

PERENCANAAN KONSTRUKSI RIGID PAVEMENT PADA APRON DI BANDAR UDARA DEWADARU KARIMUNJAWA

Faiz Ardysyahputra¹, Supriadi², Fahrur Rozi³

^{1,2,3} Program Studi D3 Teknik Bangunan Dan Landasan, Politeknik Penerbangan Surabaya
Jl. Jemur Andayani I/73, Surabaya 60236

Email: faizardy46@gmail.com

Abstrak

Bandar Udara Dewadaru (IATA: KWB, ICAO: WAHU) terletak di Kepulauan Karimunjawa, tepatnya di Pulau Kemujan, Kecamatan Karimunjawa, Kabupaten Jepara, Jawa Tengah. Pulau Kemujan adalah salah satu pulau dari 27 pulau yang berada di gugusan kepulauan Karimunjawa. Pulau ini bisa dikatakan telah menyatu dengan Pulau Karimunjawa dan hanya dipisahkan oleh sungai kecil saja. Jarak Bandar Udara Dewadaru dari pusat kota sekitar 22.

Apron sebagai unsur yang paling penting untuk tempat parkir pesawat. Kondisi apron di Bandar Udara Dewadaru Karimunjawa sangat rusak banyak butiran-butiran pada lapisan yang keluar. Kerusakan yang terjadi di apron ini adalah pelapukan dan butiran lepas (*weathering and raveling*) dari agregat serta material yang ada di apron. Kerusakan ini terjadi merata hingga seluruh apron, dan jika dihitung dengan tingkat kerusakan, apron ini tergolong dalam tingkat kerusakan yang berat. Dari hasil survey dan observasi telah dilakukan untuk perencanaan pergantian lapisan perkerasan pada apron yang semula *flexible* akan dirubah menjadi *rigid*.

Oleh karena itu tugas akhir ini disusun guna menyampaikan bagaimana merencanakan tebal perkerasan apron yang standar dengan mengacu pada *Federal Aviation Administration* (FAA). Dan sesuai dari Rencana Induk Bandar Udara maka pengembangan dimensi apron yang direncanakan adalah 60 m x 50 m, dengan sebelumnya luas apron *eksisting* pada *master plan* lama yaitu 90 m x 50, jadi terdapat pelebaran sekitar 60 m. Untuk hasil struktur perkerasan menggunakan *software* FAARFIELD yang terdiri dari tebal slab beton 18 cm dan tebal *base* 16 cm untuk *subgrade* dengan CBR 11,17 %. Berdasarkan perhitungan RAB, maka anggaran yang diperlukan untuk melaksanakan pekerjaan konstruksi *rigid* pada apron dengan luas 7.500 m² yaitu Rp 8.282.356.000,00.

Kata Kunci : Apron, perkerasan, metode FAA, COMFAA, FAARFIELD

Abstract

Dewadaru Airport (IATA: KWB, ICAO: WAHU) is located in the Karimunjawa archipelago, precisely at Kemujan Island, Karimunjawa Sub District, Jepara Regency, Central Java. Kemujan Island is one of the island of 27 islands located in the Karimunjawa archipelago. This Island can be said to have merged with Karimunjawa Island and only separated by small river. The distance of Dewadaru airport from the city center is about 22.

Apron as the most important element for the place of aircrafts. Apron condition at Dewadaru Airport Karimunjawa is very damaged by many details on the exit layer. The damage that occurs in this apron is *weathering and raveling* from the aggregate as well as the material in the apron. This breakdown occurs evenly until the entire apron, and if calculated with the damage level, the apron is classified as a severe degree of damage. From the results of surveys and observations have been done for the planning of the change of the alignment layer on the originally *flexible* apron will be changed to *rigid*.

Therefore, this final task is structured to convey how to plan a thickness of standard apron with reference to *Federal Aviation Administration* (FAA). And accordingly from the Airport Master plan then the development of planned apron dimensions is 60 m x 50 m, with the

previous wide existing apron on the old master plan 90 m x 50, so there is a widening of about 60 m. For the result of the structure of the pavement using the software FAARFIELD consisting of thick concrete 18 cm and thick base 16 cm for subgrade with CBR 11,17%. Based on the cost calculation, then the budget required to carry out the rigid construction work on the apron with an area of 7.500 that is Rp 8.282.356.000,00

Keywords: *Apron, pavement, FAA method, COMFAA, FAARFIELD*

PENDAHULUAN

Bandar Udara Dewadaru (IATA: KWB, ICAO: WAHU) terletak di Kepulauan Karimunjawa, tepatnya di Pulau Kemujan, Kecamatan Karimunjawa, Kabupaten Jepara, Jawa Tengah.

Bandar Udara Dewadaru Karimunjawa ini didirikan pada tahun 1994, namun kondisi pada *apron* di Bandar Udara Dewadaru Karimunjawa ini sangat banyak butiran-butiran pada lapisan yang keluar. Kerusakan yang terjadi di *apron* Bandar Udara Dewadaru Karimunjawa ini adalah pelapukan dan butiran lepas (*weathering and raveling*) dari agregat serta material yang ada di *apron*. Kerusakan ini terjadi merata hingga seluruh *apron*, dan jika dihitung dengan tingkat kerusakan, *apron* ini tergolong dalam tingkat kerusakan yang berat. Bagi tingkat keselamatan penerbangan, *apron* ini harus segera ditangani agar keselamatan di sisi udara bisa menjadi aman.

Jika kerusakan ini tidak segera untuk ditangani maka menyebabkan dampak bagi operasional penerbangan diantaranya yaitu :

1. Butiran agregat tersebut bisa terhempas oleh propeller dari ATR 72-600 dan mengakibatkan masuknya agregat kedalam mesin pesawat atau terhempas keluar.
2. Bahaya bagi *marshaling* saat akan memandu pesawat parkir di *apron*, karena kemungkinan bisa terkena agregat –agregat yang lepas pada apron

tersebut dari hampasan propeller ATR 72-600.

3. Terjadinya genangan air saat hujan deras diakibatkan oleh perkerasan yang tidak rata.
4. Mengurangi rasa nyaman pada pengguna transportasi penerbangan akibat perkerasan pada apron yang tidak merata dan banyak agregat yang terlepas diseluruh area apron.

Dampak dari kerusakan tersebut bisa dilakukan dengan cara *overlay* pada *apron*, tetapi kondisi lapis perkerasan di *apron* yang sudah banyak sekali mengalami keretakan sampai menimbulkan *loss material* diseluruh area *apron*, sehingga untuk pencegahan yang sering terjadi kerusakan di area *apron* maka dilakukan untuk perencanaan pergantian lapisan perkerasan pada *apron* yang semula *flexible* akan dirubah menjadi *rigid*. Adapun dari Rencana Induk Bandar Udara yang nantinya *apron* Bandar Udara Dewadaru Karimunjawa menjadi 150 m x 50 m dengan sebelumnya luas *apron eksisting* pada *master plan* lama yaitu 90 m x 50, jadi terdapat perluasan sekitar 60 m. Perluasan *apron* ini sesuai dengan *eksisting master plan* yang baru.

Dari uraian yang telah dijelaskan di atas maka penulis menuangkan dalam bentuk tugas akhir dengan judul : “PERENCANAAN KONSTRUKSI *RIGID PAVEMENT* PADA *APRON* DI BANDAR UDARA DEWADARU KARIMUNJAWA”

Tinjauan Pustaka

Equivalent Annual Departure

Menurut KP 93 Tahun 2015 tentang Pedoman Perhitungan PCN (Pavement Classification Number) Perkerasan Prasarana Bandar Udara. Menghitung ekuivalen annual departure pesawat kritis. Ketika pesawat yang beroperasi di suatu bandar udara terdiri dari berbagai jenis pesawat dengan berbagai tipe roda pendaratan (landing gear) dan berbagai variasi beban, efek pesawat tersebut terhadap perkerasan dihitung berdasarkan pesawat terkritis atau dalam desain pesawat desain. Perhitungan ekuivalen annual departure dilakukan dengan mengkonversi landing gear semua pesawat yang beroperasi ke pesawat kritis.

Berikut adalah tipe-tipe roda pendaratan pesawat udara beserta faktor pengalinya ke setiap jenis roda pendaratan pesawat yang lain, dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1 Konversi tipe roda pendaratan

Konversi dari	ke	Faktor pengali
Single Wheel	Dual Wheel	0.8
Single Wheel	Dual Tandem	0.5
Dual Wheel	Dual Tandem	0.6
Double Dual Tandem	Dual Tandem	1
Dual Tandem	Single Wheel	2
Dual Tandem	Dual Wheel	1.7
Dual Wheel	Single Wheel	1.3
Double Dual Tandem	Dual Wheel	1.7

Selanjutnya akan menentukan berapa tebal perkerasan yang mampu melayani berat seluruh pesawat itu. Perhitungan Equivalent Annual Departure diperhitungkan sebagai berikut :

1. Nilai dari equivalent annual departure masing-masing pesawat didapat dari Maximum Take Off Weight (MTOW) yang terdapat pada masing-masing aircraft performance tipe pesawat.
2. Beban roda pesawat yang beroperasi di Bandar Udara Rahadi Oesman Ketapang – Kalimantan Barat,

$$W_2 = \text{MTOW} \times \frac{0.95}{\text{jumlah roda pesawat}}$$

3. Beban roda pesawat rencana dipilih dengan cara mencari nilai yang paling tinggi dari beban roda pesawat yang beroperasi.
4. Annual Departure adalah jumlah keberangkatan tahunan pesawat.
5. Menghitung equivalent annual departure pesawat rencana dengan cara:

$$\text{Log } R1 = (\text{Log } R2) \times \left(\frac{W2}{W1}\right)^{\frac{1}{2}}$$

Dimana:

R1 = Equivalent annual departure pesawat rencana

R2 = Annual departure yang dikonversi ke pesawat rencana

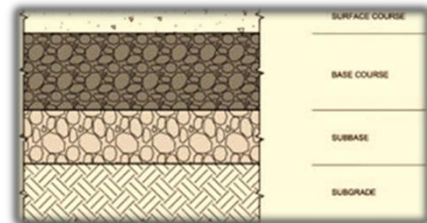
W1 = Beban roda pesawat rencana

W2 = Beban roda pesawat yang dikonversi ke pesawat rencana

Perhitungan Equivalent Annual Departure ini didasarkan pada KP 93 Tahun 2015 – Tentang Pedoman Perhitungan PCN Perkerasan Prasarana Bandar Udara

Perkerasan

Berdasarkan Advisory Circular AC No: 150/5320-6F tentang Airport Pavement Design and Evaluation, yang menyebutkan bahwa lapisan perkerasan rigid terdiri dari 4 lapisan seperti tampak pada Gambar berikut:



Gambar 1 Struktur perkerasan kaku

(Sumber : Advisory Circular AC No: 150/5320-6F tentang Airport Pavement Design and Evaluation)

1. Lapis Pondasi Bawah (**Subbase Course**)
Standar FAA lapis pondasi bawah untuk perkerasan kaku adalah sebesar 4 inci (102 mm) dengan jenis material adalah P-154, pada lapis pondasi bawah. Dalam beberapa kasus tertentu, diinginkan menggunakan

bahan yang berkualitas lebih tinggi atau ketebalan P-154 lebih besar dari 4 inci (102 mm). Bahan berikut yang dapat diterima untuk digunakan sebagai pondasi bawah di bawah perkerasan kaku :

1. P-154 – Lapis Pondasi Bawah (*Subbase Course*)
2. P-208 – Lapis Pondasi Agregat (*Aggregate Base Course*)
3. P-209 – Lapis Pondasi Agregat Batu Pecah (*Crushed Aggregate Base Course*)
4. P-211 – Lapis Pondasi Batu Kapur (*Lime Rock Base Course*)
5. P-301 – Lapis Pondasi Semen Tanah (*Soil Cement Base Course*)
6. P-304 – Lapis Pondasi Komposit Semen (*Cement Treated Base Course*)
7. P-306 – Lapis Pondasi Beton Ramah Lingkungan (*Ecoconcrete Base Course*)
8. P-401 – Lapis Pondasi Campuran Aspal Komposit (*Plant Mix Bituminous Pavements*)
9. P-403 – Lapis Pondasi HMA (*HMA Base Course*)

Bahan stabil yang diperlukan untuk lapis pondasi bawah mampu melayani beban berat sebesar 100.000 pound (45.359 kg) atau lebih. Kestabilan bahan yang diterima adalah jenis P-304, P-306, dan P-401. Minimal ketebalan lapis pondasi bawah sebesar 4 inci (102 mm).

2. Tanah Dasar (*Subgrade*)

Tanah dasar di bawah perkerasan kaku harus dipadatkan. Penggalian dan penimbunan kembali meliputi kontrol konstruksi dan pemadatan tanah dasar.

Banyak metode yang digunakan untuk menentukan daya dukung tanah dasar, dari cara yang sederhana sampai kepada cara yang rumit seperti **CBR** (*California Bearing Ratio*), **MR** (*Resilient Modulus*), dan **K** (*Modulus Reaksi Tanah Dasar*). Di Indonesia daya dukung tanah dasar untuk

kebutuhan perencanaan tebal lapisan perkerasan ditentukan dengan menggunakan pemeriksaan CBR.

Untuk perencanaan perkerasan rigid dengan subgrade akan mempengaruhi performa konstruksi. Dalam hal ini nilai *CBR* akan dikonversi menjadi nilai modulus *K* untuk penentuan lapisan subbase. Maka, digunakan persamaan :

$$k = 28.6929 \times CBR^{0.7788}$$

AC No: 150/5320-6F

$$k = \left[\frac{1500 \times CBR}{26} \right]^{0.7788}$$

AC No: 150/5320-6D

Dimana *k* = modulus reaksi tanah dasar
Pengambilan nilai *CBR* pada perhitungan ini didasarkan oleh nilai PCN pada Apron di Bandar Udara Rahadi Oesman yaitu PCN 21 F/C/Y/T, dimana C pada nilai PCN tersebut memiliki nilai *CBR* 6%.

3. Surface (lapisan permukaan), Pelat Beton

Berdasarkan Advisory Circular AC No: 150/5320-6F tentang Airport Pavement Design and Evaluation. Permukaan beton harus memberikan tekstur nonskid, mencegah infiltrasi permukaan air ke tanah dasar, dan memberikan dukungan struktural untuk roda gigi pesawat terbang. Kualitas dari beton, tes penerimaan dan kontrol, metode konstruksi dan penanganan, dan kualitas pengerjaan tercakup dalam Item P-501 Portland Cement Concrete Pavement. Lihat AC 150 / 5370-10, Butir P-501 untuk diskusi tambahan tentang PCC spesifikasi.

Pelat beton adalah pelat yang terbuat dari campuran antara semen Portland atau semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat. Pelat beton harus dapat berfungsi:

- 1) Menjaga lapisan pondasi bawah dari kemungkinan masuknya air permukaan,

- 2) Memikul gaya yang diakibatkan beban roda pesawat udara,
- 3) Memberikan permukaan yang halus dan nyaman bagi roda pesawat udara, serta bebas dari partikel-partikel yang berbahaya bagi pesawat udara dan manusia.

A. Metode FAA Manual

Metode KP 93 Tahun 2015 adalah prosedur mendesain tebal struktur perkerasan lentur maupun kaku dengan cara manual atau tidak menggunakan aplikasi. Penghitungan tebal struktur perkerasan mengacu dengan tabel grafik yang ada pada KP 93 Tahun 2015.

Dalam penghitungan tebal struktur perkerasan pada penulisan perencanaan *rigid* di Bandar Udara Rahadi Oesman Ketapang ini penulis menggunakan struktur perkerasan rigid.

B. Metode FAA Software (FAARFIELD)

Metode FAA 150/5320-6F yang menggunakan software FAARFIELD (Federal Aviation Administration Rigid and Flexible Iterative Elastic Layered Design) merupakan suatu program komputer untuk mendesain tebal perkerasan lentur maupun kaku pada landasan pacu bandar udara. Prosedur perhitungan dan desain ketebalan dalam program ini berdasarkan metode FAA 150/5320-6E.

C. Metode COMFAA

Penentuan nilai PCN menggunakan program COMFAA ini mengikuti prinsip dan prosedur yang secara rinci tertera dalam standar terbaru yang diterbitkan oleh FAA pada tahun 2014 yaitu Advisory Circular/AC 150/5335-5C. Program COMFAA adalah suatu program komputer dengan tujuan untuk melakukan perhitungan Aircraft Classification Number (ACN) dan perhitungan pavement classification number (PCN). Program COMFAA dikembangkan dengan konsep Cumulative Damage Factor (CDF), yaitu dengan menghitung efek

gabungan dari beberapa pesawat (gabungan pesawat) yang beroperasi di bandar udara.

D. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

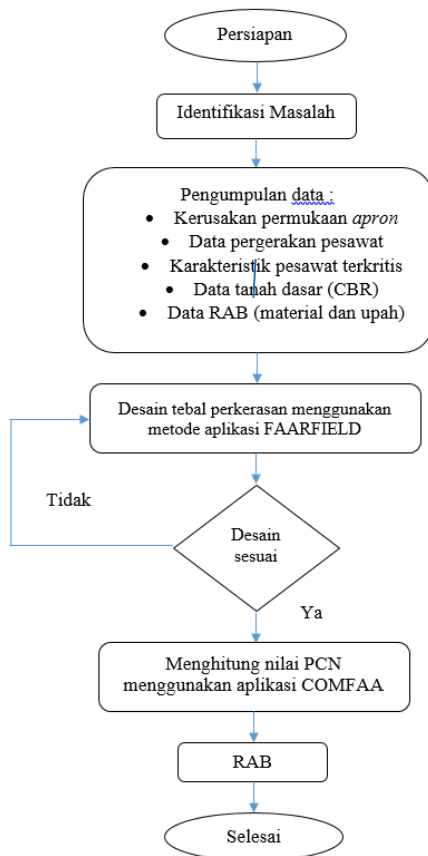
Perencanaan konstruksi *rigid pavement* hingga menuju ke rancangan anggaran biaya yang menunjukkan berapa banyak kebutuhan material ataupun finansial yang sudah direncanakan. Untuk pembuatan RAB menggunakan Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Jepara, Jawa Tengah, terkecuali apabila ada bahan yang diharuskan untuk mendatangkan dari luar wilayah tersebut. Hal ini berfungsi agar penggunaan dana yang dibutuhkan sesuai dengan jumlah kebutuhan perencanaan tersebut. RAB berfungsi untuk menetapkan jumlah total biaya pekerjaan yang menguraikan masing – masing item pekerjaan yang dibangun.

Dalam penelitian ini untuk merencanakan Rencana Anggaran Biaya (RAB), penulis berpedoman pada PM 78 Tahun 2014 tentang Standar Biaya di Lingkungan Kementerian Perhubungan.

METODE

Bagan Alur Penelitian

Kerangka Berpikir adalah penjelasan sementara terhadap suatu gejala yang menjadi objek permasalahan. Kerangka berpikir ini disusun dengan berdasarkan pada tinjauan pustaka dan hasil penelitian yang relevan atau terkait, kerangka berfikir suatu permasalahan dapat dilihat pada gambar 2



Gambar 2 Bagan Alur Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan Pesawat Terkritis

Pesawat udara memiliki beberapa konfigurasi roda pesawat, setiap jenis roda pesawat mempunyai pembebanan yang berbeda, dan sangat mempengaruhi terhadap kondisi perkerasan. Semakin besar beban yang melewati perkerasan dengan masing-masing beban dari pesawat tersebut di bagi ke setiap roda pendaratan akan berpengaruh besar, apabila semakin banyak roda dari pesawat maka semakin banyak juga beban yang dibagi dari pesawat udara itu dan begitu juga sebaliknya jika beban pesawat dibagi dengan roda pendaratan yang lebih sedikit akan lebih besar merusak perkerasan

Untuk roda pendaratan utama yaitu yang ada pada badan pesawat adalah 95% karena *main landing gear* pada pesawat merupakan tumpuan utama dari beban pesawat dan *nose gear* menampung beban sebanyak 5% dari beban pesawat.

Berikut merupakan jenis pesawat yang beroperasi di Bandar Udara Dewadaru Karimunjawa beserta tipe roda dan MTOW nya :

Tabel 2 Penentuan Pesawat Terkritis

Jenis Pesawat	Susunan Roda	MTOW		Annual Departure
		lbs	kg	
ATR 72 600	DUAL WHEEL	50.266	22.800	326
DHC-6 300	SINGLE WHEEL	12.500	5.670	222
CESSNA 208	SINGLE WHEEL	8.000	3.629	140

Kemudian selanjutnya, dapat dihitung beban setiap roda dari pesawat yang beroperasi, yaitu dengan cara :

$$\text{Wheel Load} = 0,95 \times \text{MTOW} \times \frac{1}{\text{Jumlah roda pendaratan utama}} \quad (2.1)$$

1. ATR 72 , Wheel Load = $0,95 \times 22.800 \times \frac{1}{4} = 5.415 \text{ Kg}$
2. DHC-6 300 , Wheel Load = $0,95 \times 5.670 \times \frac{1}{2} = 2.693 \text{ Kg}$
3. CESSNA 208 , Wheel Load = $0,95 \times 3.629 \times \frac{1}{2} = 1.724 \text{ Kg}$

Dari tabel dan perhitungan diatas dapat dilihat pada tabel yang berwarna merah merupakan jenis pesawat ATR 72-600 yang menjadi pesawat terkritis di Bandar Udara Dewadaru Karimunjawa.

Perhitungan Equivalent annual departure

Semua keberangkatan tahunan pesawat udara yang beroperasi di Bandar Udara Dewadaru Karimunjawa dikonversi kedalam jenis roda pendaratan yang sama yaitu kedalam roda pendaratan terkritis.

Perhitungan keberangkatan tahunan ekuivalen perlu dilakukan untuk memproyeksikan ke dalam grafik ketebalan ekuivalen perkerasan. Berikut adalah perhitungan ekuivalen keberangkatan tahunan (R1) untuk pesawat yang beroperasi di Bandar Udara Dewadaru Karimunjawa dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 3 Tabel Equivalent Annual Departure

Jenis pesawat	Gear type			Annual Departure	Max. Take off Weight (Kg)	An Depart Konversi	Wheel Load			Equivalent Annual Departure
	Dual	Kc	Konversi				R2	W2	W1	
ATR 72	DUAL WHEEL	DUAL WHEEL	1	326	22 800	326	5 415	5 415	326	
DHC-6 300	SINGLE WHEEL	DUAL WHEEL	0,8	222	5 670	178	2 693	5 415	39	
CESSNA 208	SINGLE WHEEL	DUAL WHEEL	0,8	140	3 629	112	1 724	5 415	14	
TOTAL				688						378,9
W2										
W1										
R1										

$$\text{Log } R1 = \text{Log } R2 \times \left(\frac{w2}{w1}\right)^{0.5}$$

$$R1 = 10 \text{Log } \text{Log } R2 \times \left(\frac{w2}{w1}\right)^{0.5}$$

a. ATR 72-600 $\text{Log } R1 =$

$$\text{Log } 326 \left(\frac{5415}{5415}\right)^{1/2} = 326$$

b. DHC-6 300 $\text{Log } R1 =$

$$\text{Log } 178 \left(\frac{2693}{5415}\right)^{1/2} = 39$$

c. CESSNA 208 $\text{Log } R1 =$

$$\text{Log } 112 \left(\frac{1724}{5415}\right)^{1/2} = 14$$

Setelah didapat R1 dari masing-masing pesawat selanjutnya adalah menjumlahkan total sehingga didapat total *equivalent annual departure* untuk keseluruhan pesawat yaitu sebesar **378,9**. Angka tersebutlah yang akan diproyeksikan ke dalam grafik tebal perkerasan.

Perhitungan Tebal Perkerasan Metode FAA Manual

a. *Subgrade* (Tanah Dasar)

Pada perencanaan perkerasan kaku diperlukan nilai modulus pondasi. Nilai modulus pondasi ini dapat dinyatakan sebagai modulus reaksi tanah dasar (k), dimana hasilnya nanti akan di plot ke grafik tebal subbase yang terdapat dalam KP 93 Tahun 2015. Rumus untuk mengonversi nilai CBR ke nilai modulus reaksi tanah dasar adalah sebagai berikut:

$$k = \left[\frac{1500 \times CBR}{26}\right]^{0,7788}$$

AC No: KP 93 Tahun 2015

$k =$ Modulus reaksi tanah dasar

Untuk daya dukung tanah sendiri didapatkan ketika penulis melaksanakan praktek kerja atau *On the job training* di Bandar Udara Karimun Jawa. Berdasarkan hasil tes *CBR* yang dilakukan oleh CV. Mitra Usaha Sejati di bandar udara Dewadaru Karimunjawa pada tahun 2019 di peroleh keterangan tentang *CBR* tanah sebesar 11,17%. Maka didapat rumus untuk mengonversi nilai *CBR* ke nilai modulus reaksi tanah dasar adalah sebagai berikut :

$$k = \left[\frac{1500 \times 11,17}{26}\right]^{0,7788}$$

$$k = 154,09 \text{ pci} \approx 154 \text{ pci}$$

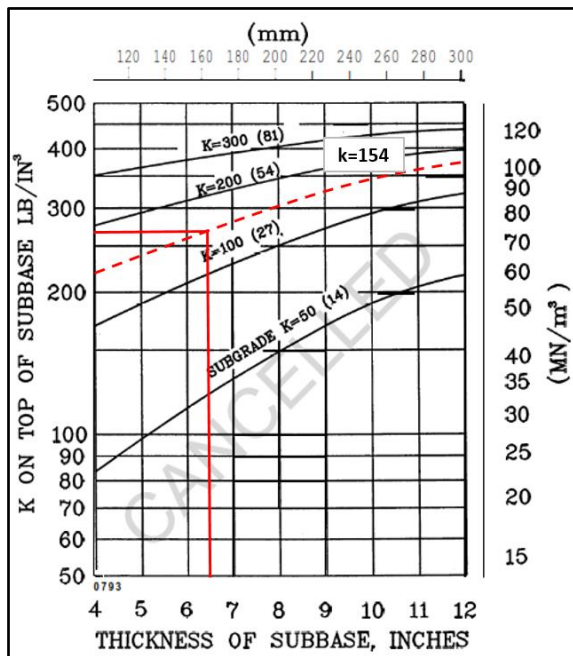
b. *Subbase* (Pondasi Bawah)

Setelah didapatkan nilai modulus reaksi tanah dasar (k), yaitu $k = 95 \text{ pci}$, maka tebal subbase dapat ditentukan dengan plotting pada grafik tebal subbase. Menurut SE 7 Tahun 2014 syarat nilai *CBR* subbase $\geq 25\%$, maka digunakan *CBR* subbase sebesar 25%. Nilai K subbase adalah:

$$k = \left[\frac{1500 \times 25}{26}\right]^{0,7788}$$

$$k = 288,5 \text{ Pci} \approx 289 \text{ Pci}$$

Proyeksi nilai k subgrade = 95 pci dan k subbase = 289 pci pada grafik dapat dilihat pada gambar grafik yang diambil dari AC No: 150/5320-6D berikut ini:

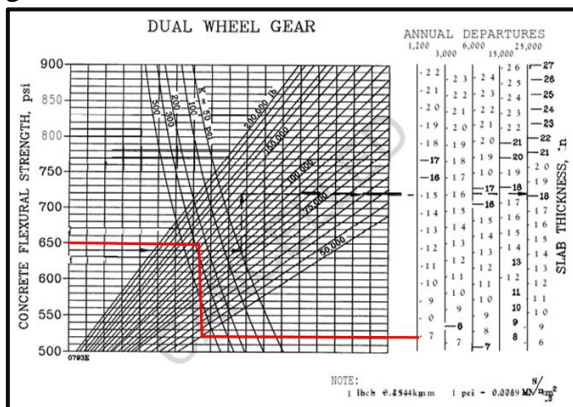


Gambar 3 Grafik perhitungan tebal subbase
 (Sumber: KP 93 Tahun 2015 Pedoman Teknis Operasional dan Perhitungan PCN)

Didapatkan, tebal subbase minimum adalah 9,2 inch atau 23,37 cm. Untuk memberikan nilai safety dalam perencanaan tebal subbase, maka dipilih yaitu 24 cm.

c. Slab Beton

Untuk menentukan perencanaan tebal slab beton / pelat beton pada perkerasan rigid maka perlu dilakukan proyeksi beberapa nilai ke grafik perhitungan tebal slab beton. Nilai flexural strength direncanakan adalah 650 psi. Cara tersebut dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



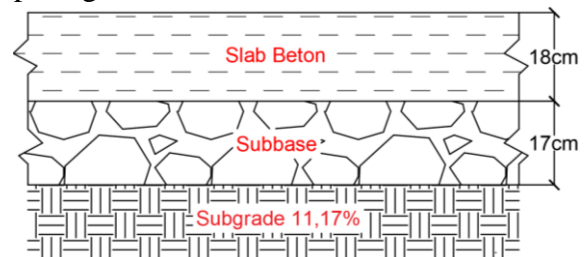
Gambar 4 Grafik perhitungan tebal slab beton
 (Sumber: KP 93 Tahun 2015 Pedoman Teknis Operasional dan Perhitungan PCN)

Dengan menggunakan cara tersebut, maka didapatkan tebal slab beton / pelat beton adalah 7 inch atau 17,78 cm \approx 18 cm.

Setelah dilakukan perhitungan rencana tebal perkerasan pada apron dengan daya dukung tanah dasar (CBR) 11,17% menggunakan cara-cara diatas maka didapatkan tebal perkerasan seperti berikut :

- Tebal subbase = 17 cm (k = 289 pci)
- Tebal slab beton = 18 cm (fs = 650 psi)

Rencana tebal perkerasan dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

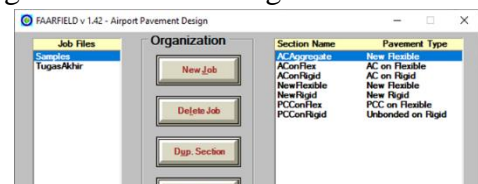


Gambar 5 Rencana Tebal Perkerasan

Perhitungan Tebal Perkerasan Metode FAA FAARFIELD

a) Buat job baru

Klik tab “New Job”, kemudian copy Section Name “ New Rigid” ke dalam job yang telah dibuat. Lihat gambar dibawah ini:



Gambar 6 Tampilan New Job pada FAARFIELD

b) Penentuan Struktur yang dipakai

Masuk ke tab “Structure”, lalu modifikasi dan tentukan jenis struktur yang akan digunakan pada perkerasan rigid. Berikut adalah tabel material yang dapat digunakan pada perencanaan, dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4 Ketebalan Lapisan Minimum untuk Struktur Perkerasan Kaku

Layer Type	FAA Specification Item	Maximum Airplane Gross Weight Operating on Pavement, lbs (kg)		
		<12,500 (5,670)	< 100,000 (45,360)	≥ 100,000 (45,360)
PCC Surface	P-501, Portland Cement Concrete (PCC) Pavements	5 in. (125 mm)	6 in. (150 mm)	6 in. (150 mm)
Stabilized Base	P-401 or P-403; P-304; P-306	Not Required	Not Required	5 in. (125 mm)
Base	P-208, P-209, P-211, P-301	Not Required	6 in. (150 mm)	6 in. (150 mm)
Subbase ^{1,2}	P-154, Subbase Course	4 in. (100 mm)	As needed for frost or to create working platform	As needed for frost or to create working platform

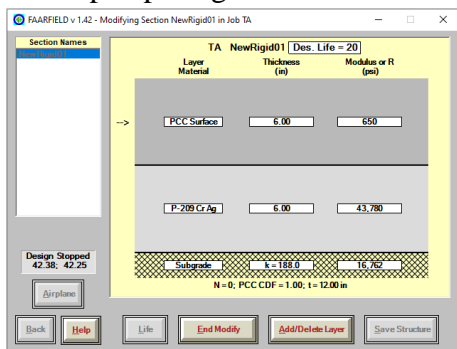
Pesawat terkritik saat ini yakni ATR 72-600 dengan MTOW nya 50.266 lbs (22.800 kg) dan dipilih untuk struktur pesawat dengan MTOW <100.000 lbs (45.360 kg), maka untuk permukaan perkerasan kaku (*surface*) menggunakan item P-501 (*Portland Cement Concrete*) atau PCC. Peneliti disini tidak membutuhkan *stabilized base* karena telah dijelaskan diatas bahwa untuk pesawat dengan berat kurang dari 100.000 pounds (45.400 kg) tidak membutuhkan *stabilized base* dan ditambah daya dukung tanah (CBR) di Bandar Udara Dewadaru Karimunjawa yang cukup kuat, sedangkan untuk *base*, menggunakan item P-209 (*Crushed Aggregate*). Untuk kekuatan *subgrade* atau tanah dasar, yang diambil rata-rata dari 11 titik pengambilan sampel untuk CBR Bandar Udara Dewadaru Karimunjawa memiliki nilai CBR 11,17 %, maka nilai *k* dapat dicari dengan cara berikut:

$$k = 28.6929 \times CBR^{0.7788}$$

$$k = 28,6929 \times 11,17^{0,7788}$$

$$k = 187,92 \text{ Pci} \approx 188 \text{ pci}$$

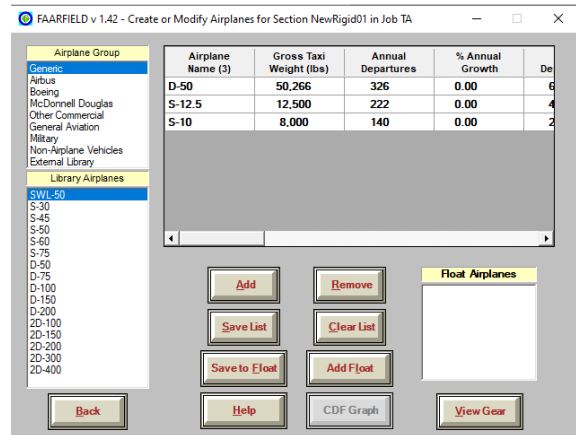
Data yang dibutuhkan sudah didapatkan, maka desain struktur dapat dimodifikasi seperti tampak pada gambar dibawah ini:



Gambar 7 Hasil modifikasi material yang digunakan

c) Data annual departure

Pilih tab “Airplane” untuk memasukkan data pesawat yang beroperasi beserta MTOW nya, dan masukkan juga annual departure masing-masing tipe pesawat. Dapat dilihat pada gambar berikut ini :

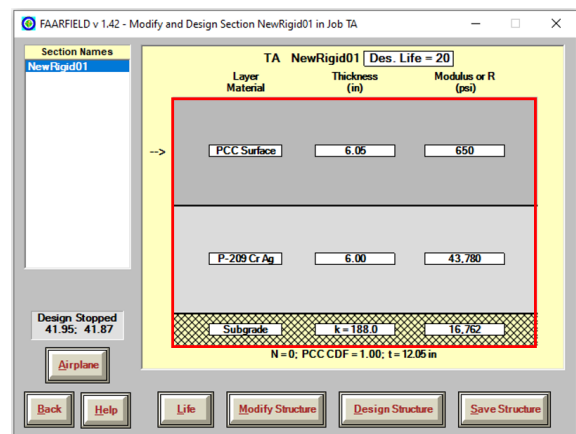


Gambar 8 Data pesawat yang beroperasi beserta annual departure

d) Hasil tebal perkerasan

Setelah semua data dimasukkan, yaitu data pesawat, annual departure, jenis perkerasan yang akan digunakan, serta kekuatan tanah dasar eksisting. Maka tebal perkerasan rencana sudah dapat diperhitungkan oleh aplikasi.

Hasil perhitungan oleh aplikasi FAARFIELD dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

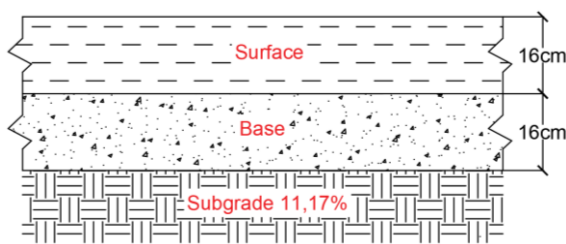


Gambar 9 Hasil perhitungan tebal perkerasan FAARFIELD

Adapun hasil dari perhitungan tebal perkerasan kaku dengan program FAARFIELD adalah sebagai berikut :

Tabel 5 Hasil Tebal Lapis Perkerasan Rigid Dengan FAARFIELD

N o.	Lapis an	Jenis mater ial	Keteba lan (in)	Keteba lan (cm)
1	Surfac e	PCC Surfac e	6.05	15.37
2	Base	P-209 Cr Ag	6.00	15.24
3	Subgr ade	CBR 11,17 %	0	0



Gambar 10 Rencana Tebal Perkerasan

Perencanaan Nilai PCN Menggunakan COMFAA

a. Hasil Perhitungan Manual

Gambar 11 Hasil Perhitungan COMFAA dari Metode Manual

Berdasarkan Advisory Circular/AC 150/5335-5C, diisyaratkan hasil “6D Thickness” tidak boleh melebihi nilai Evaluation Pavement Thickness (tebal evaluasi/slab beton). serta nilai CDF (Cumulative Damage Factor) yang disyaratkan adalah ≤ 1 .

Dapat dilihat dari hasil *running software* COMFAA berdasarkan perhitungan manual

yaitu, memiliki nilai 6D *Thick* sebesar **6.99**, dan nilai total CDF (*Cumulative Damage Factor*) sebesar **0.9790**, artinya nilai ini sudah memenuhi syarat yaitu $0.9790 \leq 1$ dan nilai 6D *Thick* juga di bawah nilai tebal evaluasi/slab beton (*Evaluation Pavement Thickness*) yaitu $6.99 \leq 7.00$. Dengan nilai PCN = **13.2** atau bisa dibulatkan menjadi **13** R/C/W untuk mengakomodir pesawat terkritik. Maka dapat dikatakan bahwa struktur perkerasan yang dirancang mampu menanggung beban lalu lintas, dan ketebalan PCC *surface* **7 inch** bisa digunakan dalam perencanaan tebal perkerasan *apron*.

b. Hasil Perhitungan Metode Software FAARFIELD

Gambar 12 Hasil Perhitungan COMFAA dari FAARFIELD

Telah dijelaskan bahwa Berdasarkan *Advisory Circular/AC 150/5335-5C*, diisyaratkan hasil “6D Thickness” tidak boleh melebihi nilai *Evaluation Pavement Thickness* (tebal evaluasi/slab beton). serta nilai CDF (*Cumulative Damage Factor*) yang disyaratkan 0 - 1.

Dapat dilihat pada gambar 4.13 nilai “6D thickness” diatas yaitu melebihi nilai *Evaluation Pavement Thickness* serta nilai CDF (*Cumulative Damage Factor*) berdasarkan perhitungan diatas adalah **27.6663** yang artinya tebal perkerasan sangat tipis dan juga melebihi batas maksimal dari ketentuan nilai yang diisyaratkan. Sehingga sudah dapat dipastikan bahwa struktur tersebut tidak dapat digunakan dalam perencanaan.

Selanjutnya agar perkerasan dari perhitungan FAARFIELD mendapatkan struktur yang optimal dan dapat digunakan

dalam perencanaan, yaitu dengan melakukan penambahan tebal lapisan struktur perkerasan pada *surface* dikarenakan untuk koreksian pada perkerasan kaku agar mendapatkan nilai CDF yang valid yaitu melakukan penambahan pada *surface*. Dan sebelumnya sudah dilakukan percobaan penambahan pada *base* tetapi untuk nilai CDF masih jauh dari yang diisyaratkan. Berikut adalah koreksi dari *software* FAARFIELD.

c. Hasil Perhitungan Metode Software FAARFIELD (Koreksi)

The screenshot shows the following data tables:

Results Table 1. Input Traffic Data

No.	Aircraft Name	Weight	Gross Wt	Tire Press	Annual Deps	20-yr Coverages	6D Thick
1	Single Wheel 10	8,000	100.00	80.0	140	1,235	4.03
2	Single Wheel 12.5	12,800	95.00	80.0	232	1,690	3.53
3	D-50	50,266	95.00	80.0	326	5,269	6.80

Results Table 2. PCN Values

No.	Aircraft Name	Critical Aircraft Total	Thickness for Total	Maximum Allowable	ACN Thick at Max. Allowable	CDF	PCN on B(255)
1	Single Wheel 10	>8,000,000	6.88	8,340	4.21	0.0000	4.9
2	Single Wheel 12.5	>5,000,000	6.89	12,952	3.67	0.0000	3.6
3	D-50	5,269	6.80	53,115	6.65	0.6514	13.0
Total CDF = 0.6514							

Results Table 3. Rigid ACN at Indicated Gross Weight and Strength

No.	Aircraft Name	Gross Weight	% GW on Tire	Tire Pressure	ACN Thick	ACN on B(255)
1	Single Wheel 10	8,000	100.00	80.0	4.13	4.7
2	Single Wheel 12.5	12,800	95.00	80.0	3.61	3.6
3	D-50	50,266	95.00	80.0	6.45	12.1

Gambar 11 Hasil Perhitungan

Pada gambar diatas, dapat dilihat bahwa nilai CDF mendapatkan nilai yang valid yaitu $0.6514 < 1$ dan $6D$ Thickness tersebut dapat dijadikan evaluasi terhadap tebal perkerasan yang direncanakan, dimana nilai *evaluation thickness* atau tebal evaluasi perkerasan harus lebih besar dari nilai $6D$ -thickness dari tiap pesawat yang beroperasi, sehingga menandakan bahwa tebal perkerasan rencana tersebut layak untuk dipakai atau memenuhi syarat. Dari gambar 4.16 juga terlihat PCN dari perkerasan dengan tebal evaluasi 7 inc memiliki nilai PCN 13 R/B/W.

Hasil perhitungan struktur perkerasan

Dapat dilihat perbandingan hasil struktur perkerasan rigid dari metode manual FAA,

FAARFIELD, dan COMFAA pada tabel berikut ini :

Tabel 6 Perbandingan Hasil Perhitungan Struktur

Metode	Output
Manual FAA dan COMFAA	<ul style="list-style-type: none"> Lapisan <i>Surface</i> : 7 inch (18 cm) Lapisan <i>Subbase</i> : 6,5 inch (17 cm) Nilai PCN : 13 Nilai CDF : 0.5730
COMFAA dan FAARFIELD	<ul style="list-style-type: none"> Lapisan <i>Surface</i> : 6.05 inch (16 cm) Lapisan <i>Base</i> : 6 inch (16 cm) Nilai PCN : 9 Nilai CDF : 27.6663
COMFAA dan FAARFIELD (Koreksi)	<ul style="list-style-type: none"> Lapisan <i>Surface</i> : 7 inch (18 cm) Lapisan <i>Base</i> : 6 inch (16 cm) Nilai PCN : 13 Nilai CDF : 0.6514

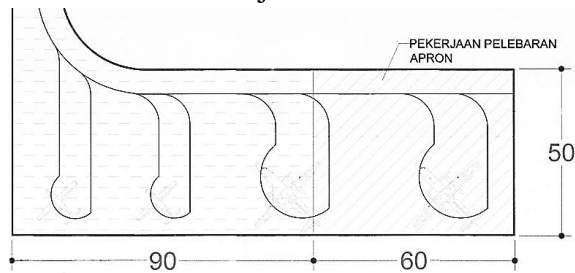
Dari Dua hasil perhitungan struktur perkerasan, digunakan hasil perhitungan dengan program FAARFIELD dan COMFAA (koreksi) dikarenakan beberapa pertimbangan sebagai berikut :

- Metode manual FAA untuk perencanaan struktur yang mengacu pada *Advisory Circular* 150/5320-6d sudah tidak berlaku lagi sejak 7 juli 1995. Tetapi untuk di Indonesia metode manual FAA masih digunakan dan diganti dengan regulasi MOS KP 93 Tahun 2015.
- Peraturan terbaru *Airport Pavement Design and Evaluation* yang dikeluarkan oleh FAA adalah *Advisory Circular* 150/5320-6F yang berisi pedoman perencanaan konstruksi rigid menggunakan program FAARFIELD.
- Regulasi yang berlaku dikeluarkan oleh FAA mengenai perhitungan PCN tertulis pada *Advisory Circular* 150/5335-5C.
- Nilai CDF sebesar 27.6663 menandakan bahwa struktur tersebut terlalu tipis sehingga dilakukan perencanaan kembali dengan cara menambah tebal lapisan struktur perkerasan pada *surface* agar mendapatkan struktur yang optimal dan dapat digunakan dalam perencanaan dan sesuai dengan yang diisyaratkan.
- Setelah dilakukan koreksi maka didapatkan nilai CDF 0.6514. Dengan nilai CDF 0.6514 struktur perkerasan

mendapatkan nilai yang optimal dan valid. Sehingga perhitungan dari FAARFIELD dapat digunakan dalam perencanaan.

Layout Rencana Rencana

Pada perluasan apron rencana ini terdapat 4 parking stand yang dapat parkir secara waktu bersamaan dengan 2 diantaranya yaitu parking stand ATR 72-600 dan 2 parking stand CESSNA 208 atau DHC-6 300. Konsep pada apron ini termasuk kedalam linier concept dengan tipe konfigurasi parkirnya yaitu nose-in. Berikut adalah layout pada apron rencana Bandar Udara Dewadaru Karimunjawa.



Gambar 12 Layout Apron Rencana

Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Dengan dilaksanakannya perencanaan konstruksi rigid pada apron ini, disertakan juga rancangan anggaran biaya (RAB) sesuai dengan volume maupun luasan yang telah diketahui pada pembahasan diatas. Untuk pembuatan RAB menggunakan Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Jepara, Jawa Tengah dan dikalikan IKK (Indeks Kemahalan Konstruksi) Karimunjawa yaitu 1,22. IKK digunakan sebagai proxy untuk mengukur tingkat kesulitan geografis suatu daerah, dimana Karimunjawa sendiri termasuk daerah kepulauan di daerah Jepara Jawa Tengah, sehingga semakin sulit letak geografis suatu daerah maka semakin tinggi pula tingkat harga di daerah tersebut. Maka anggaran yang diperlukan untuk perencanaan konstruksi rigid pada apron ini yaitu sebesar

Rp 8.282.356.000,00. Hasil penyusunan RAB dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

Tabel 7 Rencana Anggaran Biaya

RENCANA ANGGARAN BIAYA

Kementerian : Kementerian Perhubungan
 Pekerjaan : Perencanaan Konstruksi Rigid Pavement pada Apron
 Volume : 7500
 Satuan Ukuran : M2
 Lokasi : Bandar Udara Dewadaru Karimunjawa

No.	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
PEKERJAAN KONSTRUKSI					
A. PEKERJAAN PERSIAPAN					
1.	Pekerjaan Pembongkaran Konstruksi	1.530	m3	100.289,06	153.442.263,23
2.	Pekerjaan Pengukuran (M2)	7.500	m2	5.934,00	44.509.470,00
3.	Membersihkan Lapangan dan Perataan(M2)	7.500	m2	16.775,00	125.812.500,00
4.	Mobilisasi / Demobilisasi Alat	1,00	ls	76.176.370,24	76.176.370,24
					399.940.603,47
B. PEKERJAAN TANAH					
1.	Pemadatan Tanah Subgrade (M3)	7.500	m3	203.224,59	1.524.184.396,75
2.	Pekerjaan Galian Tanah dengan Alat Berat (M3)	1.170	m3	191.999,08	224.638.922,43
					1.748.823.321,18
C. PEKERJAAN KAYU					
1.	Pekerjaan Bekisting (M2)	898,56	m2	1.049.489,14	943.028.961,64
					943.028.961,64
D. PEKERJAAN STRUKTUR					
1.	Pekerjaan Batu Pecah untuk Base Course (M3)	1.200	m3	417.388,91	500.866.688,64
2.	Lean Concrete > K100	375	m3	1.435.923,10	538.471.162,50
3.	Slab Beton Mutu K 350	1.350	m3	2.517.247,58	3.398.284.227,05
					4.437.622.078,20
				Jumlah harga	7.529.414.964,49
				PPN 10%	752.941.496,45
				Total Jumlah	8.282.356.460,94
				Pembulatan	8.282.356.000,00

Terbilang : Delapan Milyar Dua Ratus Delapan Puluh Dua Juta Tiga Ratus Lima Puluh Enam Ribu

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan data yang telah dianalisa dan diperhitungkan maka dapat disimpulkan hasil sebagai berikut :

1. Perencanaan tebal perkerasan yang digunakan adalah hasil perhitungan menggunakan software FAARFIELD. Dan didapat hasil perhitungan tebal struktur perkerasan kaku yaitu untuk tebal base rencana 6 inch (15,24 cm ≈ 16 cm), dan tebal surface (slab beton) adalah 7 inch (17,78 ≈ 18 cm), dengan flexural strength (kuat tarik) direncanakan senilai 650 psi. Didapat nilai PCN yaitu 13 R/B/W. Sedangkan untuk hasil dari metode manual FAA yaitu untuk tebal subbase rencana 6,5 inch (17 cm), dan tebal surface (slab beton) adalah 7 inch (18 cm) dengan nilai CDF nya 0.5730 dan nilai PCN yang didapat yaitu 13 R/B/W.
2. Berdasarkan perhitungan RAB, maka anggaran yang diperlukan untuk melaksanakan pekerjaan konstruksi

rigid pada *apron* dengan luas 7.500 m² yaitu Rp 8.282.356.000,00.

Saran

Berdasarkan hasil kesimpulan, maka ada baiknya penelitian ini dilanjutkan untuk melakukan hal sebagai berikut :

3. Karena tidak dilakukan pembuatan marka *apron* pada perencanaan ini, maka ada baiknya bila penelitian ini akan dilanjutkan untuk pembuatan marka *apron* agar penelitian dapat menjadi lebih baik lagi.
4. Harga bahan konstruksi selalu berubah-ubah tiap tahunnya, oleh sebab itu perlu dipertimbangkan dalam perencanaan anggaran biaya pada perencanaan konstruksi perkerasan kaku pada *apron* ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Direktorat Jenderal Perhubungan. (2005). *SKEP 77-VI-2005 Persyaratan Teknis Pengoperasian Fasilitas Teknik Bandar Udara*. Jakarta: Departemen Perhubungan.
- [2] Direktorat Jenderal Perhubungan Udara. 2019, KP 326 Tahun 2019 Tentang Standar Teknis Dan Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139 (*Manual Of Standard CASR – Part*) Volume I Bandar Udara (*Aerodrome*). Jakarta: Kementerian Perhubungan
- [3] Eka, A. (2019). *Perencanaan Perkerasan Pada Perluasan Apron di Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi Manado*. Surabaya: Politeknik Penerbangan Surabaya.
- [4] Federal Aviation Administration. (2009). *Advisory Circular AC 150/5320-6E Airport Pavement Design and Evaluation*. FAA.
- [5] Federal Aviation Administration. (2014). *Advisory Circular/AC 150/5335-5C Airport Pavement Design and Evaluation*. FAA.
- [6] Heru, B. (1986). *Merancang, Merencana Lapangan Terbang*. Bandung: Alumni.
- [7] Huzeirien, & Dahlan, M. E. (2017). *Analisa Perencanaan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) Apron Bandar Udara Sultan Thaha Syaifuddin Jambi*. Jambi: Jurnal Civronlit Universitas Batanghari Vol.2 No.2.
- [8] International Civil Aviation Organization. (1987). *Doc 9184 – AN/902 Airport Planning Manual Part 1 Master Planning Second Edition*. ICAO.
- [9] International Civil Aviation Organization. (2005). *Doc 9157-AN/901 Aerodrome Design Manual Part 2 Taxiways, Aprons and Holding Bays Fourth Edition*. ICAO.
- [10] International Civil Aviation Organization. (2013). *Annex 14 Aerodromes Sixth Edition*. Montreal: ICAO.