

PROSIDING

SEMINAR NASIONAL INOVASI TEKNOLOGI PENERBANGAN (SNITP) TAHUN 2020

ISSN : 2548-8112

PERENCANAAN STRUKTUR PERKERASAN KAKU *SURFACE LEVEL HELIPORT* DI BANDAR UDARA SULTAN MUHAMMAD KAHARUDDIN - SUMBAWA BESAR

TRI SUSILO

Program Studi D3 Teknik Bangunan Dan Landasan, Politeknik Penerbangan Surabaya

Jl. Jemur Andayani I/73, Surabaya 60236

Email: t.susilo10@gmail.com

ABSTRAK

Bandar Udara Sultan Muhammad Kaharuddin Sumbawa ini termasuk dalam Kantor Unit Penyelenggara Bandar Udara Kelas III. Saat ini Bandar Udara Sultan Muhammad Kaharuddin – Sumbawa Besar belum tersedianya fasilitas *surface level heliport*. Helikopter yang menuju Sumbawa mendarat di *apron* dan mengakibatkan *apron* di Bandar Udara Sultan Muhammad Kaharuddin – Sumbawa Besar mengalami kerusakan. Sehingga direncanakan pembuatan *surface level heliport* di selatan *apron* menggunakan perkerasan kaku. *Surface level heliport* ini direncanakan menggunakan perkerasan kaku dikarenakan biaya perawatan murah dan pembebanannya merata kesemua struktur. Penelitian dimulai dengan pengumpulan data-data seperti Data annual departure, Data CBR tanah, dan Menentukan helikopter rencana dimensi eksisting, Dari data tersebut dilakukan perhitungan dengan metode FAA. Selanjutnya dari hasil perhitungan tersebut dilanjutkan menghitung nilai *Maximum Allowable Gross Weight* dan membuat desain *surface level heliport*. *Surface level heliport* tersebut sesuai hasil perhitungan yang didapat maka perencanaan pembuatan *surface level heliport* yang direncanakan adalah 35 x 35 m dan diperoleh tebal perkerasan keseluruhan *surface level heliport* adalah 10 inch. Terdiri dari tebal subbase 4 inch dan tebal slab beton 6 inch.

Kata kunci: *Surface level heliport*, Data CBR Tanah, Metode FAA, Nilai PCN.

ABSTRACT

Sultan Muhammad Kaharuddin Sumbawa Airport is included in the Class III Airport Operational Unit Office. Currently, Sultan Muhammad Kaharuddin Airport - Sumbawa Besar does not yet have surface level heliport facilities. The helicopter bound for Sumbawa landed on the apron and damaged the apron at Sultan Muhammad Kaharuddin Airport - Sumbawa Besar. So it is planned to make a surface level heliport in the south of the apron using rigid pavement. This heliport surface level is planned to use rigid pavement due to low maintenance costs and evenly loading of all structures. The research begins with collecting data such as data on annual departure, CBR data for soil, and determining the plan for helicopters. The existing dimensions are calculated using the FAA method. Furthermore, from the results of these calculations proceed to calculate the Maximum Allowable Gross Weight and make a surface level heliport design. The surface level heliport is in accordance with the calculation results obtained, the planned surface level heliport is 35 x 35 m and the overall pavement thickness of the heliport surface level is 10 inch. Consists of a 4 inch thick subbase and 6 inch thick concrete slab.

Keywords : *Surface level heliport, CBR Land Data, FAA Method.*

PENDAHULUAN

Bandar Udara Sultan Muhammad Kaharuddin Sumbawa terletak di Kecamatan Sumbawa Kabupaten Sumbawa, Nusa

Tenggara Barat. Bandar Udara Sultan Muhammad Kaharuddin Sumbawa ini termasuk dalam Kantor Unit Penyelenggara Bandar Udara Kelas III. Bandar Udara

PROSIDING

SEMINAR NASIONAL INOVASI TEKNOLOGI PENERBANGAN (SNITP) TAHUN 2020

ISSN : 2548-8112

Sultan Muhammad Kaharuddin Sumbawa memiliki landasan 1800 m x 30 m dan arah landasan 14 – 32, mampu melayani pesawat terbesar jenis ATR 72, *Twin otter* serta mampu melayani helikopter.

Saat ini Bandar Udara Sultan Muhammad Kaharuddin – Sumbawa Besar belum tersedia fasilitas *surface level heliport*. Dalam Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor: KP 40 Tahun 2015 tentang standar teknis dan operasi peraturan keselamatan penerbangan sipil – bagian 139 (*Manual of Standard CASR-Part 139*) Volume II tempat pendaratan dan lepas landas helikopter menjelaskan *Heliport* adalah tempat pendaratan dan lepas landas helikopter di daratan (*surface level heliport*), di atas gedung (*elevated heliport*), di anjungan lepas pantai/kapal (*helideck*), dan *shipboard*. *Heliport* bandara harus mempunyai kualitas yang baik. Konstruksi struktur perkerasan *helipad* memegang peran penting dalam menentukan baik tidaknya kinerja *helipad* melayani lalu-lintas helikopter. Penentu tercapainya keberhasilan pekerjaan dalam suatu pekerjaan bandar udara salah satunya ditentukan dari segi perencanaannya.

Berdasarkan data traffic penerbangan domestik helikopter Sumbawa beberapa helikopter yang datang karena kegiatan berwisata menggunakan Air Bali Helicopter, kunjungan tambang ke PT Newmont Nusa Tenggara dan PT Amman Mineral Nusa Tenggara, dan beberapa kegiatan dari pemerintahan daerah Sumbawa Besar. Seiring dengan banyaknya traffic penerbangan domestik helikopter Sumbawa, Bandar Udara Sultan Muhammad Kaharuddin – Sumbawa Besar memiliki tanggung jawab untuk memberikan pelayanan yang optimal dengan fasilitas yang memadai.

Dengan kondisi saat ini helikopter yang menuju Sumbawa masih lepas landas di area *apron*. Akibat dari itu menyebabkan *apron* di Bandar Udara Sultan Muhammad Kaharuddin – Sumbawa Besar mengalami kerusakan lapisan atas *apron* bandara. Sehingga dibutuhkan perencanaan *surface level heliport* di Bandar Udara Sultan Muhammad Kaharuddin – Sumbawa Besar. *Surface level heliport* yang direncanakan menggunakan perkerasan kaku. Maka dari itu diperlukannya perencanaan struktur perkerasan kaku pada *surface level heliport*.

Perencanaan perkerasan yang merupakan struktur perkerasan kaku pada konstruksi *surface level heliport* dengan sendirinya dituntut mampu untuk menerima dan memikul beban helikopter di atasnya yang direncanakan dengan tepat. Karena biaya pemeliharaan yang murah dan Penyesuaian berat pada bahan semen ataupun beton memperlihatkan satu sistem yang sempurna dimana semua beban berat dari helikopter akan dialirkan secara merata sehingga lebih awet, maka dari itu digunakannya perkerasan kaku pada *surface level heliport*.

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh hasil perhitungan konstruksi perkerasan kaku helikopter yang direncanakan, dengan daya dukung yang mampu melayani helikopter terbesar yaitu helikopter super puma SA / AS-332. Metode perhitungan yang digunakan yaitu metode FAA (*Federal Aviation Administration*) pada *Advisory Circular No 150/5320-6D* “*Airport Pavement Design and Evaluation*.”

Berdasarkan kondisi yang diuraikan tersebut, maka permasalahan di Bandar Udara Sultan Muhammad Kaharuddin – Sumbawa Besar tersebut perlu di angkat ke dalam bentuk tugas akhir yang berjudul,

PROSIDING

SEMINAR NASIONAL INOVASI TEKNOLOGI PENERBANGAN (SNITP) TAHUN 2020

ISSN : 2548-8112

“PERENCANAAN STRUKTUR PERKERASAN KAKU *SURFACE LEVEL HELIPORT* DI BANDAR UDARA SULTAN MUHAMMAD KAHARUDDIN - SUMBAWA BESAR”.

TINJAUAN PUSTAKA

A. *Heliport*

Heliport adalah tempat pendaratan dan lepas landas helikopter di daratan (*surface level heliport*), di atas gedung (*elevated heliport*) di anjungan lepas pantai/kapal (*helideck*), dan *shipboard* termuat dalam Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor: KP 40 Tahun 2015 tentang standar teknis dan operasi peraturan keselamatan penerbangan sipil – bagian 139 (*Manual of Standard CASR-Part 139*) Volume II tempat pendaratan dan lepas landas helikopter.

B. Karakteristik Helikopter

Dalam *Federal Aviation Administration* (2009) 150/5230-2c tentang *Heliport Design* menjelaskan Sebelum merencanakan *surface level heliport* di bandar udara lengkap beserta fasilitasnya, dibutuhkan tentang spesifikasi helikopter secara umum untuk merencanakan prasarannya. Karakteristik helikopter antara lain berat, ukuran, dan dimensi.

A. Equivalent Annual Departure

Tipe roda pendaratan menentukan bagaimana berat helikopter di bagi bebannya kepada roda-roda dan di teruskan ke perkerasan, selanjutnya akan menentukan berapa tebal perkerasan yang mampu melayani berat seluruh helikopter. Berikut adalah tipe-tipe roda pendaratan helikopter beserta faktor pengalinya ke setiap jenis roda pendaratan helikopter yang lain, dapat dilihat pada tabel 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

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 helikopter yang beroperasi di Bandar Udara Sultan Muhamad Kaharuddin Sumbawa Besar.
3. Beban roda pesawat rencana dipilih dengan cara mencari nilai yang paling tinggi dari beban roda helikopter yang beroperasi.
4. *Annual Departure* adalah jumlah keberangkatan tahunan pesawat.
5. Menghitung *equivalent annual departure* pesawat rencana dengan cara:

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

Dimana:

R1 = *Equivalent annual departure* pesawat rencana

R2 = *Annual departure* yang dikonversi ke pesawat rencana

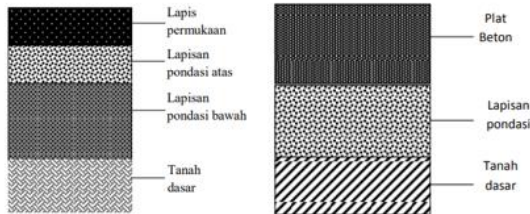
W1 = Beban roda pesawat rencana

W2 = Beban roda pesawat yang dikonversi ke pesawat rencana

A. Perkerasan

Perkerasan adalah struktur terdiri dari beberapa lapisan perkerasan dengan kekerasan dan daya dukung yang berlain-lainan, perkerasan dapat berupa agregat bermutu tinggi yang di ikat dengan aspal yang di sebut dengan perkerasan lentur atau dapat juga pelat beton yang di sebut perkerasan kaku. Menurut Basuki (1986)

dalam buku “Merancang Merencanakan Lapangan Terbang”, jenis perkerasan terdiri dari dua jenis yaitu perkerasan lentur (*flexible*) dan perkerasan kaku (*rigid*). Struktur Perkerasan Lentur (*Flexible pavement*).



Gambar 1 Struktur Perkerasan *Flexible* dan *Rigid*

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 di Bandar Udara Sultan Muhammad Kaharuddin Sumbawa Besar yaitu memiliki nilai CBR 7,5%.

PROSIDING

SEMINAR NASIONAL INOVASI TEKNOLOGI PENERBANGAN (SNITP) TAHUN 2020

ISSN : 2548-8112

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.

B. Metode FAA Manual

Merencanakan tebal perkerasan dapat dilakukan dengan cara analisa secara manual menggunakan grafik untuk setiap lapisannya berdasarkan metode FAA-AC No: 150/5320-6D. Perhitungan dimulai dengan mengolah data terlebih dahulu seperti, data kekuatan tanah dasar (*CBR Subgrade*), menghitung *equivalent annual departure*, penentuan *flexural strength* (kuat tarik) yang kemudian dapat di proyeksikan ke dalam

grafik untuk penentuan tebal *subbase* dan tebal pelat beton,.

C. 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.

D. 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.

E. SAP2000

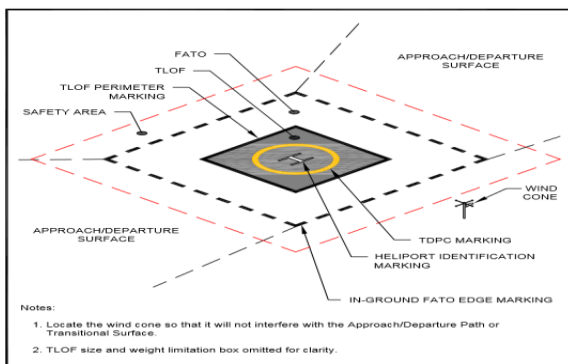
Pada SAP2000, model yang digunakan dalam analisis dan desain didefinisikan oleh pengguna dengan memanfaatkan graphical user interface facility sebagai konsep dasar program berbasis Windows. Model tersebut biasanya dilengkapi dengan fitur-fitur yang mewakili struktur, antara lain:

- Properti material.
- Elemen frame untuk menunjukkan balok, kolom, dan rangka batang.

- Elemen shell untuk menunjukkan dinding, lantai, dan elemen-elemen yang tipis.
- Joints untuk menunjukkan hubungan antara elemen-elemen.
- Restraints dan Springs untuk perletakan titik.
- Pembebanan, termasuk berat sendiri, gempa, angin dan sebagainya.
- Setelah menganalisis struktur, maka model juga menampilkan simpangan, gaya-gaya dalam, maupun reaksi-reaksi pada join-join tertentu sesuai dengan pembebanan yang telah ditentukan.

F. Desain Marka Heliport

Dalam Federal Aviation Administration (2009) 150/5230-2c tentang *Heliport Design* menjelaskan Standar desain ini mengasumsikan bahwa tidak akan ada lebih dari satu helikopter dalam pendekatan akhir dan area lepas landas (FATO) dan area keselamatan terkait. Jika ada kebutuhan untuk lebih dari satu area *touchdown* dan lepas landas (TLOF) di *heliport*. Heliport dasar terdiri dari TLOF yang terkandung dalam FATO.

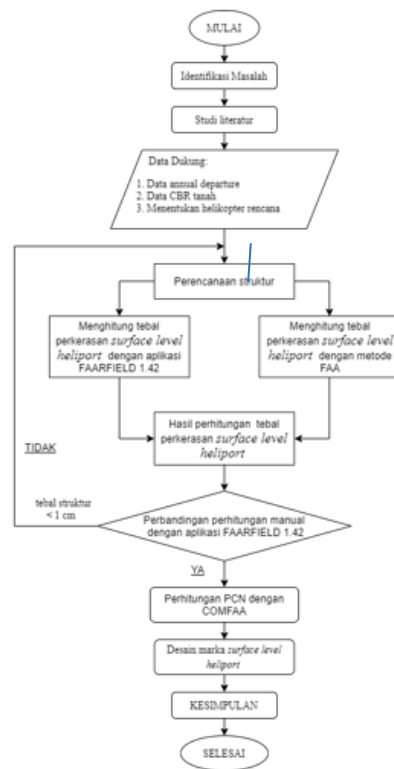


Gambar 2 Desain *heliport* (AC 150/5390-2C)

METODE PENELITIAN

A. Bagan Alur Perencanaan

Dalam penyelesaian permasalahan pembuatan heliport dilakukan sesuai dengan alur perencanaan:

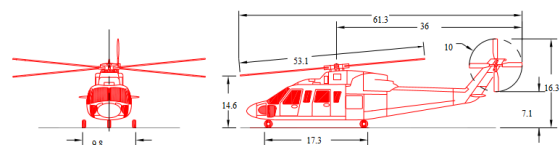


Gambar 3 Bagan Alur Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Tipe Helikopter Terktis

Dengan melihat dan mempertimbangkan permasalahan diatas, *surface level heliport* yang tersedia harus melayani helikopter terbesar yaitu helikopter super puma SA / AS-332, agar kejadian seperti kerusakan pada apron tidak terjadi lagi. Karena belum adanya *surface level heliport* di Bandar Udara Sultan Muhammad Kaharuddin – Sumbawa Besar. Sehingga rencana pengembangan ini kiranya sangat perlu untuk dilakukan.



Gambar 4 detail helikopter

Untuk itu maka dibawah ini adalah perhitungan dimensi *surface level heliport*

PROSIDING

SEMINAR NASIONAL INOVASI TEKNOLOGI PENERBANGAN (SNITP) TAHUN 2020

ISSN : 2548-8112

dari helikopter jenis SA/AS-332 super puma yang direncanakan akan beroperasi. Data perhitungan:

Tabel 2 Data perhitungan desain *surface level heliport*

Tipe helikopter	TIPC Touchdown/positioning circle	TLOF Touchdown And Lift-Off Area		FATO Final Approach And Take-Off Area		Jarak TLOF-FATO	Safety Area
	Diameter dalam minimum	Lebar Minimum	Panjang Minimum	Lebar Minimum	Panjang Minimum	Jarak Minimum	Jarak Minimum Batas Safety Area ke Batas FATO
	(1/2sD)	(1 RD)	(1 RD)	(1,5 D)	(1,5 D)	(0,75 D-0,5 RD)	(1/3 RD), (Min 6 m)
	(1/2x18.6842)	(1x16.1849)	(1x16.1849)	(1,5x18.6842)	(1,5x18.6842)	(0,75x18.6842-0,5x16.1849)	(1/3x16.1849)
SA/AS-332 Super Puma	10.00	17.00	17.00	29.00	29.00	15.00-9.00	6.00

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

Tabel 3 Jenis helikopter beserta MTOW

Jenis Helikopter	Tipe Roda	Annual Departure	MTOW (pounds)
BELL-407	Skid	15	5.250
BELL-412EP	Skid	38	11.900
BELL-427VFR	Skid	22	6.550
BELL-206L-4	Skid	17	4.450
BK-117	Skid	17	7.385
BELL-429	Skid	9	7.000
EC-155	Wheel	4	10.692
SA/AS-332	Wheel	25	20.173

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

$$\text{Wheel Load} = \frac{0,95 \times \text{MTOW} \times 1}{\text{jumlah roda pendaratan utama}}$$

1. EC-155 : Wheel load = $0,95 \times 10.692 \times \frac{1}{4} = 2.539 \text{ pounds}$
2. SA/AS-332 : Wheel load = $0,95 \times 20.173 \times \frac{1}{4} = 4.790 \text{ pounds}$

Dari perhitungan diatas dapat dilihat bahwa helikopter jenis SA/AS-332 super

puma memiliki beban roda terberat dengan berat 4,790 pounds. Maka didapat kesimpulan bahwa SA/AS-332 super puma menjadi helikopter rencana terkritik di Bandar Udara Sultan Muhammad Kaharuddin – Sumbawa Besar.

B. Perhitungan *Equivalent annual departure*

Setelah didapat helikopter terkritik dan terbesar, maka selanjutnya adalah melakukan perhitungan keberangkatan tahunan ekivalen, maksudnya adalah semua keberangkatan tahunan helikopter yang beroperasi di Bandar Udara Sultan Muhammad Kaharuddin – Sumbawa Besar dikonversikan ke dalam jenis roda pendaratan yang sama yaitu ke dalam roda pendaratan pesawat terkritik. Hal ini dilakukan seakan-akan hanya terdapat satu jenis helikopter yang beroperasi di Bandar Udara Sultan Muhammad Kaharuddin – Sumbawa Besar.

Tabel 4 Tabel *Equivalent Annual Departure*

Jenis pesawat	Gear type			Annual Departure	MTOW (pounds)	Annual Dep Konv	Wheel Load		Equivalent Annual Departure
	Dari	Ke	Konv				R2	W2	
EC-155	Single wheel	Single wheel	1	4	10.692	4	2.539	4.791	3
SA/AS-332	Single wheel	Single wheel	1	25	20.172	25	4.791	4.791	25
TOTAL					29				27,7
W2	:	Wheel load dihitung dengan menganggap 95% ditumpu oleh roda pendaratan utama, dual wheel mempunyai 4 roda maka = MTOW x 0,95 x 1/4							
W1	:	Wheel load pesawat kritis/terbesar							

$$\text{Log } R1 = \text{Log } R2 \times \left(\frac{W2}{W1}\right)^{0,5}$$

$$R1 = 10 \text{Log } R2 \times \left(\frac{W2}{W1}\right)^{0,5}$$

a. EC-155 $\text{Log } R1 =$

$$\text{Log } 4 \left(\frac{2.539}{4.791}\right)^{1/2} = 3$$

b. SA/AS-332 $\text{Log } R1 =$

$$\text{Log } 25 \left(\frac{4.791}{24.791}\right)^{1/2} = 25$$

Setelah didapat R1 dari masing-masing helikopter selanjutnya adalah menjumlahkan total sehingga didapat total equivalent annual departure untuk keseluruhan helikopter yaitu sebesar 27,7.

c. 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 AC 150/5320-6D (metode FAA).

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

Data yang diperoleh didapatkan *CBR* tanah lapangan sebesar 7,50% sesuai lampiran VII. Maka didapatkan nilai *k*, yaitu:

$$k = \left[\frac{1500 \times 7,50}{26} \right]^{0,7788} \quad k = 112,99 \text{ pci} \approx 113 \text{ pci}$$

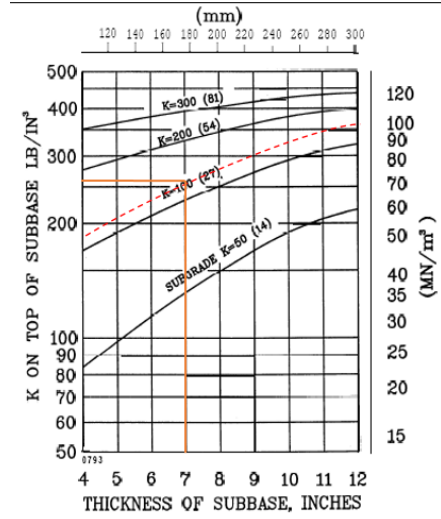
b. *Subbase* (Pondasi Bawah)

Setelah didapatkan nilai modulus reaksi tanah dasar (*k*), yaitu *k* = 113 pci, maka tebal *subbase* dapat ditentukan dengan *plotting* pada grafik tebal *subbase*. Dengan syarat nilai *CBR subbase* ≥ 25%, maka digunakan *CBR subbase* sebesar 25%.

Nilai *K subbase* adalah:

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

Proyeksi nilai *k subgrade* = 113 pci dan *k subbase* = 288.5 = 289 pci pada grafik dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut ini:



Gambar 5 Grafik perhitungan tebal *subbase* (Doc AC No. 150/5320-6D Federal Aviation Administration, section 3, rigid pavement design)

Didapatkan, tebal *subbase* minimum adalah 7 inch atau 17,78 cm. untuk memberikan nilai *safety* dalam perencanaan tebal *subbase*, maka dipilih yaitu 18 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. Untuk menentukan kuat lentur/*Flexural Strength* dipergunakan Persamaan.

$$MR = K \times \sqrt{fc'}$$

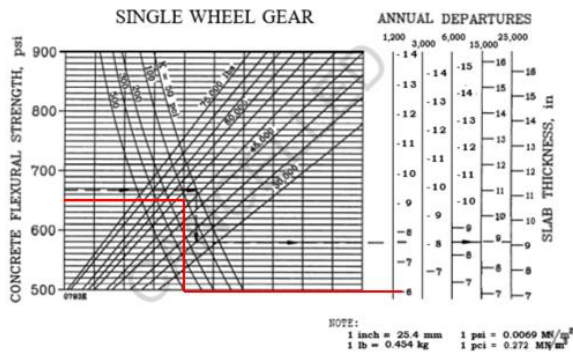
Direncanakan, mutu beton yang dipergunakan adalah beton dengan mutu K-350 = 350 Kg/cm² = 4.977 Psi dan nilai *k*=9, sehingga diperoleh nilai *flextural*

PROSIDING

SEMINAR NASIONAL INOVASI TEKNOLOGI PENERBANGAN (SNITP) TAHUN 2020

ISSN : 2548-8112

strength sebesar: $MR = 9 \sqrt{4977} = 634,93 \text{ Psi} = 650 \text{ Psi}$.



Gambar 6 Grafik perhitungan tebal slab beton (Sumber: KP 93 Tahun 2015 Pedoman Teknis Operasional dan Perhitungan PCN)

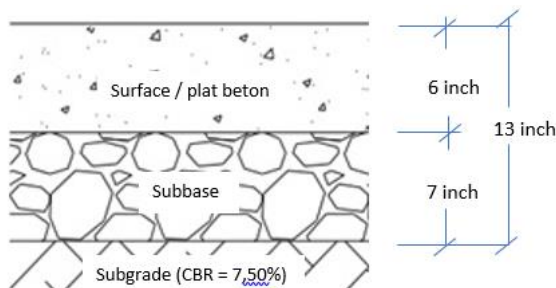
Dengan menggunakan cara tersebut, maka didapatkan tebal slab beton / pelat beton adalah 6 inch atau 15,24 cm \approx 16 cm.

Setelah dilakukan perhitungan rencana tebal perkerasan pada *surface level heliport* dengan daya dukung tanah dasar (CBR) 7,50%.

Menggunakan cara-cara diatas maka didapatkan tebal perkerasan seperti berikut:

- Tebal slab beton = 6 inch ($fs = 650 \text{ psi}$)
- Tebal subbase = 7 inch ($k = 289 \text{ pci}$)

Rencana tebal perkerasan dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

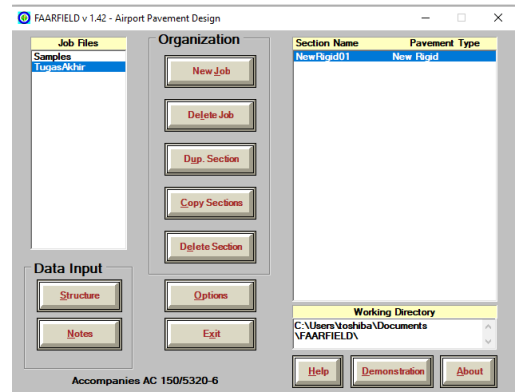


Gambar 7 Rencana Tebal Perkerasan

d. 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 8 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 5 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)	$\geq 100,000$ (45,360)
PCC Surface	P-501, Portland Cement Concrete (PCC) Pavements	5 in. (125 mm)	6 in. (150 mm) ¹	6 in. (150 mm) ²
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) ²	6 in. (150 mm)
Subbase ^{1,4}	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

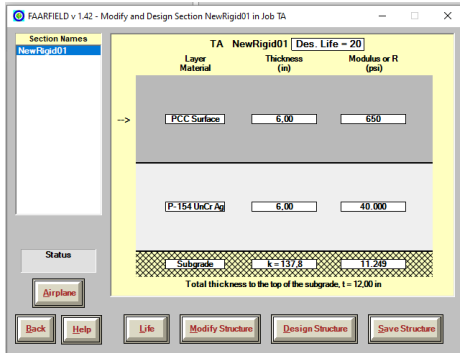
Untuk kekuatan *subgrade* atau tanah dasar, berdasarkan data eksisting, Bandar Udara Sultan Muhammad Kaharudin Sumbawa Besar memiliki nilai CBR 7,50%, maka nilai k dapat dicari dengan cara berikut:

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

$$k = 28,6926 \times 7,50^{0,7788}$$

$$k = 137,80 \text{ pci}$$

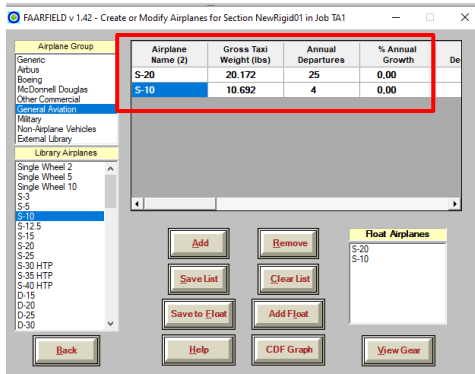
Data yang dibutuhkan sudah didapatkan, maka desain struktur dapat dimodifikasi seperti tampak pada gambar dibawah ini:



Gambar 9 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 :

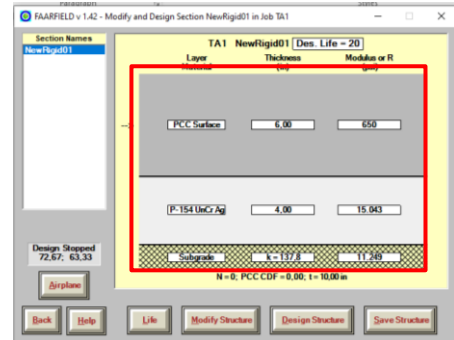


Gambar 9 Data pesawat yang beroperasi beserta annual departure

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.

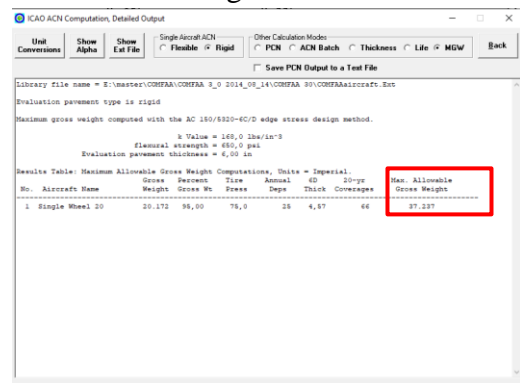
Hasil perhitungan oleh aplikasi FAARFIELD dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 10 Hasil perhitungan tebal perkerasan FAARFIELD

E. **Perencanaan Berat Kotor Maksimal Yang Diijinkan Menggunakan COMFAA**

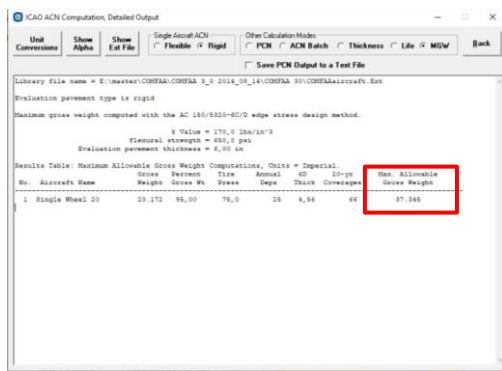
a. Hasil Perhitungan Manual



Gambar 11 Hasil Perhitungan COMFAA dari Metode Manual

Tampak diatas pada kotak merah adalah berat kotor maksimal yang diijinkan dengan input yang telah dimasukkan. Berat kotor maksimal yang diijinkan berdasarkan hitungan adalah 37.237 lbs. sedangkan helikopter terkritis yaitu helikopter super puma SA / AS-332 memiliki berat kotor maksimal sebesar 20.173 lbs. Sehingga sudah dapat dipastikan bahwa struktur tersebut dapat digunakan dalam perencanaan.

b. Hasil Perhitungan Metode Software FAARFIELD



Gambar 12 Hasil Perhitungan COMFAA dari FAARFIELD

Tampak diatas pada kotak merah adalah berat kotor maksimal yang diijinkan dengan input yang telah dimasukan. Berat kotor maksimal yang diijinkan berdasarkan hitungan adalah 37.345 lbs. sedangkan helikopter terkritis yaitu helikopter super puma SA / AS-332 memiliki berat kotor maksimal sebesar 20.173 lbs. Sehingga sudah dapat dipastikan bahwa struktur tersebut dapat digunakan dalam perencanaan.

F. Perhitungan Penulangan

Jumlah besi yang diperlukan untuk penulangan pada perkerasan rigid ditentukan dengan rumus:

$$As = \left(\frac{0,64xL\sqrt{Lxt}}{fs} \right)$$

Direncanakan baja tulangan dengan mutu U-32, fs = 3200 kg/cm², Tebal perkerasan beton (t) = 15.24 cm dan Panjang slab beton (L) = 500 cm.

- Tulangan melintang :

$$As = \left(\frac{0,64x500\sqrt{500x15,24}}{3200} \right)$$

$$As = 34,07 \text{ } 8,72 \text{ cm}^2$$

- Tulangan minimum: A_{min}=0,05% x penampang melintang (t x L)

$$A_{min} = 0,05\% \times 15,24 \times 500 = 3,81 \text{ cm}^2$$

$$A_{min} = 3,81 \text{ cm}^2 < As = 8,72 \text{ cm}^2$$

$$\text{Pakai } As = 8,72 \text{ cm}^2$$

Direncanakan menggunakan tulangan D-13, dimana:

- Luas penampang = $\frac{1}{4} \pi D^2 = 1,327 \text{ cm}^2$

- Jumlah tulangan : $n = \frac{8,72}{1,327} = 6,57 \approx 7$ buah

- Jarak tulangan : $n = \frac{500}{7} = 71,42 \text{ cm}$

Jadi tulangan yang dipakai adalah D13 – 500 cm.

- Kontrol Jumlah Tulangan: Tulangan baja D13, dengan As = 1,327 cm²
- Banyaknya tulangan = 7 buah/m

Maka: As_{rencana} = 7 x 1,327 = 9,289 cm²/m > A_{min} (OK)

Jadi dengan tulangan D13-500 mampu menahan beban helikopter rencana.

G. Perletakan Dowel

Didapat tebal slab beton 6 inch, maka dowel yang akan digunakan pada slab beton tersebut adalah dowel berdiameter 20 mm; panjang dowel 46 cm, dan jarak antar dowel (*spacing*) 30,5 cm sesuai tebal slab yang direncanakan. Ketentuan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.5 berikut ini:

Tabel 6 Ukuran dan Jarak Dowel rencana (*Advisory Circular AC No: 150/5320-6F*)

Tebal Slab	Diameter	Panjang	Jarak
6-7 in. (15-18 cm)	¾ in. (20 mm)	18 in. (46 cm)	12 in. (30,5 cm)
8-12 in. (21-31 cm)	1 in. (25 mm)	19 in. (48 cm)	12 in. (30,5 cm)
13-16 in. (33-41 cm)	1¼ in. (30 mm)	20 in. (51 cm)	15 in. (38 cm)
17-20 in. (43-51 cm)	1½ in. (40 mm)	20 in. (51 cm)	18 in. (46 cm)
21-24 in. (54-61 cm)	2 in. (50 mm)	24 in. (61 cm)	18 in. (46 cm)

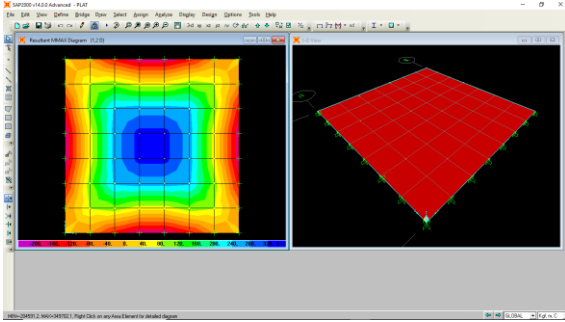
H. Hasil Analisa Struktur Beton Menggunakan SAP2000

Analisa struktur SAP 2000 dapat dijalankan setelah perhitungan penulangan plat selesai dihitung dengan memasukkan material yang digunakan, *area section, define load pattern, data load case, data load combination*, dan *joitn restraint*. Berikut ini adalah hasil running dari analisa struktur beton menggunakan SAP2000.

PROSIDING

SEMINAR NASIONAL INOVASI TEKNOLOGI PENERBANGAN (SNTP) TAHUN 2020

ISSN : 2548-8112



Gambar 13 Hasil Running

Dengan hasil *running* pada gambar 4.22 kuat struktur plat beton yang dimasukan tergolong aman untuk digunakan pendaratan helikopter super puma SA / AS-332 dan konstruksi dapat dilakukan sesuai dengan standar operasional pekerjaan tempat tersebut.

i. Hasil perhitungan struktur perkerasan

Dapat dilihat perbandingan hasil struktur perkerasan *rigid* dari metode manual FAA, FAARFIELD, dan COMFAA pada tabel berikut ini :

Tabel 7 Perbandingan Hasil Perhitungan Struktur

Metode	Output
Manual FAA dan COMFAA	<ul style="list-style-type: none">Lapisan Surface : 6 inchLapisan Subbase : 7 inchTotal tebal : 13 inchMaximum Allowable Gross Weight : 37.237 lbs
COMFAA dan FAARFIELD	<ul style="list-style-type: none">Lapisan Surface : 6 inchLapisan Subbase : 4 inchTotal tebal : 10 inchMaximum Allowable Gross Weight : 37.345 lbs

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

- Peraturan terbaru *Airport Pavement Design and Evaluation* yang dikeluarkan oleh FAA adalah *Advisory Circular 150/5320-6F* yang berisi pedoman *Airport Pavement Design and*

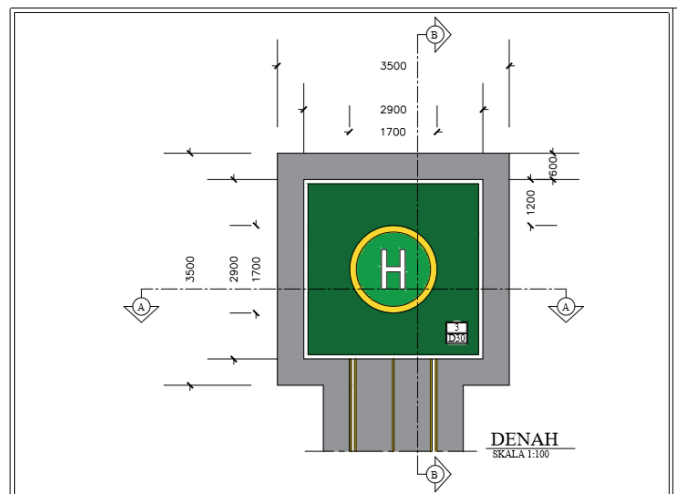
Evaluation menggunakan program FAARFIELD.

- Regulasi yang berlaku dikeluarkan oleh FAA mengenai perhitungan Perhitungan Berat Kotor Maksimum Yang Diijinkan, tertulis pada *Advisory Circular 150/5320-6F* dan *150/5390-2*.
- Dengan memakai tulangan D13-500 kedua metode perhitungan manual FAA dan COMFAA serta perhitungan menggunakan aplikasi FAARFIELD dan COMFAA mampu menahan beban helikopter terkritis yaitu helikopter super puma SA / AS-332.

j. Gambar Rencana

Hasil dari perhitungan dimensi dan tebal struktur perkerasan *surface level heliport* diatas maka didapatkan sebagai berikut:

- Dimensi *surface level heliport*=35x 35m
- Tebal *subbase* = 6 inch
- Tebal *surface* = 4 inch
- Dengan memakai tulangan D13-500



Gambar 14 Gambar Rencana

PROSIDING

SEMINAR NASIONAL INOVASI TEKNOLOGI PENERBANGAN (SNITP) TAHUN 2020

ISSN : 2548-8112

PENUTUP

A. Kesimpulan

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

1. Hasil perhitungan total tebal struktur perkerasan *surface level heliport* yang menggunakan aplikasi *COMFAA* dan *FAARFIEELD* yang dipakai dalam rencana pembuatan *surface level heliport* adalah
 - Tebal *subbase* = 6 inch
 - Tebal slab beton = 4 inch
 - Total tebal : 10 inch
 - Dengan memakai tulangan D13-500
2. Hasil perhitungan kekuatan perkerasan *surface level heliport* dengan metode manual FAA menghasilkan *Maximum Allowable Gross Weight* sebesar 37.237 lbs. Sedangkan program *COMFAA* menghasilkan *Maximum Allowable Gross Weight* sebesar 37.345 lbs.

B. Saran

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

1. Dari perbandingan hasil total tebal perkerasan dan nilai *Maximum Allowable Gross Weight* kedua metode tersebut untuk memastikan tingkat keselamatan atau *safety factor* yang tinggi, maka pelaksanaannya lebih baik menggunakan hasil dari simulasi *COMFAA* yang memiliki nilai *Maximum Allowable Gross Weight* yang besar yaitu 37.345 lbs.

2. Memilih metode perencanaan yang tepat dalam perencanaan tebal perkerasan agar dapat memperhitungkan nilai *safety* dari struktur nantinya. Serta kekuatan perkerasan rencana harus lebih kuat dari kondisi eksisting karena direncanakan akan menampung helikopter yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Asroni, Ali. (2010). Balok Dan Pelat Beton Bertulang. Yogyakarta, Indonesia: Graha Ilmu.
- [2] Basuki, H. (1986). Merancang Merencanakan Lapangan Terbang. Jakarta, Indonesia : Alumni.
- [3] Charles, B., Djuniati, S., Sandhyavitri, A. (2016). Analisis Perencanaan Struktur Perkerasan Runway, Taxiway, dan Apron Bandara Sultan Syarif Kasim II Menggunakan Metode FAA. Universitas Riau, Riau, Indonesia.
- [4] Direktur Jenderal Perhubungan Udara. (2015). KP 40 Tahun 2015 Standar Teknis dan Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139 (Manual of Standart CASR – Part 139) Volume II Bandar Udara (Aerodrome). Jakarta, Indonesia: Direktur Jenderal Perhubungan Udara.
- [5] Direktur Jenderal Perhubungan Udara. (2005). SKEP/003/I/2005 Pedoman Teknis Perancangan Rinci Konstruksi Landas Pacu (Runway), Landas Hubung (Taxiway), dan Landas Parkir (Apron) pada Bandar Udara Di Indonesia. Jakarta, Indonesia: Direktur Jenderal Perhubungan Udara.
- [6] Federal Aviation Administration. (2009). Advisory Circular : 150/5230-6e,

PROSIDING

SEMINAR NASIONAL INOVASI TEKNOLOGI PENERBANGAN (SNITP) TAHUN 2020

ISSN : 2548-8112

Airport Pavement and Design Evaluation. Washington DC: Federal Aviation Administration.

- [7] Federal Aviation Administration. (2009). Advisory Circular : 150/5230-2c, Heliport Design. Washington DC: Federal Aviation Administration.
- [8] Hardiyatmo, H, C. (2007). Pemeliharaan Jalan Raya. Yogyakarta, Indonesia: Gadjah Mada University Press.
- [9] Horonjeff, R., & McKelvey, F. X. (1993). Perencanaan dan Perancangan Bandar Udara (3th ed, vol. 2). Jakarta, Indonesia: Erlangga.
- [10] Lambert, M. (1993). Jane's All The World's Aircraft 1993-94. Coulsdon, UK: Jane's Data Division.
- [11] Standar Nasional Indonesia 2847. (2013). Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung. Bandung, Indonesia: Badan Standarisasi Nasional.