



ANALISIS DESAIN TEBAL PERKERASAN KAKU APRON BANDARA HALUOLEO KENDARI DENGAN METODE FAA & PCA

¹ Wa Ode Arie Wunantari, ² Edward Ngii, ³ Latif Budi Suparma

¹ Fakultas Teknik, Universitas Halu Oleo

² Fakultas Teknik, Universitas Halu Oleo

³ Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

Koresponden Author : wunantariarie@gmail.com

Info Artikel	ABSTRAK
Diajukan : 05 Juni 2019 Diperbaiki : 10 Juni 2019 Disetujui : 13 Juni 2019	<p>Perancangan tebal lapis perkerasan kaku pada apron diantaranya dapat dilakukan dengan menggunakan metode FAA, PCA, dan LCN. Penelitian ini dilakukan dengan menganalisis data pergerakan pesawat, data struktur perkerasan dan data ketentuan desain apron bandara kondisi eksisting untuk menentukan tebal perkerasan kaku pada masing-masing metode perancangan dan bertujuan untuk mengetahui apakah tebal perkerasan kondisi eksisting mampu memikul beban pergerakan pesawat 20 tahun mendatang. Pada analisis menggunakan metode FAA diperoleh tebal struktur perkerasan kaku apron sebesar 13,6 in atau 34,54 cm, untuk metode PCA berdasarkan faktor keamanan adalah sebesar 13,1 in atau 33,27 cm. sedangkan tebal slab beton yang diperoleh dengan metode PCA berdasarkan konsep <i>fatigue</i> adalah sebesar 28 cm. Hasil tersebut menunjukkan bahwa perkerasan kaku pada apron Bandara Haluoleo kondisi eksisting yaitu sebesar 42 cm mampu memikul beban pesawat lalulintas sampai dengan tahun 2037.</p>

Kata Kunci : *Apron, FAA, PCA, Perkerasan Kaku*

ABSTRACT

Apron rigid pavement layer can be determined or designed by using method of FAA, PCA, and LCN. This study is conducted by analyzing the data of aircraft movement, pavement structure data and existing airport apron design conditions data to determine the rigid pavement thickness in each design method and aimed to find out whether the existing pavement thickness is capable of carrying the burden of the movement of the aircraft for the next 20 years. FAA method analysis obtained thickness of rigid apron pavement structure of 13,6 in or 34,54 cm, for PCA method based on safety factor is 13,1 in or 33,27 cm and the thickness of concrete slab obtained by PCA method based on the concept of fatigue is 28 cm. These results indicate that the rigid pavement of Haluoleo Airport's existing apron capable to carrying aircraft loads up to 2037.

Keywords : *Apron, FAA PCA, Rigid Pavement*

PENDAHULUAN

Bandar udara Haluoleo merupakan salah satu bandar udara di Propinsi Sulawesi Tenggara yang melayani penerbangan domestik yang cukup tinggi tingkat pelayanannya terhadap arus penumpang dan barang. Meningkatnya pertumbuhan lalulintas, pergerakan pesawat, barang dan penumpang mengharuskan pihak penyelenggara Bandar Udara Haluoleo melakukan pengembangan fasilitas sisi udara dan sisi darat.

Sehubungan dengan hal tersebut, pemerintah propinsi dan Kementerian Perhubungan (Kemenhub) berkomitmen mendorong pembangunan infrastruktur sarana dan prasarana Bandar Udara Haluoleo agar menjadi Bandara alternatif Sultan Hasanuddin.

Bandara Haluoleo merupakan resmi beroperasi sebagai bandara kelas II pada tahun 2010 dan menjadi bandara kelas I sesuai Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia nomor PM 40 Tahun 2014. Kapasitas lalulintas angkutan

udara Bandara Haluoleo hampir melalui target kapasitas tahap ultimate Rencana Induk 2004. Hal ini dapat dilihat pada perbandingan data statistik pergerakan pesawat dan penumpang (2017) pada Tabel 2 jumlah penumpang di bandara sebesar 1.473.897 orang per tahun sedangkan target rencana induk 2004 tahap II sebesar 510.174 orang per tahun, dan pergerakan pesawat pada tahun 2017 telah mencapai 12.080 pesawat per tahun.

Tabel 1. Review Resume Prediksi Jasa Angkutan Udara Rencana Induk 2004

No	Uraian	2004-2009 (Tahap I)	2010-2017 (Tahap II)	2018-2025 (Tahap III)
1	Penumpang (Per Tahun)	264886	510174	982589
2	Kargo (Ton/Tahun)	2182	3894	5957
3	Pergerakan Pesawat (Per Tahun)	5214	8447	14183
4	Jam Sibuk Penumpang	465	700	1092
5	Jam Sibuk Pesawat	5	7	8

Sumber: UPBU Haluoleo, 2017

Berdasarkan hasil kajian master plan 2004, terjadinya peningkatan jumlah penumpang dan pergerakan pesawat yang cukup tinggi, dapat memungkinkan adanya penambahan rute dan armada pesawat untuk mendukung aksesibilitas masyarakat. Sebagai tempat parkir pesawat apron Bandara berperan penting karena di apron aktifitas menaikkan dan menurunkan penumpang maupun barang juga aktifitas pengisian bahan bakar terjadi. Perencanaan perkerasan yang merupakan struktur utama pada konstruksi apron dengan sendirinya dituntut mampu untuk menerima dan memikul beban pesawat yang direncanakan dengan tepat. Untuk itu dirasa perlu untuk dilakukan analisis desain tebal perkerasan kaku pada apron Bandara Haluoleo dalam rangka untuk mengetahui tebal perkerasan kaku apron dan mengetahui apakah tebal apron Bandara Haluoleo kondisi eksisting masih mampu memikul beban lalu lintas udara 20 tahun mendatang. Studi ini juga dimaksudkan untuk membandingkan hasil tebal perkerasan kaku dari ketiga metode yang paling umum dikenal yaitu metode FAA (*Federal Aviation Administration*), dan PCA (*Portland Cement Association*).

METODE PENELITIAN

Langkah-langkah penelitian analisis tebal perkerasan perkerasan kaku pada apron Bandara Haluoleo dengan menggunakan metode FAA dan PCA dimulai dari studi literatur berkaitan dengan ketiga metode perancangan tebal perkerasan kaku, setelah itu dilakukan proses pengumpulan data sekunder, yaitu data pergerakan lalu lintas pesawat 10 tahun terakhir dan data struktur perkerasan apron bandara dari UPT Bandara Haluoleo, setelah itu dilakukan rekapitulasi data pergerakan lalu lintas pesawat lalu dilakukan analisis tebal perkerasan kaku pada apron Bandara Haluoleo dengan ketiga metode tersebut. Data pergerakan lalu lintas pesawat Bandara Haluoleo selama 10 tahun terakhir yaitu dari tahun 2008 s/d tahun 2017 digunakan untuk meramalkan jumlah lalu lintas pesawat 20 tahun mendatang.

Tabel 2. Data Pergerakan Pesawat & Penumpang Bandara Haluoleo Kendari 2008 s/d 2017

Tahun	Pesawat		Penumpang	
	Tiba	Berangkat	Tiba	Berangkat
2008	1703	1703	207686	210661
2009	2504	2504	273163	279645
2010	2613	2613	293262	303420
2011	2686	2686	325771	336697
2012	3371	3370	426837	429707
2013	5299	5299	435527	453837
2014	5094	5094	412526	428526
2015	4150	4150	440016	446800
2016	4985	4985	612235	629093
2017	6040	6040	731647	742250

Sumber: UPBU Haluoleo, 2017

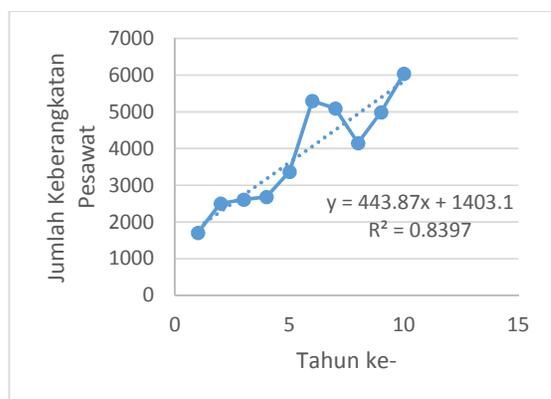
Analisis peramalan lalu lintas pesawat dilakukan dengan menggunakan metode time series regresi linear sederhana dan metode ekonometrik. Setelah itu dilakukan perhitungan tebal perkerasan dengan menggunakan ketiga metode tersebut kemudian hasil perhitungan dibandingkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Forecasting Pergerakan Pesawat dengan Metode Time Series

Menurut Sartono, dkk (2016), metode time series merupakan metode time series sederhana

sebab hanya mempertimbangkan pertumbuhan seiring perubahan waktu.

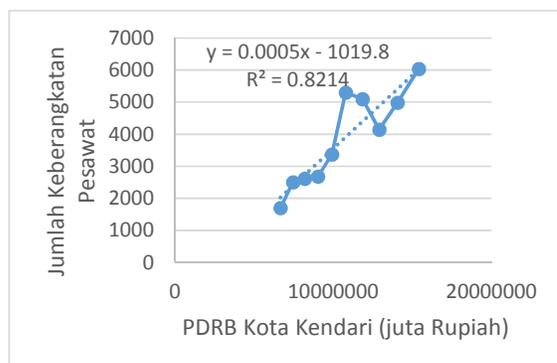


Gambar 1. Grafik Pertumbuhan Jumlah Keberangkatan Pesawat Bandara Haluoleo Tahun 2008-2017 Dengan Trendline Regresi Linear

Sumber : Hasil Analisa, 2019

Analisis Forecasting Pergerakan Pesawat dengan Metode Ekonometrik

Metode ekonometrik mempertimbangkan fakto-faktor yang mempengaruhi aktivitas penerbangan secara langsung seperti faktor ekonomi, sosial, pasar, kompetensi antar moda dan faktor-faktor operasional (Sartono, 2016). Analisis *forecasting* dengan metode ekonometrik ini menggunakan teknik regresi linier dengan PDRB Kota Kendari sebagai variabel independent dan variabel dependent Y adalah jumlah keberangkatan pesawat. Hasil analisis dengan menggunakan regresi linear berganda menggunakan *M.S. Excel* dapat dilihat pada Gambar 2 dengan persamaan regresi yaitu $Y = 0.0005X + 1019.8$



Gambar 2. Grafik PDRB Kota Kendari Terhadap Jumlah Keberangkatan Pesawat di Bandara Haluoleo dengan Trendline Regresi Linear

Sumber : Hasil Analisa, 2019

Nilai PDRB Kota Kendari pada tahun 2037 diramalkan dengan menggunakan trendline regresi linear sederhana berdasarkan data PDRB 10 tahun terakhir dan diperoleh nilai sebesar Rp.34.034.549,03 juta. Kemudian nilai tersebut dimasukkan ke dalam persamaan regresi hubungan PDRB Kota kendari terhadap jumlah pergerakan keberangkatan pesawat $Y = 0.0005X + 1019.8$. Diperoleh hasil peramalan jumlah keberangkatan pesawat pada tahun 2037 dengan menggunakan metode ekonometrik yaitu 14543 pesawat.

Meskipun nilai R^2 hasil *forecasting* metode time series lebih besar dibanding hasil *forecasting* metode ekonometrik, namun untuk memperoleh jumlah pergerakan setiap jenis pesawat pada tahun 2037 digunakan hasil *Forecasting* dengan metode ekonometrik yaitu 14543 dikarenakan hasil peramalan ekonometrik lebih mendekati data asli (hasil standar deviasi lebih kecil) dan nilai R^2 cukup tinggi. Jumlah pesawat 14543 dikalikan dengan persentase masing-masing jenis pesawat yang beroperasi. Jumlah pergerakan keberangkatan pesawat pada tahun 2037 dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Jumlah Keberangkatan Pesawat Tahun 2037

Tipe Pesawat	Jumlah Keberangkatan Tahun 2017	Presentase Tipe Pesawat (%)	Jumlah Keberangkatan Tahun 2037
B737-800NG	2744	45.43	6607
ATR-72-500	1166	19.30	2807
CRJ 1000	545	9.02	1312
B737-300	399	6.61	961
B737-500	78	1.29	188
A-320	1108	18.34	2668
Jumlah	6040	100	14543

Sumber : Hasil Analisa, 2019

Hasil Analisis Desain Tebal dengan Metode FAA

Pesawat rencana yang digunakan adalah pesawat yang memiliki frekuensi terbang yang paling besar yaitu B737-800NG. dalam menentukan beban tiap roda pesawat, distribusi beban pada main gear dianggap sama yaitu sebesar 95% dari *maximum taxi weight* pesawat. Menurut FAA (1995) nilai *equivalent annual departure* (EAD) dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut dengan W1 adalah berat beban roda pesawat rencana dan W2 adalah beban pesawat campuran:

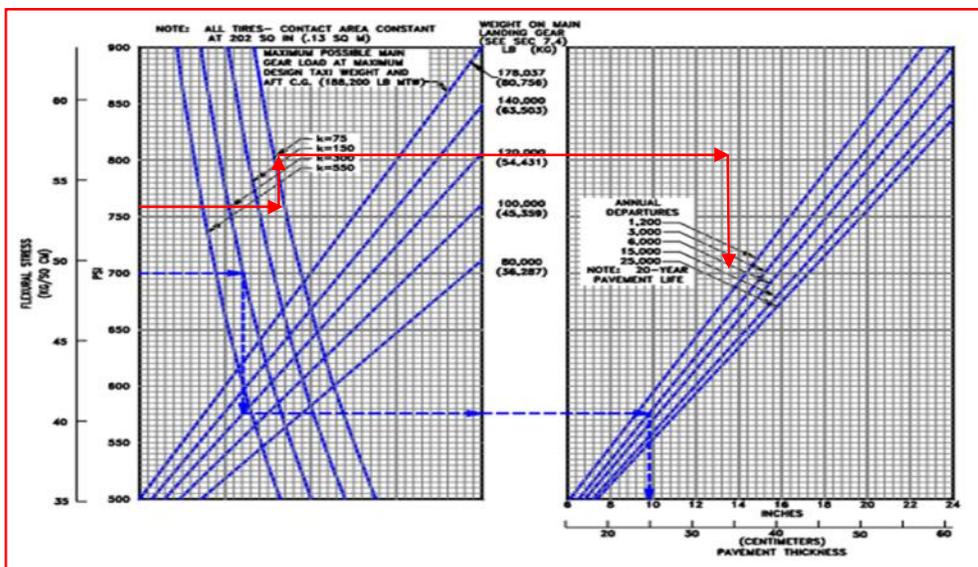
$$\text{LogR1} = \text{LogR2} \cdot \left(\frac{W2}{W1}\right)^{0.5} \dots\dots\dots (1)$$

Selain nilai EAD dan gross weight pesawat rencana, nilai flexural strength dan nilai modulus reaksi tanah dasar merupakan parameter dalam merencanakan tebal perkerasan kaku dengan menggunakan metode FAA.

Tabel 4. Hasil Perhitungan *Equivalent Annual Departure*

No	Tipe Pesawat	Jumlah Keberangkatan Tahun 2037	Keberangkatan terkoreksi (R2)	W1 (kg)	W2 (kg)	EAD (R1)
1	6607	6607	6607		16805.5	6687
2	1589	2807	2807		5384.125	1608
3	1009	1312	1312		9943.4125	1022
4	860	961	961	16805.5	13466.013	870
5	162	188	188		12496.538	164
6	2726	2668	2668		17551.25	2759
<i>Total Equivalent annual departure</i>						10227

Sumber : Hasil Analisa, 2019



Gambar 1. Kurva Perancangan Perkerasan Kaku FAA Pesawat B737-800NG

Data struktur perkerasan pada apron Bandara Haluoleo diketahui nilai CBR subgrade 6% dan mutu beton K.350, nilai *modulus of rupture (flexural strength)* sebesar 580 psi. Nilai modulus reaksi tanah dasar (k) pada Bandara Haluoleo adalah sebesar 150 pci. Perkerasan kaku pada apron Bandara Haluoleo menggunakan subbase CTB (cement treated base) setebal 20 inch atau 7,8 cm, yang menaikkan harga k subgrade yang semula 150 pci menjadi 300 pci.

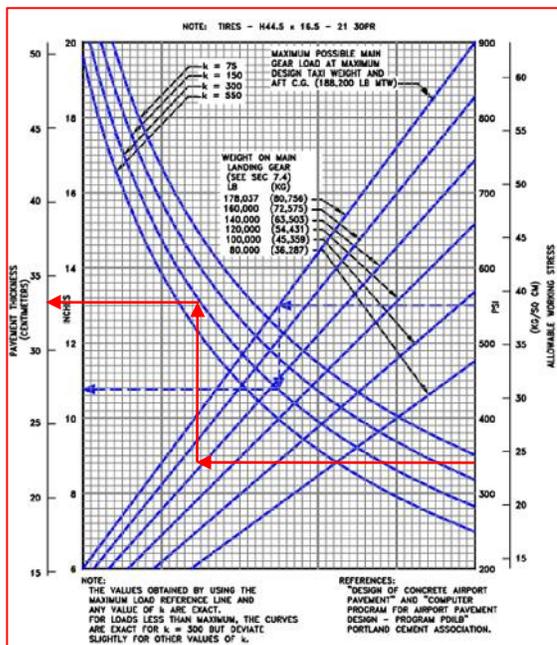
Analisis Desain Tebal dengan Metode PCA

Analisis Tebal Metode PCA dengan Faktor Keamanan

Tahap perancangan tebal perkerasan kaku metode PCA dengan faktor keamanan dimulai dengan menentukan harga k subgrade atau k subbase, kemudian menentukan nilai *working stress* yang menurut Packard (1973), *working stress* dapat diperoleh dengan membagi nilai *flexural strength* dengan nilai faktor keamanan. Nilai faktor keamanan sesuai rekomendasi Packard untuk apron adalah 1.7.

$$\text{Working stress} = \frac{\text{FlexuraStrength}}{\text{FK}} \dots\dots (2)$$

Nilai *flexural strength* sebesar 580 psi dibagi FK 1.7 maka diperoleh *working stress* sebesar 341 psi.



Gambar 2. Kurva Perancangan Perkerasan Kaku Metode PCA Pesawat B737-800NG

Tebal perkerasan kaku apron ditentukan dengan memplot harga-harga parameter yang telah ditentukan yaitu nilai $k = 300$ pci, nilai *allowable working stress* = 341 psi dan *weight on main landing gear*. Setelah diperoleh tebal oleh masing-masing jenis pesawat, dipilih tebal perkerasan yang paling besar. Dalam analisis ini tebal perkerasan yang paling besar dihasilkan oleh pesawat B737-800NG yaitu 13,1 inchi atau 33,27 cm.

Analisis Tebal Metode PCA dengan Konsep Fatigue

Menurut Packard (1973), beton sebagaimana bahan konstruksi lainnya akan mengalami *fatigue*. Kegagalan akibat *fatigue* terjadi ketika material perkerasan dibawah pengulangan beban repetisi terus-menerus. Dan *stress ratio* merupakan perbandingan tegangan lentur (*flexural stress*) terhadap *modulus of rupture*. Menurut Dellate (2008), untuk SR tertentu, sejumlah pengulangan beban diprediksi sebelum perkerasan megalami kegagalan *fatigue*. Persamaan *fatigue* berikut dikembangkan oleh

Packard dan Tayabji (1985) untuk prosedur desain PCA (1984):

$$\frac{\sigma L}{MR_{90}} \geq 0.55 \rightarrow \log(N_{ijin}) = 11.737 - 12.077 \cdot \left(\frac{\sigma L}{MR_{90}} \right) \dots\dots (3)$$

$$0.45 < \frac{\sigma L}{MR_{90}} < 0.55 \rightarrow N_{ijin} =$$

$$\left(\frac{4.2577}{\frac{\sigma L}{MR_{90}} - 0.4325} \right)^{3.268} \dots\dots (4)$$

$$\frac{\sigma L}{MR_{90}} \leq 0.45 \rightarrow N_{ijin} = \infty \dots\dots (5)$$

Flexural stress yang terjadi akibat setiap lintasan sumbu roda pesawat setelah dibagi dengan *modulus of rupture* beton rencana disubstitusikan ke dalam persamaan 4,5 atau 6 untuk memperoleh jumlah repetisi beban sumbu roda yang diijinkan (*allowable repetition*). *Fatigue repetition* diperoleh dengan mengalikan nilai LRF (*Load Repetition Factor*) dengan volume keberangkatan tiap jenis pesawat selama 20 tahun yang telah diekivalenkan terhadap pesawat rencana yaitu B737-800NG.

Setiap lintasan sumbu roda jenis pesawat udara pada perkerasan biasanya tidak selalu berada pada jalur lintasan yang tetap. Sama halnya dengan *pass coverage ratio* (PCR), *load repetition factor* (LRF) merupakan faktor koreksi terhadap derajat kerusakan yang ditimbulkan pada struktur perkerasan pada jalur lintasan sumbu roda rata-rata akibat terjadinya pergeseran lintasan sumbu roda sumbu roda tersebut (Kosasih, 2005).

Tingkat kerusakan lelah dihitung dengan membandingkan *fatigue repetition* terhadap *allowable repetition*. Jika total kerusakan lelah (*Cummulative Damage Factor*) kurang dari 1 atau 100% maka struktur perkerasan desain diperkirakan akan mencapai titik lelah tepat pada akhir masa layan, sedangkan apabila total CDF lebih dari 1 atau 100% maka tebal perkerasan yang didesain belum memadai sehingga proses desain harus diulang.

Tabel 4. Hasil Analisis Tebal Perkerasan dengan Konsep *Fatigue*

Tebal kira-kira (cm)	<i>Flexural Stress</i> (kg/cm ²)	MRR (kg/cm ²)	<i>Stress Ratio</i>	LRF	<i>Fatigue Repetition</i>	<i>Allowable Repetition</i>	CDF
25	37.962	49.2477	0.77	0.287	2991.872	267.6635	11.17
26	36.2045	49.2477	0.74	0.287	2991.872	722.0718	4.14
27	34.0955	49.2477	0.69	0.287	2991.872	2375.581	1.25
28	32.338	49.2477	0.66	0.287	2991.872	6408.57	0.46

Sumber : Hasil Analisa, 2019

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut: Hasil desain tebal slab perkerasan kaku dengan menggunakan metode FAA yaitu 13,6 inchi atau 34.54 cm yang setelah dikalikan faktor keamanan menjadi 40 cm, metode PCA dengan faktor keamanan sebesar 13,1 in atau 33,27 cm sedangkan desain tebal perkerasan metode PCA dengan konsep *fatigue* menghasilkan tebal sebesar 28 cm dan tebal perkerasan kaku apron kondisi eksisting pada Bandara Haluoleo yaitu sebesar 42 cm mampu memikul atau menerima beban lalulintas pesawat hingga 20 tahun mendatang yaitu tahun 2037. Tebal perkerasan kaku apron pada Bandara Haluoleo sendiri menggunakan metode FAA, perbedaan tebal hasil analisis dengan kondisi eksisting dimungkinkan oleh perbedaan metode *forecasting* yang digunakan. Sedangkan perbedaan hasil analisis antar ketiga metode yaitu metode FAA dan PCA disebabkan oleh perbedaan asumsi desain.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Dellate, *Concrete Pavement Design, Construction and Performance*. USA: Taylor & Francis, 2008.
- [2] FAA, *Airport Pavement Design and Evaluation, Advisory Circular 150/5320-6D*. United State: Federal Airport Administration, 1995.
- [3] D. Kosasih, "Perbandingan antara Pendekatan Desain Struktur Perkerasan Kaku berdasarkan Lalu Lintas Pesawat Udara Campuran dan Pesawat Udara Desain Kritis," 2005.
- [4] R. G. Packard, *PCA Engineering Bulletin, Desain of Concrete Airport Pavement*. Illinois: Portland Cement Assosiation, 1973.
- [5] W. Sartono, Dewanti, and T. Rahman, *Bandar Udara Pengenalan dan Perancangan Geometrik Runway, Taxiway dan Apron*. Yogyakarta: UGM Press, 2016.
- [6] E. J. Yoder, *Principles of Pavement Design 2nd Edition*. New York: John Wiley & Sons Inc., 1975.