ANALISA DAYA DUKUNG TANAH DASAR DAN PERKERASAN LANDASAN PACU DENGAN ADANYA PENINGKATAN KAPASITAS PELAYANAN PESAWAT (STUDI KASUS BANDAR UDARA TANJUNG WARUKIN KALIMANTAN SELATAN)

Legeno Joko Pratomo¹ Lucky Amperawan Schipper²

¹Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Winaya Mukti; ²Dosen Teknik Sipil Universitas Winaya Mukti

Email : jokopratom@gmail.com,

ABSTRACT

Potential aircraft service improvement at Warukin Airport Tabalong Regency of South Kalimantan assuming the increase of passengers whose destination of departure and return is equated with the activities of the airport in South Kalimantan province. Improvement of airport aircraft service with type planning – the runway type with various methods, methods and types of machining is recommended according to the most possible criteria to be implemented. The carrying capacity of the existing base soil and the existing layer of pavement is analyzed for the needs of analysis method of the runway determination.

Keywords: Labour, upgrading, airport

ABSTRAK

Potensi peningkatan pelayanan pesawat pada Bandar Udara Warukin Kabupaten Tabalong Kalimantan Selatan dengan asumsi peningkatan penumpang yang tujuan keberangkatan dan kedatangannya disamakan dengan kegiatan bandar udara sekelasnya di Propinsi Kalimantan Selatan. Peningkatan pelayanan pesawat bandar udara dengan perencanaan jenis – jenis perkerasan landasan pacu (*runway*) dengan berbagai metode, metode dan jenis perkerasan direkomendasikan sesuai dengan kriteria yang paling memungkinkan untuk dilaksanakan. Daya dukung lapis tanah dasar eksisting maupun lapisan perkerasan eksisting dianalisa guna kebutuhan metode analisa penentuan perkerasan landasan pacu.

Kata kunci : perkerasan, peningkatan, bandar udara

1 PENDAHULUAN

Bandar udara ini terletak di Kecamatan Tanjung Desa Maburai merupakan asset PT. Pertamina (Persero) yang dibangun sejak jaman kolonial untuk mengeksploitasi potensi tambang dan minyak. Mengingat layanan Bandar Udara Tanjung Warukin tidak hanya dengan Bandar Udara Syamsudin Noor tetapi dengan semua bandar udara yang dikelola oleh PT. Pelita Air serta potensi peningkatan penumpang akibat adanya Peraturan Menteri Perhubungan No. 69 Tahun 2013 yang merencanakan penambahan rute penerbangan dengan Bandar Udara Gusti Syamsir Alam Kotabaru. Selain itu

dengan aktifnya bandar udara ini kemungkinan besar rute yang dilayani tidak hanya domestik antar daerah di Propinsi Kalimantan Selatan, tapi akan ada rute – rute lain yang dibuka layaknya bandar udara lain pada kelasnya di Propinsi Kalimantan Selatan. Maka perlu diadakan analisa terhadap konstruksi landasan pacu bandar udara dan tanah dasar agar bisa melayani setiap kemungkinan peningkatan pelayanan pesawat dengan adanya potensi pertumbuhan penumpang pesawat terbang sesuai dengan laju pertumbuhan penerbangan nasional dan domestik. Analisa konstruksi landas pacu dan persiapan tanah dasar tidak hanya berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan diatas tetapi guna mempersiapkan kemungkinan peningkatan pelayanan pesawat akibat penambahan rute dengan bandara lainnya, mengingat pertumbuhan penerbangan nasional dan domestik mengakibatkan potensi pertumbuhan penumpang antar daerah menuju dan dari Kabupaten Tabalong khususnya dan Propinsi Kalimantan Selatan Umumnya terus berkembang dari tahun ke tahun. Tujuan penelitian ini, yaitu:

- 1) untuk mengevaluasi konstruksi landasan pacu dan daya dukung tanah dasarnya,
- 2) Mendapatkan asumsi potensi pertumbuhan penumpang dan peningkatan layanan pesawat terbang hingga 30 tahun terakhir,
- 3) Perencanaan konstruksi landasan pacu (runway) serta menentukan jenis dan metode perencanaannya bagi landasan pacu tersebut.

Konstruksi dipersiapkan untuk mengantisipasi dimana dengan adanya peningkatan kapasitas yang didasari potensi pertumbuhan penumpang. Analaisi yang dilakukan pada penelitian ini, yaitu:

- 1) Analisis daya dukung tanah perkerasan landas pacu (runway),
- 2) Analisis asumsi potensi pertumbuhan penumpang dan peningkatan layanan pesawat terbang yang menjadi dasar peningkatan konstruksi perkerasan landas pacu.
- 3) Analisis konstruksi perkerasan landasan pacu berdasarkan potensi peningkatan penumpang dan daya layanan pesawat terbang.

2 TINJAUAN PUSTAKA

Lapangan Terbang

Perhitungan panjang landas pacu menggunakan standar ARFL (*Aeroplan Reference Field Lenght*), menurut ICAO, ARFL ialah panjang minimum landas pacu yang dibutuhkan untuk *take off*, pada *maximum serificated take off weight*, elevasi muka laut, kondisi atmosfir, keadaan tanpa ada angin bertiup, landas pacu tanpa kemiringan. Setiap pesawat mempunyai ARFL standar yang dikeluarkan oleh pabrikan. Namun panjang ARFL dikalikan dengan faktor – faktor antara lain :

- a. Temperatur
- b. Ketinggian (Altitude)
- c. Kemiringan Landasan (Runway Gradient)
- d. Kondisi Permukaan Landasan Pacu .
- a. Menghitung ARFL (*Aeroplan Reference Field Lenght*)

Menghitung ARFL diperlukan untuk mengetahui panjang minimum dari runway yang direncanakan meskipun dari pabrikan pesawat sendiri memiliki standar berapa panjang runway yang dibutuhkan untuk pesawat rencana.

[illegible]

$$\begin{array}{r} \overline{) \text{ ? ? ? ? }} \\ \text{? ? ? } \\ \underline{} \\ \text{? ? . ? ? . ? ?} \end{array}$$

Dengan,

Fe = Ketinggian bandar udara

F_t = Temperatur lingkungan bandar udara

F_s = Kemiringan landas pacu

BR (*California Bearing Ratio*) Test

CBR test adalah perbandingan antara beban penetrasi suatu lapisan tanah atau perkerasan terhadap bahan standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama. CBR test dilakukan untuk mengetahui index kekuatan geser tanah dengan menggunakan sample tanah yang telah diambil.

Uji Plat Lapangan (*Plate Bearing Test*) merupakan pengujian untuk menentukan daya dukung tanah di Lapangan. Parameter yang dihasilkan dari pengujian Plat Lapangan adalah nilai CBR setempat dan Nilai daya dukung tanah. Selain itu Parameter yang dihasilkan ialah nilai k atau modulus resilien dari tanah dasar (*sub - grade*)

Gambar 2.1 Grafik Hubungan Antara Nilai CBR dan Nilai Modulus Tanah Dasar

**Gambar 2.2 Nilai CBR dan Nilai Modulus Tanah Dasar (k)
Menentukan Tebal Perkerasan Landas Pacu**

Dalam menentukan ketebalan perkerasan landas pacu umumnya digunakan metode regulasi dari FAA. Regulasi FAA ini terdapat dua jenis metode yaitu empiris yang merupakan hubungan antara CBR tanah dasar dengan pesawat terbesar dimana disederhanakan dengan suatu konversi ke dalam bentuk kurva atau grafik. Metode mekanistik suatu metode desain perkerasan yang mendasar pada pergerakan pesawat keseluruhan, dan memperhitungkan tegangan, regangan dan perubahan bentuk akibat pembebanan, pada umumnya metode mekanistik menggunakan bantuan komputer dalam bentuk aplikasi *software*. *Equivalent Annual Departure* atau ekuivalensi kedatangan tahunan pesawat terbang ialah sebuah perhitungan ramalan yang memprediksi kedatangan maksimal pesawat terbang tahunan pada suatu bandar udara. *Equivalent Annual Departure* terhadap pesawat rencana dihitung dengan rumus :

$$R_1 = \frac{R_2 \cdot W_2}{W_1 \cdot n}$$

dengan :

R_1 = *Equivalent Annual Departure* pesawat rencana

R_2 = *Equivalent Annual Departure*, jumlah annual departure dari semua pesawat yang dikonversikan ke pesawat rencana menurut type pendaratannya. = *Annual Departure* * Faktor konversi (Tabel 2.17)

W_2 = Beban Roda Pesawat Rencana

W_1 = MTOW * 95% * 1/n

n = Jumlah roda pesawat pada main gear

Desain Perkerasan Lentur Metode Empiris Grafik FAA

Menghitung tebal perkerasan total. Tebal perkerasan total dihitung dengan memplotkan data CBR subgrade yang diperoleh dari FAA, *Advisory Circular 150/5335-5*, MTOW (*Maximum Take Off Weight*) pesawat rencana, dan nilai *Equivalent Annual Departure* ke dalam Grafik berikut:

Gambar 2.3 Grafik Penentuan Tebal Perkerasan Untuk Dual Wheel Gear

Desain Perkerasan Rigid Metode Empiris Grafik FAA

Faktor – Faktor yang memperngaruhi ketebalan perkerasan rigid antara lain:

- Lalu Lintas Pesawat
- Menentukan *Maximum Take Off Weight*
- Kekuatan *Subgrade* atau Kombinasi *Subbase – Subgrade*

Setelah itu menggunakan grafik pada Gambar 2.3

Gambar 2.3 Kurva Tebal Perkerasan Rigid Untuk Single Wheel

Metode Mekanistik FAA Dengan Software FAARFIELD

FAARFIELD ialah piranti lunak (*software*) berbasis *System Windows* yang dikeluarkan oleh FAA untuk memungkinkan pengguna untuk memasukkan data awal mengenai

tanah dasar dari area di mana perkerasan dirancang, selaras dengan rencana armada pesawat yang akan menggunakan perkerasan. Penggunaan *software* FAARFIELD untuk perencanaan perkerasan lentur perlu memperhatikan indikator – indikator perencanaan metode FAA, seperti MTOW, jenis roda pendaratan pesawat beserta nilai konversinya, nilai CBR *subgrade* dan *subbase*, *Equivalent Annual Departure*.

Gambar 2.4 Tampilan Software FAARFIELD Dari FAA

Menentukan Nilai ACN – PCN Perkerasan Landas Pacu

Sistem ACN – PCN ialah metode yang telah dikembangkan sebagai metode evaluasi dan mengontrol beban pesawat yang beroperasi pada konstruksi perkerasan *air side*. ACN (*Aircraft Classification Number*) ialah suatu nilai yang menunjukkan efek relatif dari sebuah pesawat di atas perkerasan untuk *sub – grade* standar yang ditentukan. ICAO (*International Civil Aviation Organisation*) tidak merekomendasikan metode tertentu dalam perhitungan metode PCN. Nilai PCN harus merepresentasikan korelasi antara beban pesawat yang diijinkan dengan nilai ACN dari pesawat maksimal rencana yang telah ditentukan selama umur rencana struktur perkerasan. Metoded yang akan digunakan adalah metode FAA AC 150 – 5335 – 5C dimana dalam mempermudah perhitungan ACN – PCN FAA telah mengembangkan perangkat lunak (*software*) yang dinamakan COMFAA.

Gambar 2.22 Tampilan software COMFAA dari FAA

METODOLOGI PENELITIAN

Data yang digunakan ialah data pelaksanaan Rehabilitasi Runway Bandar Udara Tanjung Warukin tahun 2017, data ini didapat dari pihak pelaksana rehabilitasi. Data yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Data gambar topografi dan peta lokasi bandar udara.
2. Data kondisi perkerasan eksisting.
3. Data nilai CBR tanah dasar
4. Data statistik penerbangan Nasional dan Propinsi Kalimantan Selatan.
5. Data gambar *as – build drawing*/
6. Data statistik suhu, angin dan klimatologi Kabupaten Tabalong
7. Data jenis pesawat rencana

Diagram alir yang menjadi alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.

Gambar 3.1 Bagan Alur Analisa

HASIL DAN PEMBAHASAN

Asumsi Pertumbuhan Penumpang

Hasil asumsi berdasarkan perhitungan data penerbangan, yaitu:

- 1) Keberangkatan penumpang domestik = 9.4%
- 2) Kedatangan penumpang domestik = 7.1%
- 3) Rata – rata pertumbuhan penumpang domestik = 8.2%
- 4) Keberangkatan penumpang internasional = 18.2%
- 5) Kedatangan penumpang internasional = 7.2%
- 6) Rata – rata pertumbuhan penumpang internasional = 12.7%

Pertumbuhan penumpang domestik sebesar 8.2% dan kenaikan diasumsikan sama pertahun kedepannya maka :

- $\text{Pertumbuhan tahun ke } n = \% \text{ pertumbuhan pertahun} \times \text{tahun ke } n$
- $\text{Pertumbuhan tahun ke } 30 = 246\%$
- $\text{Asumsi Pertumbuhan Penumpang Warukin - Banjarmasin} = 59.060 \times 246\%$
- $\text{Asumsi Pertumbuhan Penumpang Warukin - Banjarmasin tahun ke } 30 = 204.348$
orang

Dengan dasar perhitungan diatas maka perhitungan beserta hasilnya dilanjutkan dengan tabel berikut :

Tujuan	Penumpang (orang) Tahun 2019	Penumpang (orang) Tahun 2024 (5 Tahun)	Penumpang (orang) Tahun 2029 (10 Tahun)	Penumpang (orang) Tahun 2039 (20 Tahun)	Penumpang (orang) Tahun 2049 (30 Tahun)
Balikpapan	132	186	240	348	457
Banjarmasin	59.060	83.275	107.489	155.918	204.348
Batulicin	121	171	220	319	419
Denpasar	13	18	24	34	45
Jakarta - CGK	263	371	479	694	910
Kotabaru	128	180	233	338	443
Pontianak	96	135	175	253	332
Palangkaraya	41	58	75	108	142
Jakarta HPK	1.580	2.228	2.876	4.171	5.467
Surabaya	3.066	4.323	5.580	8.094	10.608
Makasar	13.777	19.426	25.074	36.371	47.668
Lainnya	457	644	832	1.206	1.581
Jumlah	78.734	111.015	143.297	207.854	272.420

Evaluasi Kapasitas Pesawat Terhadap Ramalan Pertumbuhan Penumpang

Tabel dibawah memperlihatkan apabila asumsi peningkatan penumpang penerbangan pada 30 tahun kedepan dengan menggunakan pesawat terbang jenis A320 atau B737 – 700 dengan kapasitas 180 penumpang atau setidaknya 126 penumpang dalam satu perjalanan pada rute – rute tersibuk. Pada rute yang tidak memiliki kesibukan terbanyak tetap menggunakan pesawat terbang tipe ATR – 72 dan ATR – 42 dengan kapasitas 72 penumpang atau setidaknya 54 penumpang dalam satu perjalanan.

Tabel 4.2 Asumsi Penumpang 30 Tahun Dengan Pesawat Kapasitas 180 Orang

Tujuan	Penumpang (orang) Tahun 2049	Jumlah Penerbangan (70% x 180 Seat)	Jumlah Penerbangan Perbulan
Jakarta - CGK	910	8	1
Jakarta HPK	5.467	44	4
Surabaya	10.608	85	8
Makasar	47.668	379	32
Banjarmasin	204.348	1.622	136
Balikpapan	457	9	1
Batulicin	419	8	1
Denpasar	45	1	1
Kotabaru	443	9	1
Pontianak	332	7	1
Palangkaraya	142	3	1
Lainnya	1.581	30	3
Jumlah	272.420	2.205	190

Asumsi diatas setidaknya 190 penerbangan / 30 hari maka terdapat 6 hingga 7 penerbangan dalam 1 hari atau dalam 2 jam terdapat 1 kali penerbangan.

Menghitung AFRL (*Aeroplan Reference Field Length*)

a. Temperatur (Ft)

- $F_t = 1 + 0.01 \{T - (15 - 0.0065 h)\}$
- $F_t = 1 + 0.01 \{36 - (15 - 0.0065 (56.75))\}$
- $F_t = 1.356$

b. Kemiringan Landasan (Fs)

- $(\text{Elevasi Awal} - \text{Elevasi Akhir}) / \text{Jarak} \times 100\%$
- $(53.626 - 44.895) / 1400 \times 100\% = 0.623\%$
- $F_s = 1 + 0.1 S$
- $F_s = 1 + 0.1 (0.623) = 1.062$

c. Angin Permukaan

Pada tahun 2016 puncak hembusan angin terkuat dengan 13.05 knot maka persentasi penambahan panjang ARFL 5%

d. Ketinggian (Fe)

Ketinggian lokasi Bandar Udara Tanjung Warukin (h) menurut data ialah 56.75 mdpl, maka :

- $F_e = 1 + 0.07 \frac{h}{300}$
- $F_e = 1 + 0.07 \frac{56.75}{300}$
- $F_e = 1.013$

Panjang Runway

Hasil perhitungan dibawah ialah panjang *runway* yang direkomendasikan untuk pesawat terbang yang akan dilayani adalah 3.400 m mengambil hasil analisis *runway* terpanjang.

Tabel 4.3 Tabel Data Perhitungan Panjang *Runway*

Operation	Boeing 737 – 700		Airbus A320	
	Panjang (m)	Berat (kg)	Panjang (m)	Berat (kg)
Landing	2400	66043	2250	67400
Take – Off	3400	80285	2850	75000

Sedangkan untuk mengetahui panjang minimum yang diperlukan sebagai antisipasi minimal kebutuhan panjang rencana pesawat (*lower runway operation*) ialah :

$$3.400$$

$$LRO \square \frac{1.356 \square 1.062 \square 1.013}{1.356 \square 1.062 \square 1.013}$$

$$LRO \square 2.330,694 \text{ m} \sim 2.400 \text{ m}$$

Analisa Perkerasan Landas Pacu (*Runway*)

Analisa *Equivalent Annual Departure*

Berikut hasil perhitungan *Equivalent Annual Departure*:

Tabel 4.4 Tabel Perhitungan *Equivalent Annual Departure*

Jenis Pesawat	Forecast Annual Departure	Dual Gear Departure (R2)	MTOW (Lbs)	Wheel Load (Lbs) (W2)	Wheel Load Pesawat Rencana (W1)	Equivalent Annual Departure Pesawat (R1)
B737 – 700	1069	1069	177000	84075	84075	1069
A320	1069	1069	165347	78539.825	84075	846.393121
ATR 72	37	37	50265	23875.875	84075	6.850079971
ATR 42	30	30	41006	19477.85	84075	5.14011907
Σ Jumlah						1927.38332

Lapisan *Base Course Runway* Eksisting Sebagai Tanah Dasar

Runway eksisting memiliki *base* perkerasan eksisting dengan rata – rata nilai CBR 73.58% atau dengan nilai modulus reaksi tanah dasar (k) = 178 kPa/mm. Nilai modulus relasi tanah dasar terkonversi pada satuan MN/m³ dengan nilai 114 MN/m³ untuk nilai CBR 73,58%. Lapisan ini menggunakan material agregat kelas A setebal 20 cm, modulus resilien dari nilai CBR diatas :

$$Mr \square 1500 \times \text{CBR}$$

$$Mr \square 1500 \times 73.58$$

$$\square \square \square \square \square \square \square \square \square$$

$$\square \square \square$$

Lapisan *Sub – Base Runway* Eksisting Sebagai Tanah Dasar

Nilai CBR tersebut menggunakan grafik korelasi antara nilai CBR tanah dasar, nilai modulus relasi tanah dasar terkonversi pada satuan MN/m³ dengan nilai 108 MN/m³ untuk nilai CBR 52.6 % atau 397,7 pci. Lapisan ini menggunakan material agregat kelas A setebal 20 cm, modulus resilien dari nilai CBR diatas :

$$\square \square \square 1500 \square \square \square \square$$

$$\square \square \square 1500 \square 52.6$$

$$\square \square \square 78.600$$

Tanah Dasar

Telah diketahui bahwa nilai CBR tanah dasar ialah 6%, angka ini termasuk kategori rendah (*low*) seperti yang diisyaratkan oleh FAA dan KP 93 tahun 2015. Nilai CBR 6% untuk tanah dasar yang telah menjadi tanah dasar *runway* berjenis tanah lanau dan lempung dengan batas cair 50%, klasifikasi tanahnya berupa, lanau berpasir, lanau berkerikil (*silts, sandy silts, gravelly silts, or diato maceous soils*) dengan kode kelompok ML atau lempung anorganik dengan plastisitas rendah dan sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung “kurus” dengan simbol kelompok CL.

Gambar 4.1 Grafik Hubungan Antara Nilai CBR dan Nilai Modulus Tanah Dasar

Gambar 4.2 Grafik Hubungan Antara Nilai CBR dan Nilai Modulus Tanah Dasar

Menentukan Tebal Perkerasan Metode Grafik FAA (Empiris)

Digunakan grafik *dual wheel gear* untuk perkerasaan *flexible* dari FAA AC – 150 – 5320 – 6D, dengan data yang diketahui sebagai berikut :

- Nilai CBR tanah dasar : 6 %
- *Equivalent Annual Departure* : 1930
- MTOW Pesawat Rencana : 177.000 lbs

- Tipe konversi roda : Dual wheel gear
- Nilai CBR *sub – base* Minimum : 25%

Maka hasil perhitungan tebal perkerasan sebagai berikut :

Tabel 4.5 Tebal Perkerasan *Runway* Kritis dan Non Kritis

Perkerasan	Kritis (Inch)	Non - Kritis (Inch)	Kritis (cm)	Non - Kritis (cm)
Surface	4	3	11	8
Base course	11	10	28	26
Sub - base course	18	17	46	42
Total Tebal	33	30	85	76

Menentukan Tebal Perkerasan Flexible Metode FAARFIELD (Mekanistik)

Digunakan *software* FAARFIELD sesuai dengan ketentuan AC 150 / 5320 – 6F , dengan data yang diketahui sebagai berikut :

- Nilai CBR tanah dasar : 6 %
- *Equivalent Annual Departure* : 1930
- MTOW Pesawat Rencana : 177.000 lbs
- Tipe konversi roda : *Dual wheel gear*
- Panjang ARFL : 2.400 m

Maka hasil perhitungan tebal perkerasan sebagai berikut

Tabel 4.6 Tebal Perkerasan *Flexible* Oleh Program FAARFIELD

Lapisan	Material	Tebal	
		(Inch)	(Cm)
Overlay	P-401/P403 HMA	5.6	14.2
Surface	P-401/P403 HMA	4	10
Base Course	P-209 Crushed Agg	5	12.7
Sub - Base Course	P-154 Crushed Agg	18.6	47
Jumlah		33.2	83.9

Gambar 4.3 Operasional *Software*

Nilai PCN Tebal Perkerasan *Flexible* Melalui *Software* COMFAA

Hasil proses *software* ini diinput ke COMFAA support 30 untuk grafiknya, melalui grafik ini terlihat perbandingan nilai PCN dan nilai ACN. Angka PCN untuk tebal perkerasan metode empiris ialah $67.5 > 42$ (diterima) dengan kode 68 F / C / W / T

Gambar 4.3 Operasional *Software* COMFAA Untuk Perkerasan *Flexible* Empiris

Nilai PCN Tebal Perkerasan *Flexible* Hasil Metode Mekanistik

Didapat tebal *equivalent* dari tebal perkerasan metode mekanistik adalah 1034.4 mm. Dengan langkah yang sama penentuan PCN pada metode mekanistik maka didapat nilai PCN ialah $82 > 42.1$ (diterima) dengan kode 82 F / C / W / T.

Gambar 4.4 Operasional *Software* COMFAA Untuk Perkerasan *Flexible* Mekanistik

Tebal Perkerasan *Rigid* Metode Empiris (Grafik)

Digunakan grafik *dual wheel gear* untuk perkerasaan *flexible* dari FAA AC – 150 – 5320 – 6D Nilai CBR pondasi dasar (*sub – base* eksisting) 52.6 % :

- Nilai modulus *sub – grade* (k) = 108 MN/m³ (397.8 pci)
- *Equivalent Annual Departure* = 1930
- MTOW Pesawat Rencana = 177.000 lbs
- Tipe konversi roda = *Dual wheel gear*
- Mutu Beton K – 300 atau $f_c' = 24,9$ Mpa (3611,44 psi)
- Kuat bengkok (*modulus of rupture*)

$$9,2 \sqrt{3611,446} = 552.876 \text{ (3811,945 kpa)}$$

Dengan menggunakan grafik dari FAA AC – 150 – 5320 – 6D didapat 16.8 inch (41,2 cm).

Gambar 4.5 Grafik Tebal Perkerasan Rigid

Menentukan Tebal Perkerasan *Rigid* Metode Mekanistik (FAARFIELD)

Digunakan *software* FAARFIELD sesuai dengan ketentuan AC 150 / 5320 – 6F , dengan data yang diketahui sebagai berikut :

- Nilai modulus sub – grade (k) = 108 MN/m^3 (397.8 pci)
- *Equivalent Annual Departure* = 1930
- MTOW Pesawat Rencana = 177.000 lbs
- Tipe konversi roda = *Dual wheel gear*
- Mutu Beton K – 300 atau $f_c' = 24,9 \text{ Mpa}$ (3611,446 psi)
- Kuat bengkok (*modulus of rupture*)

$$f_r = 9,2 \sqrt{3611,446} = 552.876 \text{ (3811,945 kpa)}$$

Perkerasan Sub – Base eksisting setebal 250 mm sebagai lapisan dasa
Maka didapat tebal perkerasan 15.8 inch (40.1 cm).

Gambar 4.6 Software FAARFIELD Untuk Perkerasan Rigid

Penulangan Tebal *Rigid* Hasil Metode Empiris

Untuk memudahkan pekerjaan pengecoran maka digunakan segmen 5,0 m x 5,0 m. Selain itu didapat data – data sebagai berikut:

- Berat beton K – 300 menurut SNI 7394 2008 = 2.330 kg/m³
- Kubikasi beton K – 300 dalam 1 segmen
5,0 x 5,0 x 0.412 = 10.3 m³
- Berat beton K – 300 dalam 1 segmen (W) = 10.30 x 2330 = 23.999,00 kg/m³
(1.498,209 lb/ft³)
- Koefisien rata – rata ketahanan sub – grade (f) = 1,5
- Luas penampang segmen (j) = 2,06 m² (22,884 feet²)

Tegangan tarik tulangan (fs) = 441 N/mm² (63.961,76 psi) (BjTS 30)

- Analisa *Tie Bar*

- $$A_s = \frac{W}{f_s \cdot f \cdot j} = 0,804 \text{ inch}^2$$
- $A_s = 0,25 \cdot D^2 \cdot \pi$
- $0,804 = 0,25 \cdot D^2 \cdot 3,14$
- $D = \sqrt{\frac{0,804}{0,25 \cdot 3,14}} = 1,012 \text{ inch (2,57 cm ~ 2,90 cm)}$ menggunakan besi ulir S.29

- Panjang tie bar = 30 inch ≈ 76,2 cm

- Analisa Dowel

- Pada tabel 2.17 ditentukan dengan tebal 40.1 cm (401 mm)
- Diameter dowel = 40 mm
- Panjang dowel = 510 mm
- Jarak dowel = 460 mm

Penulangan Tebal *Rigid* Hasil Metode Mekanistik

maka ukuran segmen beton 5,0 m x 5,0 m, dan didapat data – data sebagai berikut:

- Berat beton K – 300 menurut SNI 7394 2008 = 2330 kg/m³

- Kubikasi beton K – 300 dalam 1 segmen
 $5 \times 5 \times 0.401 = 10.025 \text{ m}^3$
- Berat beton K – 300 dalam 1 segmen (W) = $10.025 \times 2.330 = 23.358,25 \text{ kg/m}^3$
(1.458,208 lb/ft³)
- Koefisien rata – rata ketahanan sub – grade (f) = 1,5
- Luas penampang segmen (j) = $2,005 \text{ m}^2$ (22,273 feet²)
- Tegangan tarik tulangan (fs) = 441 N/mm^2 (63.961,76 psi) (BjTS 30)
- **Analisa Tie Bar**

$$\bullet \frac{W \cdot f \cdot j}{f_s} = 0,761 \text{ inch}^2$$

$$\bullet \frac{0,761}{0,25} = 3,14$$

$$\bullet 0,761 \cdot 0,25 = 0,19025$$

$$\bullet \frac{0,19025}{0,00025} = 0,985 \text{ inch (2,54 cm ~ 2,9 cm) menggunakan besi ulir S.29}$$

$$\bullet \text{ Panjang tie bar } = 30 \text{ inch } \approx 76,2 \text{ cm}$$

$$\bullet \text{ Jarak tie bar } = 30 \text{ inch } \approx 76 \text{ cm} \text{ rekomendasi FAA}$$

- Analisa Dowel

- Dengan tebal 40,1 cm (401 mm) tabel 2.17 menentukan
- Diameter dowel = 40 mm
- Panjang dowel = 510 mm
- Jarak dowel = 460 mm

Nilai PCN Tebal Perkerasan Hasil Metode Empiris

Angka tebal perkerasan diproses dengan *software* COMFAA, didapat angka PCN untuk tebal perkerasan metode empiris ialah $59,8 > 43,9$ (nilai ACN B737 – 700 untuk perkerasan *rigid*) (diterima) engan kode 60 R / B / W / T.

Gambar 4.7 Grafik Nilai PCN COMFAA Support Perkerasan Rigid Empiris

Nilai PCN Tebal Perkerasan *Rigid* Hasil Metode Mekanistik

Angka tebal perkerasan diproses dengan *software* COMFAA, didapat angka PCN untuk tebal perkerasan metode mekanistik ialah $56,2 > 43,9$ (nilai ACN B737 – 700 untuk perkerasan *rigid*) (diterima). Dengan kode 56 R / B / W / T.

Gambar 4.8 Grafik Nilai PCN COMFAA Support Perkerasan Rigid Mekanistik

Berdasarkan asumsi pertumbuhan penumpang transportasi udara, maka direncanakan layanan pesawat terbang untuk Bandar Udara Tanjung Warukin 30 tahun kedepan ialah B737 – 700 dari Boeing 737 *Max family* atau A320 dari Airbus A320 *family*.

- Panjang landas pacu (*runway*) 2400 meter sesuai dengan *Lower Runway Operation* (LRO) dari *Aeroplan Reference Field Length* (ARFL).
- Direkomendasikan untuk menggunakan perkerasan *flexible* karena biaya pelaksanaan yang ekonomis dan teknis pelaksanaan yang lebih mudah dari perkerasan *rigid*.

Tabel 4.7 Lapisan Perkerasan Flexible Metode Mekanistik

Lapisan	Material	Tebal Hasil Analisis Mekanistik		Pembulatan Tebal Perkerasan	
		Inchi	Cm	Inchi	Cm
Overlay	P-401/P403 HMA	5,6	14,2	6	15
Surface	P-401/P403 HMA	4	11	4	11
Base Course	P-209 Crushed Agg	5	12,7	5	13
Sub - Base Course	P-154 Un Crushed Agg	18,6	47	18,6	47
Jumlah		33,2	84,9	33,6	86

DAFTAR PUSTAKA

- Basuki, H. 1986. *Merancang Dan Merencana Lapangan Terbang*. Bandung: Penerbit Alumni
- Indo Citra Consultant Engineering Team. 2013. *Laporan Spesifikasi Teknis Bandar Udara Warukin*. (1): 2.1-2.26
- Pertamina Engineering Team. 2016. *Spesifikasi Teknis Perawatan / Pemeliharaan Bandar Udara Warukin* (1): III-1 – VI-7

- Horonjeff, R., dan McKelvey, F. X. 1994. *Perencanaan dan Perencanaan Bandar Udara. Jilid 4*. Erlangga. Jakarta.
- International Civil Aviation (ICAO), (1999). “*International Standards and Recommended Practices, Aerodromes – Annex 14*”, Third Edition, July 1999.
- Braja M Das. *Mekanika Tanah Jilid 1*, Jakarta: Penerbit Erlangga
- Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara, Keputusan Pemerintah Nomor 29 Tahun 2014 tentang *Manual Standar Teknis Dan Operasional Keselamatan Penerbangan Sipil*
- Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara, Keputusan Pemerintah Nomor 93 Tahun 2015 tentang *Pedoman Teknis Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139-34, Pedoman Perhitungan PCN (Pavement Classification Number) Perkerasan Prasarana Bandar Udara*
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 71 Tahun 1996 tentang *Kebandarudaraan*
- Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 69 Tahun 2013 tentang *Tata Kebandarudaraan Nasional*
- Standar Nasional Indonesia Nomor 06-2489 Tahun 1991 tentang *Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat Bantu Marshall*
- Department Of Transportation Federal Aviation Administration Advisory Circular 150/5320 – 6D, *Airport Pavement Design And Evaluation*.
- Department Of Transportation Federal Aviation Administration Advisory Circular 150/5320 – 6E, *Airport Pavement Design And Evaluation*.
- Department Of Transportation Federal Aviation Administration Advisory Circular 150/5320 – 6F, *Airport Pavement Design And Evaluation*.
- Department Of Transportation Federal Aviation Administration Advisory Circular 150/5320 – 5C, *Standardized Method of Reporting Airport Pavement Strength - PCN*.
- Airbus A320, *Aircraft Characteristics Airport And Maintenance Planning*
- Boeing, 737 MAX Airplane Characteristics for Airport Planning, *Boeing Commercial Airplanes*
- State Aviation Administration of Ukraine, *Type Certificate Data Sheet Number TL 0049 ATR 42 – ATR 72*
- Badan Pusat Statistik. (2017), *Kabupaten Tabalong Dalam Angka*.
- Badan Pusat Statistik, *Statistik Penerbangan Udara*
- Standar Nasional Indonesia Nomor N.I – 2 tentang *Peraturan Beton Bertulang*
- Lauw Tjun Nji, *Pengujian CBR Lapangan*, [Internet]. [diunduh 2018 Des]. Tersedia pada <https://lauwtjunnji.weebly.com/cbr-lapangan.html>