	90
Base	P-209 Crushed Aggregate	150	150	150	445	485	510
Subbase	P-154 Uncrushed Aggregate	600	600	600	705	790	720

Berdasarkan Tabel 6, jika desain lapis AC-WC, AC-BC, AC-Base disamakan dengan desain eksisting, terdapat selisih tebal lapis *base* dan *subbase* antara metode FAA secara empiris dengan data eksisting. Selisih tebal lapis *base* pada tahap I adalah 295 mm, tahap II adalah 335 mm, dan tahap III adalah 360 mm. Sementara selisih tebal lapis *subbase* yaitu tahap I adalah 105 mm, tahap II adalah 190 mm, dan tahap III adalah 120 mm.

Alternatif Desain Metode FAA secara Mekanistik

Konsep desain metode mekanistik FAA *software FAARFIELD* tidak didasarkan pada penentuan pesawat rencana seperti pada metode empiris, melainkan semua jenis pesawat yang beroperasi diperhitungkan yang ditunjukkan oleh nilai *Cumulative Damage Factor (CDF)*. Parameter input proses desain pada *software FAARFIELD* berupa data *CBR subgrade*, jumlah keberangkatan tahunan pesawat (terdapat *MTOW* dan konfigurasi roda yang tersemat di dalamnya), dan umur rencana. Berikut merupakan ilustrasi tebal perkerasan pada tahap I berdasarkan *FAARFIELD* yang terdapat pada Gambar 4.



Gambar 4. Ilustrasi Tebal perkerasan berdasarkan *FAARFIELD*

Perancangan dengan *software FAARFIELD* dibuat dalam beberapa alternatif desain. Alternatif desain 1 yaitu jika desain tebal lapis AC-Base, base, dan subbase disamakan, alternatif desain 2 yaitu jika tebal lapis base dan subbase yang disamakan, dan alternatif desain 3 jika tebal lapis AC-WC, AC-BC, dan AC-Base yang disamakan dengan tebal desain eksisting. Rekapitulasi hasil akhir ketebalan dengan metode FAA secara mekanistik dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Rekapitulasi Hasil Akhir Tebal Perkerasan Metode *FAA* secara Mekanistik

Lapisan	Material	Tebal (mm)								
		Alternatif Desain 1			Alternatif Desain 2			Alternatif Desain 3		
		Tahap I	Tahap II	Tahap III	Tahap I	Tahap II	Tahap III	Tahap I	Tahap II	Tahap III
AC-WC	P-401/P-	40	40	40	40	40	40	50	50	100
AC-BC	403 HMA	65	65	65	65	65	65	75	75	75
AC-Base layer 1	P-401/P-403 HMA Stabilized	85	85	85	60	60	60	85	85	85
AC-Base layer 2		90	90	90	70	70	70	90	90	90
Base	P-209 Crushed Aggregate	150	150	150	180	195	210	150	150	150
Subbase	P-154 Uncrushed Aggregate	615	705	790	670	725	785	600	670	680

Berdasarkan Tabel 7, pada alternatif 1 terdapat selisih tebal dengan eksisting pada lapisan AC-WC yaitu tahap I dan tahap II adalah 10 mm, tahap III adalah 60 mm. Selisih tebal lapis AC-BC pada tahap I, II, dan III adalah 10 mm. Sementara pada lapis *subbase* terjadi penambahan tebal setelah proses *run* sehingga selisihnya yaitu pada tahap I adalah 15 mm, tahap II adalah 105 mm, dan tahap III adalah 190 mm. Maka didapat ketebalan yang lebih tipis pada lapis *surface* karena setelah proses *run* ketebalan tetap dengan tebal minimum otomatis dari *FAARFIELD* dan dihasilkan ketebalan yang lebih tebal pada lapis *subbase*.

Alternatif desain 2 jika lapis *base* dan *subbase* yang disamakan, tetap terjadi penambahan tebal setelah proses *run* sehingga terdapat selisih dengan eksisting pada lapis *base* tahap I yaitu 30 mm, tahap II yaitu 45 mm, dan tahap III yaitu 60 mm. Sementara selisih pada lapisan *subbase* tahap I yaitu 70 mm, tahap II yaitu 125 mm, dan tahap III yaitu 185 mm sehingga alternatif desain 2 pada lapis *subbase* memiliki ketebalan yang paling tebal dibanding desain eksisting dan alternatif desain lainnya.

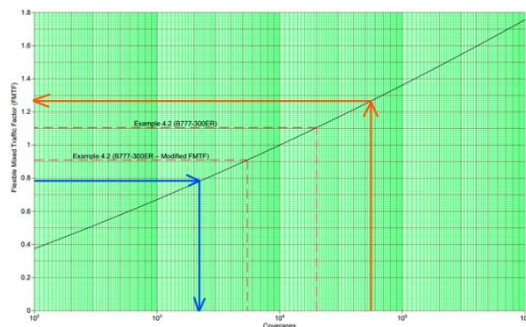
Selain itu pada alternatif desain 3 dihasilkan ketebalan yang sama dengan eksisting pada

setiap lapisnya. Namun terdapat perbedaan pada lapisan *subbase* di tahap II dan III dimana hasil alternatif desain 3 lebih tebal dibanding desain eksisting. Adapun selisih ketebalan lapisan *subbase* pada tahap II yaitu 70 mm dan tahap III yaitu 80 mm.

Berdasarkan tiga alternatif desain dengan *software FAARFIELD* dilihat dari hasil ketebalan yang didapat, maka alternatif desain 1 merupakan desain yang lebih efisien dibanding dua alternatif lainnya. Hal ini dikarenakan ketebalan alternatif desain 1 pada lapis AC-WC dan AC-Base menghasilkan ketebalan yang lebih tipis dibanding desain eksisting, sehingga akan mengurangi biaya yang dibutuhkan. Sementara pada lapis *subbase* dihasilkan ketebalan yang lebih tebal dibanding desain eksisting namun dengan selisih yang tidak terlalu besar, sehingga nilai struktur pada alternatif desain 1 lebih besar dibanding desain eksisting. Menurut Hardiyatmo (2007), penggunaan lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah dapat menambah kekuatan dan ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue*), mendukung dan mendistribusikan beban, dan meningkatkan efisiensi penggunaan material agar lapisan AC-WC, AC-BC, dan AC-Base dapat dikurangi ketebalannya, sehingga dapat menghemat biaya.

Alternatif Desain Metode LCN

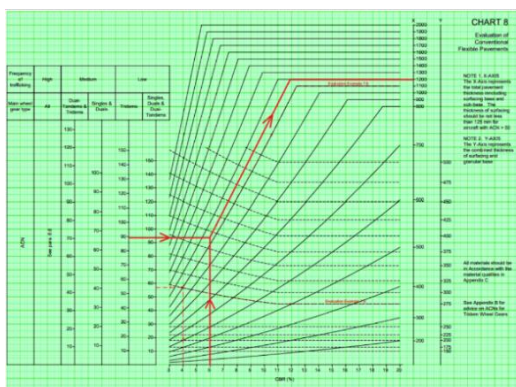
Pesawat rencana yang dipilih dalam metode ini adalah pesawat B777-300ER karena memiliki nilai ACN terbesar dibanding pesawat lainnya, dengan nilai ACN yaitu 89,3. Berikut merupakan prosedur mengkonversi nilai *coverages* ke *equivalent coverages* melalui grafik *mixed traffic analysis*.



Gambar 5. Analisis *Mixed Traffic* Pesawat B737-900ER

Tabel 8. Perhitungan *Equivalent Coverages*

No	Type Pesawat	Rasio ACN	Coverages	FMTF	MMTF	<i>Equivalent Coverages</i>
(1)	(2)	(3)	(4)	(5) (Gambar 5)	(6) = (3) x (5)	(7) (Gambar 5.)
1	B777-300ER	1	5.069,44	0,72	0,72	5.069,44
2	B737-900ER	0,627	56.400	1,27	0,796	2.300
3	ATR 72-600	0,148	23.043,75	1,12	0,166	100
Total						7.469,44



Gambar 6. Grafik Perhitungan Tebal Perkerasan Metode LCN

Berdasarkan Gambar 6, diperoleh tebal total perkerasan sebesar 1.200 mm, sedangkan

Berdasarkan perhitungan total *equivalent coverages* pada tiga tahap umur rencana, frekuensi lalu lintas dapat diklasifikasikan ke dalam tingkat rendah (*low*) karena jumlah *equivalent coverages* selama umur rencana masih ≤ 100.000 . Adapun rekapitulasi hasil perhitungan *equivalent coverages* dapat dilihat pada Tabel 8.

Setelah didapat total *equivalent coverages* untuk menentukan klasifikasi frekuensi lalu lintas, selanjutnya yaitu menentukan tebal perkerasan menggunakan grafik yang didapat dari DMG 27. Parameter *input* yang diplotkan ke dalam grafik antara lain nilai *CBR subgrade*, nilai ACN pesawat rencana, konfigurasi roda pesawat rencana, dan klasifikasi frekuensi lalu lintas. Adapun perhitungan tebal perkerasan dapat dilihat pada Gambar 6.

tebal lapis *surface* dan *base* adalah 500 mm. Tebal minimum lapis *surface* untuk ACN rencana lebih dari 50 adalah 125 mm. Dalam perencanaan ini tebal lapis *surface* diambil 125 mm untuk tahap I dan II, serta 175 mm untuk tahap III sama dengan tebal lapis *surface* pada desain eksisting. Maka dapat dihitung tebal masing-masing lapisan sebagai berikut.

$$\text{Tebal base} = 500 \text{ mm} - 125 \text{ mm} = 375 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal subbase} = 1.200 \text{ mm} - 500 \text{ mm} = 700 \text{ mm}$$

Berikut merupakan rekapitulasi hasil akhir ketebalan dengan metode LCN untuk tiga tahap perencanaan dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Rekapitulasi Hasil Akhir Tebal Perkerasan Metode LCN

Lapisan	Material	Tebal (mm)					
		Desain Eksisting			Metode LCN		
		Tahap I	Tahap II	Tahap III	Tahap I	Tahap II	Tahap III
AC-WC	P-401/P-403 HMA	50	50	100	50	50	100
AC-BC		75	75	75	75	75	75
AC-Base layer 1	P-401/P-403 HMA Stabilized	85	85	85	85	85	85
AC-Base layer 2		90	90	90	90	90	90
Base	P-209 Crushed Aggregate	150	150	150	375	375	325
Subbase	P-154 Uncrushed Aggregate	600	600	600	700	700	700

Berdasarkan Tabel 9, didapat tebal total perkerasan dengan metode LCN pada tahap I, tahap II, dan tahap III adalah 1.375 mm dimana tebal total masing-masing lapisan di tiga tahap umur rencana menghasilkan ketebalan yang sama. Hal ini dikarenakan hasil analisis perhitungan nilai *equivalent coverages* pada tiga tahap umur rencana memiliki klasifikasi frekuensi lalu lintas yang sama yaitu tingkat rendah (*low*).

Jika desain pada lapis AC-WC, AC-BC, dan AC-Base disamakan dengan desain eksisting, terdapat selisih antara metode LCN dan desain eksisting pada tebal *base* dan *subbase*. Selisih tebal lapis *base* pada tahap I dan tahap II adalah 225 mm, dan tahap III adalah 175 mm. Sementara selisih tebal lapis *subbase* pada tahap I, II, dan III adalah 100 mm.

Adapun material yang digunakan untuk ketiga metode didasarkan pada dokumen FAA AC 150/5370-10H. Lapisan *surface* memakai material P-401/P-403 HMA karena material jenis ini digunakan untuk perkerasan lentur. Lapisan *stabilized base* memakai material P-401/P-403 HMA *Stabilized*, karena pesawat yang beroperasi memiliki berat kotor ≥ 100.000 lbs maka dibutuhkan lapisan *stabilized base*. Lapisan *base* memakai material P-209 *Crushed Aggregate* dimana material ini dipilih karena berat kotor pesawat memuat ≥ 100.000 lbs

(45,360 kg). Lapisan *subbase* memakai material P-154 *Uncrushed Aggregate* karena satu-satunya material yang dapat dipakai untuk lapisan *subbase* sesuai dengan Tabel 4 yaitu tebal lapis minimum untuk perkerasan lentur.

Perbandingan Alternatif Metode Desain

Alternatif desain ketiga metode pada lapisan AC-Base dirancang dengan dua *layer* karena disamakan dengan tebal desain eksisting agar dapat dilakukan perbandingan tebal setiap lapisannya. Berdasarkan hasil ketebalan pada ketiga metode desain, jika menggunakan material dan tebal lapisan AC-WC, AC-BC, dan AC-Base yang sama dihasilkan tebal *base* dan *subbase* yang paling tipis pada metode FAA secara mekanistik alternatif desain 3 dibanding dengan metode FAA dan metode LCN secara empiris. Selanjutnya jika menggunakan material dan tebal lapisan AC-Base yang sama, maka dihasilkan ketebalan AC-WC dan AC-BC yang paling tipis pada metode FAA secara mekanistik alternatif desain 1 dibanding dengan metode FAA secara empiris, metode FAA alternatif desain 3, dan metode LCN. Perbedaan ketebalan dengan ketiga metode sudah dibuktikan oleh penelitian yang dilakukan Afriyani dan Suryan (2022) dengan hasil bahwa didapat ketebalan dari yang paling tipis hingga yang paling tebal secara berurutan adalah metode

FAA secara mekanistik, metode LCN, dan metode FAA secara empiris.

Perbedaan hasil perhitungan dari ketiga metode untuk desain perkerasan pada metode FAA secara empiris disebabkan oleh hasil dari tebal lapisan *subbase* yang dipengaruhi oleh grafik tebal minimum pada lapisan *base* sehingga kekurangan lapisan *base* diambil dari lapisan *subbase*, sama halnya dengan metode LCN yaitu tebal *subbase* dipengaruhi oleh tebal total dari grafik dan tebal *base* dipengaruhi oleh penentuan tebal *surface*. Sementara pada metode mekanistik FAA *software FAARFIELD* sudah otomatis dimulai dari ketebalan minimum sehingga tidak mempengaruhi tebal lapisan yang lain karena proses desain pada setiap lapis dilakukan secara bersamaan ketika proses *running design*.

Maka dari semua metode yang digunakan, metode FAA secara mekanistik lebih memiliki keunggulan hasil desain maupun kemudahan dalam prosedur desain dimana pada *software FAARFIELD* hanya perlu memasukkan parameter *input* dan struktur dapat dimodifikasi dengan mempertimbangkan material yang digunakan juga didasarkan dengan sistem CDF (*Cumulative Damage Factor*) yang dapat menentukan hasil desain yang lebih baik dengan nilai yang sudah memenuhi yaitu $CDF = 1$.

Keunggulan lainnya adalah proses desain pada *FAARFIELD* dilakukan dengan waktu yang sangat singkat sehingga dapat dengan mudah memodifikasi desain menjadi beberapa alternatif. Sementara, pada metode FAA dan metode LCN secara empiris terdapat kekurangan dalam ketersediaan parameter *input* mengingat perkembangan tipe pesawat sudah semakin beragam. Dalam manual AC 150/5320-6D tidak tersedia grafik perencanaan perkerasan untuk konfigurasi roda pendaratan *tridem* sedangkan pada DMG 27 Appendix B tidak tersedia nilai ACN untuk beberapa tipe pesawat. Maka dalam perancangan tebal perkerasan disarankan menggunakan

software FAARFIELD karena prosedur desainnya lebih sederhana dan efisien. Namun apabila perancangan ingin menggunakan metode FAA secara empiris, maka disarankan agar lebih teliti dalam penggunaan grafik juga harus tersedia data CBR *subbase*.

Kesimpulan

Hasil tebal yang didapat dari ketiga metode jika material, tebal AC-WC, AC-BC, dan AC-Base sama, maka lapis *base* dan *subbase* paling tipis terdapat pada metode mekanistik FAA *software FAARFIELD* dibanding metode FAA dan metode LCN secara empiris dengan cara manual grafik. Secara umum, desain menggunakan metode empiris menghasilkan ketebalan yang lebih tebal dibandingkan dengan metode mekanistik.

Daftar Pustaka

- Lewa, Mario Stevano, Putu Ariawan, and Putu Budiarnaya. 2021. "Evaluasi Perkerasan Landasan Pacu Pada Bandara Pattimura Dengan Membandingkan Metode FAA Dan FAARFIELD Software." *Jurnal Ilmiah Telsinas Elektro, Sipil Dan Teknik Informasi* 3(2):1–8.
- Palino, Silvani Desy, and Budi Hartanto Susilo. 2021. "Analisis Tebal Perkerasan Dan Biaya Dengan Software Faarfield Pada Landas Pacu BIJB Kertajati." *Jurnal Teknik Sipil* 17(1):14–29. doi: 10.28932/jts.v17i1.2382
- Paramahamsa, Kadek Liony Maya, and Anggi Nidya Sari. 2022. "Studi Perencanaan Perkerasan Runway Dan Taxiway Dengan Metode Federal Aviation Administration." *Journal of Airport Engineering Technology (JAET)* 2(2):67–74. doi: 10.52989/jaet.v2i2.56. Aviation Administration." *Journal of Airport Engineering Technology (JAET)* 2(2):67–74. doi: 10.52989/jaet.v2i2.56.
- (FAA), Federal Aviation Administration's. 2021. "AC 150/5320-6G, Airport

- Pavement Design and Evaluation.” *US Department of Transportation* (January):1–195.
- FAA. 1978. “FAA Advisory Circular 150/5320-6D.” *Design* 165.
- Sihombing, Sahat Martua, Achmad Pahrul Rodji, and Al Muzamil. 2022. “Analisis Tebal Perkerasan Runway Pada Bandara Internasional Oe-Cusse, Timor Leste.” *Jurnal Sipilkrisnaipilkrisna* 1(1):69–78.
- Prayoga, Aldo Budi, and Silvia Sukirman. 2018. “Desain Tebal Perkerasan Lentur Landas Pacu Bandara Soekarno-Hatta, Tangerang Menggunakan Metode Design & Maintenance Guide 27, Inggris. (Hal. 38-46).” *RekaRacana: Jurnal Teknil Sipil* 4(2): 38.
- Afriyani, Suci Ryski Nur, dan Viktor Suryan. 2022. “Analisa Metode FAA Dan ICAO-LCN Pada Perencanaan Perkerasan Runway Di Bandar Udara Silampari Lubuklinggau.” *Jurnal Talenta Sipil* 5(1):158. doi: 10.33087/talentaipil.v5i1.109.
- Kurniawan, K. 2018. “Studi Desain Perencanaan Perkerasan Sisi Udara Bandar Udara Tunggul Wulung Cilacap.” *Prosiding Semnastek* 1–10.
- Anis, M. (2016). Analisis Perbandingan Metode Empiris dan Metode Mekanistik dalam Perancangan Landasan Bandar Udara (Studi Kasus Bandar Udara Kertajati - Majalengka). *Warta Penelitian Perhubungan*, 16.
- Suryan, dkk. (Februari 2023). Aplikasi Perencanaan Perkerasan Runway Menggunakan Software FAARFIELD. *Jurnal Talenta Sipil*, 8.
- Purwanto dan Sunandar. (Juni 2019). Analisa Perencanaan Runway, Taxiway, dan Apron pada Bandara Sultan Mahmud Badaruddin II Palembang Menggunakan Metode FAA (Federal Aviation Administration). *Jurnal Deformasi*, 10.
- 777-200/-300 Airplane Characteristics for Airport Planning. (2022). US: Boeing Commercial Airplanes.
- Horonjeff, R. (1975). *Planning & Design of Airports*. New York: The McGraw-Hill Companies.
- Horonjeff, R., & Mc Kelvey, F. X. (1993). *Perencanaan dan Perancangan Bandar Udara. Edisi Ketiga Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Horonjeff, R., McKelvey, F. X., Sproule, W. J., & Young, S. B. (2010). *Planning & Design of Airports*. McGraw-Hill Education.
- Basuki, I. H. (1986). *Merancang dan Merencana Lapangan Terbang*. Bandung: PT Alumni.
- U.S.Department of Transportation (Horonjeff, McKelvey, Sproule, & Young, 2010) Federal Aviation Administration. 2018. “Standard Specifications for Construction of Airports.” *Ac 150-5370-10H*.
- Sektiaji, Hutama (2019). *Perancangan Perkerasan Lentur Landas Pacu Yogyakarta Internasional Airport, Kulonprogo Menggunakan Metode Load Classification Number (LCN)*. Yogyakarta: Universitas Gajah
- Farhan, A. M. (2023). Perbandingan Evaluasi Tebal Lapis Perkerasan Runway, Taxiway, dan Apron pada Bandar Udara Halim Perdanakusuma menggunakan Metode Empiris dan Metode Mekanistik berdasarkan Federal Aviation Administration (FAA)