

TEBAL PERKERASAN LENTUR PADA LANDASAN PACU BANDARA MENGGUNAKAN METODE FAA

(Studi Kasus : Bandara Abdulrachman Saleh, Kabupaten Malang)

Abraham Friesheka Aponno ¹, Nika Devi Permata Wijaya ²

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik

Universitas Merdeka Malang, Jawa Timur, Indonesia

Email¹: nika.wijaya@unmer.ac.id

Abstrak

Bandara Abdulrachman Saleh memiliki panjang runway 2250 m dengan jenis pesawat Airbus 300, Boeing 737-800 dan ATR72-500, yang memiliki panjang runway 2250 m dengan tebal total perkerasan lentur runway sebesar 90 cm. Ada 3,1 juta wisatawan yang berkunjung ke kota Malang tahun 2024, dengan 11.791 wisatawan diantaranya adalah wisatawan asing. Untuk mendukung hal ini, maka tingkat layan bandara menjadi faktor penting yang harus diperhatikan termasuk daya kerja runway yang dianalisis dengan menggunakan metode FAA. Tujuan dari penenlitian ini adalah untuk merencanakan tebal perkerasan lentur landasan Pacu Bandar Udara Abdulrachman Saleh – Malang dengan pesawat rencana B 737-900 menggunakan metode metode FAA (Federal Aviation Administration) serta menganalisis perencanaan tebal perkerasan lentur dari metode tersebut mampu melayani hingga 20 tahun kedepan. Berdasarkan hasil perencanaan dari kedua metode perencanaan struktur perkerasan lentur yang digunakan diperoleh bahwa metode FAA (Federal Aviation Administration) memiliki tebal sebesar 33 inchi atau 84 cm, yang artinya tidak mampu melayani hingga umur rencana 20 tahun karena nilai tebal perkerasan dengan pesawat rencana B737-900 lebih kecil dari nilai tebal perkerasan eksisting.

Kata kunci : FAA, Landasan Pacu, Perkerasan Lentur

Pendahuluan

Kepadatan aktifitas di Kota Malang setiap tahunnya selalu meningkat. Selain dari faktor pendidikan, perkembangan dari sektor pariwisata juga berperan penting dalam meningkatkan mobilitas masyarakat, baik domestik maupun mancanegara yang berkunjung ke Kota Malang. Peningkatan aktivitas tersebut khususnya melalui penggunaan moda transportasi udara yang secara langsung berdampak terhadap peningkatan volume lalu lintas penerbangan di Bandara Abdulrachman Saleh.

Bandara Abdulrachman Saleh memiliki panjang landasan pacu (*runway*) sebesar 2.250 meter dan melayani berbagai jenis pesawat, antara lain Airbus A300, Boeing 737-800, dan ATR 72-500

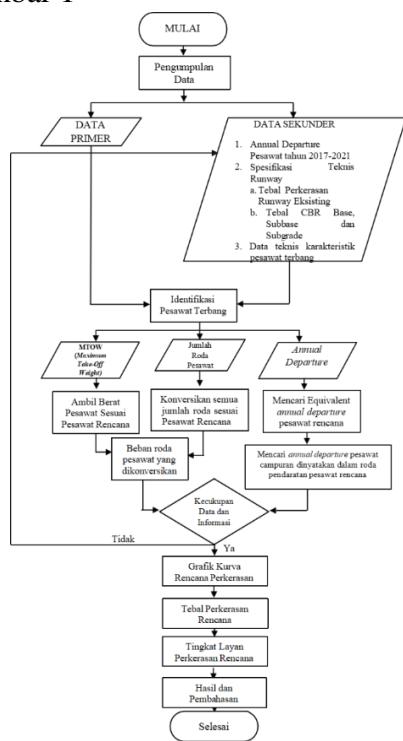
(Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, 2019). Dalam beberapa tahun terakhir, peningkatan jumlah wisatawan yang berkunjung ke Kota Malang menunjukkan peningkatan yang cukup tinggi. Pada tahun 2024, tercatat sebanyak 3,1 juta wisatawan mengunjungi Kota Malang, di antaranya 11.791 wisatawan mancanegara (Kemenparekraf, 2024). Peningkatan jumlah kunjungan tersebut menuntut peningkatan kualitas pelayanan bandara, termasuk penyediaan sarana dan prasarana yang memadai. Salah satu aspek penting yang perlu diperhatikan adalah kinerja landasan pacu (*runway*), yang dapat dianalisis melalui metode *Federal Aviation Administration* (FAA).

Meskipun metode FAA telah banyak digunakan dalam perencanaan dan analisis landasan pacu di berbagai bandara di

Indonesia, umumnya penerapannya dilakukan tanpa mempertimbangkan secara rinci kondisi lokal seperti karakteristik tanah, intensitas curah hujan, serta frekuensi operasional pesawat di masing-masing bandara. Pada kasus Bandara Abdulrachman Saleh, peningkatan volume penerbangan yang sejalan dengan pertumbuhan jumlah wisatawan berpotensi memengaruhi kinerja struktural landasan pacu. Namun, hingga saat ini, kajian mengenai evaluasi tebal perkerasan lentur landasan pacu berdasarkan kondisi aktual lapangan dengan menggunakan metode FAA masih terbatas. Sehingga penelitian ini dilaksanakan.

Metodelogi Penelitian

Adapun diagram alir metode FAA pada penelitian ini antara lain terlihat pada Gambar 1



Gambar 1. Diagram Alir Metode FAA
Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian terletak di Jl. Komodor Udara Abdul Rahman Saleh, Krajan, Bunut Wetan, Kec. Pakis, Kabupaten Malang, Jawa Timur.

Pengumpulan Data

a. Data Primer

Dengan mengamati kondisi eksisting runway bandara Abdulrachman dengan kuisioner dan wawancara.

b. Data Sekunder

Bersal dari Dinas Perhubungan Provinsi Jawa Timur dan UPT Bandara Abdulrachman Saleh. Data-data yang diperlukan diantaranya data annual departure pesawat, Konstruksi perkerasan eksisting, dan data CBR tanah subbase dan subgrade. Sementara data teknis karakteristik pesawat terbang mencakup :

1. Beban roda
2. Tekanan Ban
3. Jumlah roda
4. MTOW (Maximum Take-Off Weight)
5. Main Landing Configuration

Metode FAA

Langkah perhitungann perkerasan runway metode FAA yakni berikut ini:

1. Menetapkan jenis pesawat yang dilayani dan karakteristik masing-masing pesawat.
2. Menetapkan rata-rata pertumbuhan pesawat dan proyeksi pergerakan pesawat tahunan.

$$R_n = R_0 (1+i)^n \dots\dots\dots(1)$$

R_n = proyeksi pergerakan pesawat tahunan

R₀ = pergerakan pesawat di tahun ke-n

i = rata-rata angka pertumbuhan pergerakan pesawat dalam 5 tahun

n = tahun yang akan diproyeksikan

3. Menentukan nilai CBR Subbase dan Subgrade.
4. Menentukan Masing-Masing Tipe Roda Pendaratan Pesawat.
5. Menentukan R2.
- R2 = pergerakan pesawat tahunan x faktor konversi roda pendaratan
6. Menghitung Beban Roda Pesawat Campuran (W2)

$$W_2 = 0,95 \times MTOW \times \frac{1}{M} \times \frac{1}{N} \dots\dots\dots(2)$$

7. Menghitung R1

R1 adalah keberangkatan tahunan ekivalen oleh pesawat rencana atau *Equivalent*

Annual Departure (EAD) di mana persamaan yang digunakan:

$$\text{Log R1} = \text{Log R2} \left[\frac{W_2}{W_1} \right]^{0,5} \dots\dots\dots(3)$$

R1 = Equivalent annual departure pesawat rencana

R2 = jumlah Equivalent annual departure dari semua pesawat

W2 = Beban Pesawat Rencana

$$W_1 = \text{MTOW} \times 95\% \times \frac{1}{N} \dots\dots\dots(4)$$

8. Menentukan Tebal Perkerasan Total.

Tebal perkerasan metode FAA ditentukan dari grafik yang disesuaikan dengan tipe roda pendaratan pesawat rencana yakni dual wheel gear.

Perhitungan tebal perkerasan total melalui memplotkan MTOW rencana, data CBR subgrade, serta nilai *Equivalent Annual Departure* ke grafik yang selaras akan pesawat rencana.

9. Menentukan Tebal Perkerasan Subbase.

10. Menentukan Tebal Perkerasan Permukaan (Surface Course).

11. Menentukan Tebal Perkerasan Base Course.

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Kondisi Existing Bandar Udara Abdulrachaman Saleh

Data umum:

Kode IATA : MLG

Kode ICAO : WAR

Kategori Bandara : Domestik

Kelas Bandara : Kelas I

Pengelola Bandara : UPT Daerah / Pemda

Runway (49/F/C/X/T) : 2250 m x 40 m (90.000 m²)

Taxiway (56/F/C/X/T) : 1800 m x 30 m (54000 m²)

Apron (60 R/C/X/T) : 200 m x 110 m (22000 m²)

Terminal : 5250 m²

Jumlah Penumpang : 4.056 penumpang (1.869 penumpang datang dan 2.187 penumpang

berangkat)

Data Lalu Lintas Tahunan Pesawat (Annual Departure)

Berikut adalah data lalu lintas tahunan pesawat Bandara Abdulrachman Saleh tahun 2020 sampai tahun 2024 yang diperlihatkan dalam tabel 1.

Tabel 1. Data Lalu Lintas Pesawat Tahunan Bandara Abdulrachman Saleh

Tahun	B737-800 NG		A-300		ATR72-500	
	Arrival	Departure	Arrival	Departure	Arrival	Departure
2020	2578	2579	876	876	559	567
2021	3196	3196	1108	1108	701	701
2022	2222	2222	1100	1100	301	301
2023	881	881	586	586	52	52
2024	441	441	346	346	0	0

Data Pesawat Rencana

Pesawat rencana yang ditentukan adalah pesawat B737-900. Adapun data annual departure didapatkan dari PT Angkasa Pura I Bandara Juanda. Pesawat rencana tersebut dipilih karena Bandara Juanda adalah Bandara terdekat dari Bandara Abdulrachman Saleh.

Tabel 2. Data Pesawat Rencana B737-900

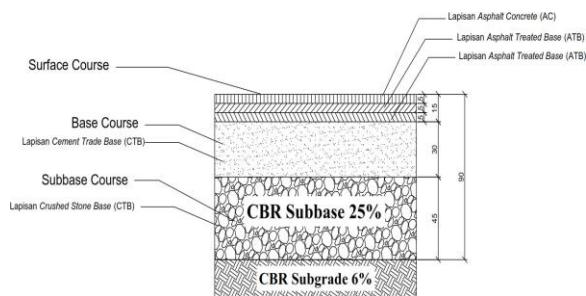
TAHUN	B737-900	
	ARRIVAL	DEPARTURE
2020	16429	16469
2021	15561	15562
2022	14697	14705
2023	8490	8484
2024	5810	5817

Data CBR Subgrade dan CBR Subbase

Data CBR (*California Bearing Ratio*) Subgrade dan Subbasediperoleh dari instansi terkait, UPT Bandara Abdulrachman Saleh. Adapun nilai CBR subgrade senilai 6% dan 25% nilai CBR subbase.

Data Tebal Perkerasan Runway Eksisting

Data tebal perkerasan runway eksisting Bandara Abdulrachman Saleh diperoleh dari UPT Bandara Abdulrachman Saleh.



Gambar 1. Detail Perkerasan Runway Eksisting Bandara Abdulrachman Saleh

Perhitungan Roda Pesawat Campuran (R_2)

Pesawat rencana yang digunakan adalah B737-900 yang mempunyai tipe roda pendaratan pesawat dual wheel gear. Konversi tiap roda pendaratan pesawat campuran ke dual wheel gear.

– Pesawat B737-800

Tipe roda pendaratan pesawat : Dual Wheel Gear

Faktor Konversi : 1

$R_2 = \text{Annual Departure} \times \text{faktor konversi}$

$$= 176 \times 1$$

$$= 176$$

Beginipun untuk perhitungan pada Pesawat A300 dan Pesawat ATR72-500 sama dengan Pesawat B737-800. Dengan demikian berikut Perhitungan Roda Pesawat Campuran (R_2) untuk masing-masing jenis pesawat.

Tabel 3. Perhitungan R_2 Pesawat Campuran

Pesawat	Forecast Annual Departure	R_2
737-800	dual wheel	176
A - 300	dual tandem	266
ATR72 -500	dual wheel	11

Perhitungan Beban Roda Pesawat Campuran (W_2)

Nilai MTOW dan jumlah roda pesawat masing-masing pesawat Berikut adalah perhitungan W_2 dari masing-masing pesawat campuran.

– Pesawat B737-800

MTOW = 155166 lbs

Jumlah roda per sumbu utama = 6

Beban Total Pesawat yang Dipikul = 95%

$W_2 = 155166 \times 95\% \times 1/6$

$$= 24568 \text{ lbs}$$

Dengan cara yang sama, dan dengan nilai MTOW yang sudah diketahui dari pesawat A300 dan ATR72-500, maka perhitungan W_2 dapat diperlihatkan pada tabel 4.

Tabel 4. Perhitungan Beban Roda Pesawat Campuran (W_2)

Jenis Pesawat	Jumlah roda per sumbu utama	MTOW (lbs)	MTOW (kg)	Beban Pesawat	W_2
B737-800	6	155166	70530	95%	24568
A300	8	142903	315046	95%	16970
ATR72-500	6	48501	22000	95%	7679

Perhitungan Beban Roda Pesawat Rencana (W_1)

Nilai W_2 terbesar diambil sebagai beban roda pesawat rencana. Nilai W_2 terbesar adalah 24568 lbs pada pesawat B737-800. Maka, nilai beban roda pesawat rencana (W_1) adalah 24568 lbs.

Perhitungan Log R_2 Pesawat Campuran

Perhitungan Log R_2 disajikan pada tabel 5:
Tabel 5. Perhitungan Log R_2 Pesawat Campuran

Jenis Pesawat	R_2	LOG R_2
B737-800	176	2,246
A300	452,20	2,655
ATR72-500	11	1,041

Berdasarkan hasil perhitungan log R_2 , terlihat bahwa pesawat A300 memiliki kebutuhan panjang landasan paling besar dengan nilai log R_2 sebesar 2,655 sehingga menjadi pesawat pengendali dalam studi pesawat campuran. Nilai logaritmik digunakan untuk menyetarakan perbandingan antar pesawat dengan kebutuhan landasan yang berbeda skala, sehingga analisis kelayakan runway dapat dilakukan secara proporsional terhadap seluruh jenis pesawat yang beroperasi.

Perhitungan Log R_1 Pesawat Campuran

Dimana W_1 setiap pesawat rencana digunakannya rumus perhitungan Log R_1 yakni.

– Pesawat B737-800

$$\text{Log } R_1 = \text{Log } R_2 \left[\frac{W_2}{W_1} \right]^{0,5}$$

$$= \log 2,246 \left[\frac{24568}{24568} \right]^{0,5}$$

$$= 2,246$$

Dilanjutkan perhitungan untuk masing-masing tipe pesawat.

Tabel 6. Perhitungan Log R₁ Pesawat Campuran

Jenis Pesawat	Log R ₁
B737-800	2,246
A300	2,207
ATR72-500	0,582

Perbedaan nilai log menunjukkan bahwa B737-800 dan A300 memiliki kebutuhan runway yang hampir sama dan dapat dijadikan pesawat pengendali, sedangkan ATR72-500 membutuhkan sebagian kecil panjang runway dibandingkan keduanya. Dengan demikian, panjang landasan minimum didasarkan pada kebutuhan B737-800 agar dapat mengakomodasi seluruh jenis pesawat yang beroperasi di bandara tersebut.

Perhitungan Equivalent Annual Departure (R₁)

Setelah dilakukan perhitungan Log R₁, maka nilai *equivalent annual departure* dapat dihitung sebagai berikut :

- Pesawat B737-800

$$\log R_1 = 2,246$$

$$R_1 = 10^{2,246}$$

$$R_1 = 176$$

Tabel 7. Perhitungan Log R₁ Pesawat Campuran

Jenis Pesawat	Log R ₁	R ₁
B737-800	2,246	176
A300	2,207	161
ATR72-500	0,582	4

Perhitungan W₂ dan W₁ Pesawat Rencana

Berikut adalah perhitungan W₂ dari pesawat rencana B737-900. Diketahui :

- MTOW = 174669 lbs
 - Beban Pesawat = 95%
 - Jumlah Roda = 6
- $$W_2 = MTOW \times Beban Pesawat \times$$

$$\frac{1}{Jumlah Roda}$$

$$W_2 = 174669 \times 95\% \times \frac{1}{6}$$

$$W_2 = 27661 \text{ lbs}$$

Perhitungan Log R₂ dan Log R₁ Pesawat Rencana

Berikut ini adalah perhitungan Log R₂ dan Log R₁ dari pesawat rencana B737-900.

$$\log R_2 = \log 3352$$

$$= 3,525$$

$$\log R_1 = \log R_2 \left[\frac{W_2}{W_1} \right]^{0,5}$$

$$\log R_1 = 3,525 \left[\frac{27661}{27661} \right]^{0,5}$$

$$\log R_1 = 3,525$$

Perhitungan Equivalent Annual Departure Pesawat Rencana

$$\log R_1 = 3,525$$

$$R_1 = 10^{3,525}$$

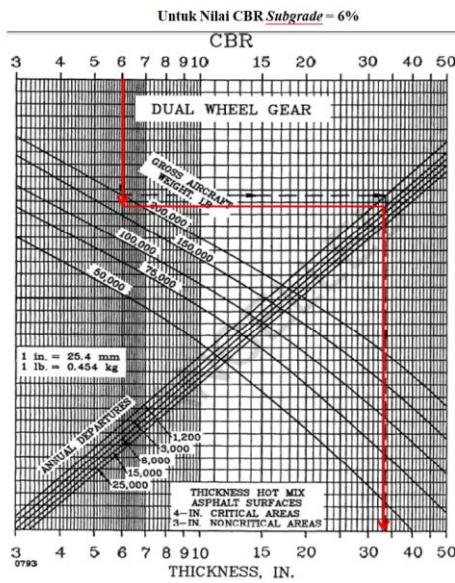
$$R_1 = 3352$$

Perhitungan Tebal Perkerasan Lentur Rencana

Diketahui data-data sebagai berikut :

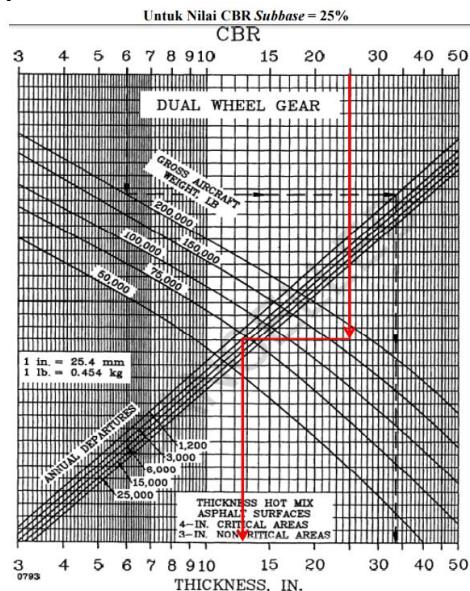
- Annual Departure Pesawat Rencana tahun ke-20 = 3352 kali
- CBR Tanah Dasar = 6% (diperoleh dari UPT Abdulrahman Saleh)
- CBR Subbase = 25% (diperoleh dari UPT Abdulrahman Saleh)
- MTOW = 174669 lbs

Dari hasil plot CBR Subgrade, MTOW, dan Annual departure tahun ke- 20, didapat Tebal perkerasan total 33 inchi ~ 84 cm.



Gambar 1. Grafik Perhitungan Tebal Perkerasan Total Pesawat Rencana B737-900

Dari hasil plot CBR Subgrade, MTOW, dan Annual departure tahun ke-20, didapat Tebal perkerasan total 33 inchi ~ 84 cm.



Gambar 2. Grafik Perhitungan Tebal Perkerasan Subbase Pesawat Rencana B737-900

Dari hasil plot CBR Subbase, MTOW, dan Annual departure tahun ke-20, didapat Tebal perkerasan Subbase 12,9 inchi ~ 33 cm.

Syarat untuk Surface Course

- Area Kritis = 4 inchi
- Area Non Kritis = 3 inchi

Untuk tebal perkerasan Surface Course digunakan tebal area kritis dengan nilai 4

inchi ~ 10 cm

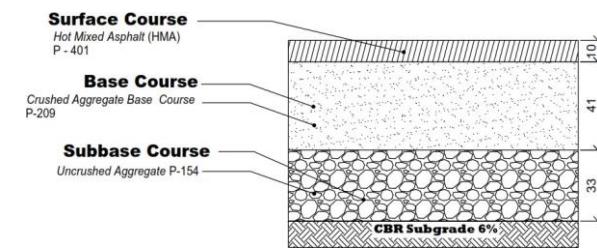
- Tebal Total Perkerasan = 33 inchi ~ 84 cm
- Tebal Surface Course = 4 inchi ~ 10 cm
- Tebal Subbase Course = 12,9 inchi ~ 33 cm

Didapatkan hasil bahwa:

$$\begin{aligned} \text{Tebal Base Course} &= \text{Tebal Total} - (\text{Tebal Surface Course} + \text{Tebal Subbase Course}) \\ &= 33 \text{ inchi} - (4 \text{ inchi} + 12,9 \text{ inchi}) \\ &= 16 \text{ inchi} \sim 41 \text{ cm} \end{aligned}$$

Tabel 8. Hasil Perhitungan Tebal Perkerasan Metode FAA

Lapisan	Material	Tebal (in)	Tebal (cm)
Surface Course	P - 401	4	10
Base Course	P-209	12,9	41
Subbase	P-154	16	33
Course	JUMLAH	33	84



Gambar 4.08 Tebal Perkerasan Metode FAA

Ketebalan tersebut dinilai memadai untuk kondisi tanah dasar dengan CBR = 6% dan sesuai dengan standar perencanaan FAA AC 150/5320-6F. Struktur perkerasan yang dihasilkan dapat menahan beban pesawat menengah tanpa mengalami kerusakan struktural yang signifikan. Secara umum, desain ini telah memenuhi aspek kekuatan, kestabilan, dan durabilitas yang dipersyaratkan untuk landasan pacu bandara.

Kesimpulan

1. Perhitungan tebal perkerasan struktural total runway metode FAA yaitu 84 cm serta metode US Army Corps Engineers Design adalah 149 cm. Pada perhitungannya tebal perkerasan runway dapat mempergunakan metode FAA tidak menghitung ESWL (Equivalent Single Wheel Load), dan tidak menggunakan nilai

- z (jarak antara roda belakang dan depan), nilai d (jarak sisi terdekat antara kedua roda), dan tekanan ban pesawat rencana.
2. Metode FAA tidak mampu melayani hingga umur rencana 20 tahun karena nilai tebal perkerasan dengan pesawat rencana B737-900 lebih kecil dari nilai tebal perkerasan eksisting Bandara Abdulrachman Saleh.

Saran

Hasil perhitungan dengan metode US Army Corps Engineers Design, dapat digunakan oleh pemangku kepentingan Stakeholder terkait dalam pengembangan Bandara Abdulrachman Saleh dalam 20 tahun ke depan, dengan mempertimbangkan pemilihan material untuk perkerasan lentur yang cocok digunakan di Indonesia, dan efisiensi dari tebal perkerasan lentur, karena metode ini belum pernah sama sekali digunakan di Indonesia, dan penggunaan metode ini sebelumnya hanya diterapkan di Eropa dan Amerika. Sehingga kedepannya metode US Army Corps Engineers Design dapat diterapkan di Indonesia dengan baik dan efisien.

Daftar Pustaka

- FAA. (1978). FAA Advisory Circular 150/5320-6D. Design, 165.
- Federal Aviation Administration. (2009). FAA Advisory Circular 150/5320-6E. Aviation, 1(9), 1–2.
- Federal Aviation Administration. (2016). FAA Advisory Circular 150/5320-6F.
- U.S. Department of Transportation Federal Aviation Administration, 1–727.
- Horonjeff, R. (2010). Planning and Design of Airports, Fifth Edition.
- Kementerian Perhubungan Udara. (2015). Standar Teknis dan Operasi Peraturan Keselamatan Sipil - Bagian 139 (Manual Of Standard CASR - Part 139) Volume 1 Bandar Udara (Aerodromes). Peraturan Direktur

Jenderal Perhubungan Udara,