

PERENCANAAN STRUKTUR PERKERASAN LANDAS PACU BANDAR UDARA SYAMSUDIN NOOR – BANJARMASIN

Yasruddin
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil
Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin

ABSTRAK

Bandar Udara Syamsudin Noor – Banjarmasin merupakan salah satu bandar udara yang dikelola PT. (Persero) Angkasa Pura I dan memiliki permintaan angkutan udara untuk penumpang dan kargo yang cukup potensial. Bandara Syamsudin Noor memiliki panjang landas pacu sebesar 2.500 x 45 m dengan arah azimuth 10 – 28.

Metode perencanaan perkerasan struktural pada landas pacu bandar udara yang umum digunakan adalah metode CBR, metode FAA, metode LCN dari Inggris, metode Asphalt Institute dan metode Canadian Departement Of Transportation. Adapun tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk merencanakan tebal perkerasan lentur pada landas pacu Bandar Udara Syamsudin Noor – Banjarmasin sepanjang 2500 m untuk pesawat rencana B 737-900ER dengan menggunakan metode CBR (US. Army Corps Of Engineers Design Method), metode FAA (Federal Aviation Administration) dan metode LCN (Load Classification Number), serta menganalisa kelebihan dan kekurangan masing-masing metode yang digunakan.

Berdasarkan hasil perencanaan dari metode-metode perencanaan struktur perkerasan lentur yang digunakan diperoleh bahwa metode CBR (US. Army Corps Of Engineers Design Method) dan FAA (Federal Aviation Administration) memiliki tebal yang sama besar, yaitu sebesar 27 inchi atau 69cm, sedangkan untuk metode LCN (Load Classification Number) memiliki tebal paling besar, yaitu sebesar 38 inchi atau 97 cm. Hasil perencanaan tebal perkerasan dengan menggunakan metode CBR dan FAA sama dengan hasil perencanaan PT. (Persero) Angkasa Pura I dengan jenis lapis keras lentur (flexible pavement) sebesar 690 mm atau sama dengan 69 cm. Adapun material yang digunakan dalam perencanaan perkerasan lentur runway tersebut adalah : untuk lapisan surface digunakan Asphalt Concrete (AC), untuk base course digunakan material batu pecah, dan untuk subbase course digunakan material agregat alam.

Kata Kunci : *Bandar Udara Syamsudin Noor – Banjarmasin; Landas Pacu; Perkerasan Lentur; Metode CBR, Metode FAA dan Metode LCN.*

PENDAHULUAN

Pertumbuhan ekonomi di Propinsi Kalimantan Selatan tiap tahun terus mengalami peningkatan serta potensi umroh dari wilayah cakupan Bandara Syamsudin Noor sangat besar. Saat ini potensi jamaah umroh yang mencapai 10 kloter serta permintaan terhadap pengembangan rute penerbangan luar

negeri dan pengembangan potensi wilayah sangat tinggi. Untuk itu Pemerintah Provinsi Kalimantan Selatan, masyarakat dan para pengguna bandara menginginkan pembangunan berbagai tambahan fasilitas Bandar Udara agar Bandar Udara Syamsudin Noor dapat berfungsi sebagai bandara internasional.

Adapun tujuan penulisan ini adalah sebagai berikut :

1. Merencanakan tebal perkerasan lentur (*flexible pavement*) landas pacu (*runway*) Bandar Udara Syamsudin Noor – Banjarmasin dengan metode CBR (*US. Army Corps Of Engineers Design Method*), metode FAA (*Federal Aviation Administration*) dan metode LCN (*Load Classification Number*).
2. Menganalisa hasil perhitungan masing-masing metode tebal perkerasan lentur (*flexible pavement*).

Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis membatasi masalah pada

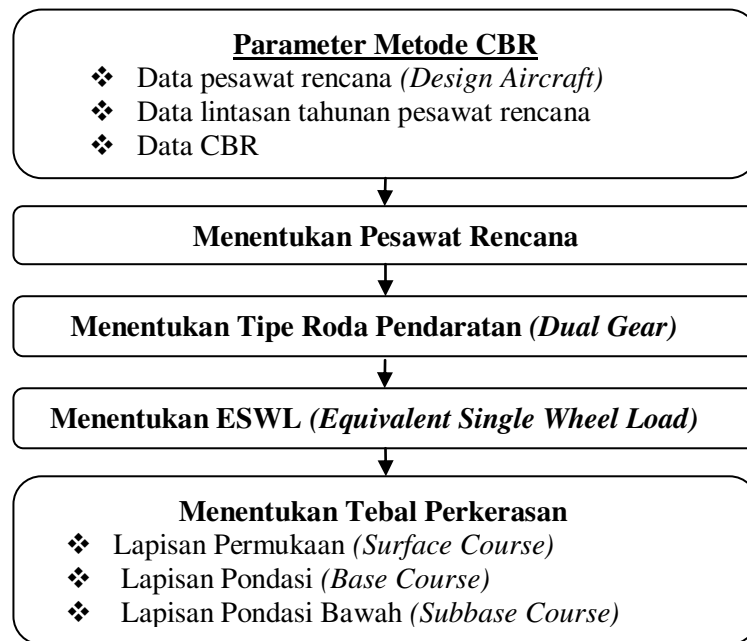
perencanaan tebal perkerasan lentur (*flexible pavement*) pada landas pacu (*runway*) sepanjang 2500 m untuk pesawat rencana B 737-900ER dengan menggunakan tiga metode perencanaan perkerasan lentur yaitu metode CBR (*US. Army Corps Of Engineers Design Method*), metode FAA (*Federal Aviation Administration*) dan metode LCN (*Load Classification Number*).

METODOLOGI

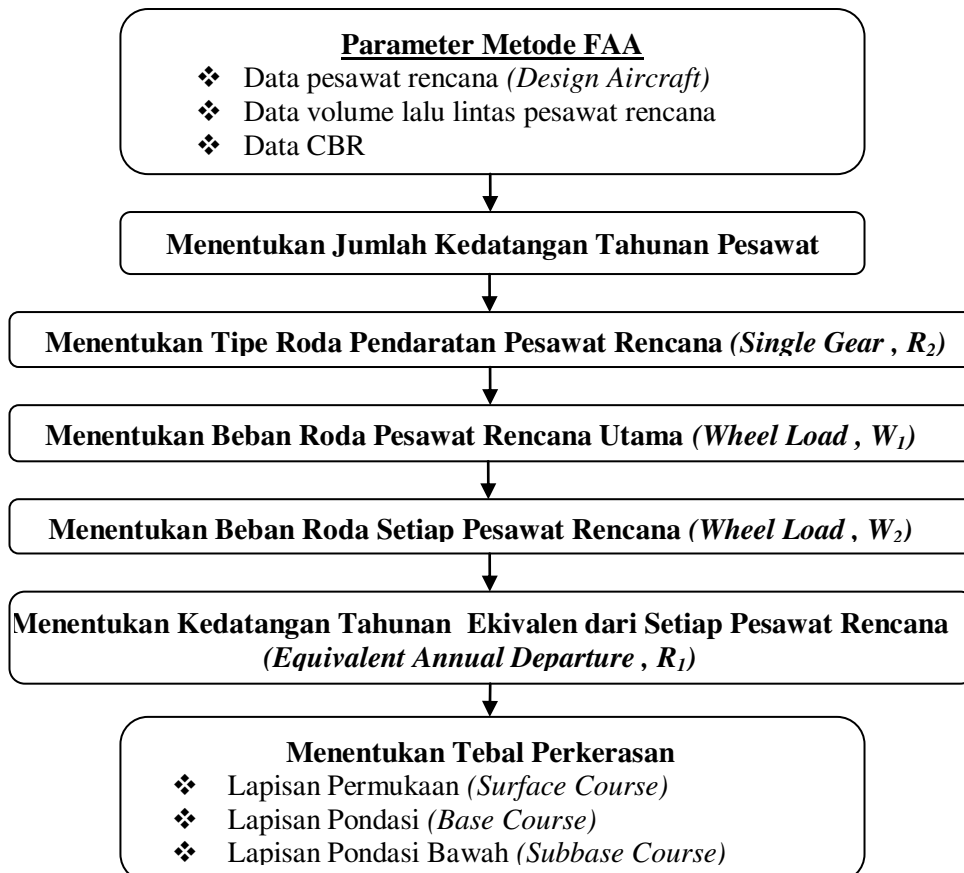
Metodologi mengenai tahapan yang dilalui serta langkah-langkah yang dilakukan dalam proses penyelesaian penulisan ini, dapat dilihat pada diagram alir (*flowchart*) dibawah ini:



Gambar 1. Flowchart Penulisan



Gambar 2. Flowchart Metode CBR (*US Corporation Of Engineers Method*)
Sumber : Basuki, (1986).



Gambar 3. Flowchart Metode FAA (*Federal Aviation Administration*)
Sumber : Basuki, (1986).



Gambar 4. Flowchart Metode LCN (*Load Classification Number*)
Sumber : Basuki, (1986).

PEMBAHASAN

Jumlah pergerakan yang terjadi hingga tahun 2012 dapat dilihat pada **Tabel 1** dibawah ini.

Tabel 1. Annual Departure Bandara Syamsudin Noor - Banjarmasin (2008 – 2012)

Jenis Pesawat	Annual Departure				
	2008	2009	2010	2011	2012
ATR 42	786	798	830	832	846
B 737-400	1452	1468	1486	1498	1540
B 737-800	2724	2776	2812	2864	2975
B 737-900 ER	3422	3556	3642	3762	3889
C 208	864	882	892	922	931
DHC 6	660	668	676	698	729
B 767-300 ER	50	54	54	58	60
Total	9958	10202	10392	10634	10970

Sumber : PT (Persero) Angkasa Pura I Bandara Syamsudin Noor- Banjarmasin

Tabel 2. Data Berat Lepas Landas Pesawat serta Tipe Roda Pendaratan Utama Pesawat di Bandara Syamsudin Noor- Banjarmasin

Jenis Pesawat	MTOW		Tipe Roda	Jumlah Roda
	lbs	Kg		
ATR 42	35573	16150	Single Wheel	2
B 737-400	149866	68039	Dual Wheel	4
B 737-800	174044	79016	Dual Wheel	4
B 737-900 ER	187700	85139	Dual Wheel	4
C 208	7291	3310	Dual Wheel	4
DHC 6	12489	5670	Single Wheel	2
B 767-300 ER	412000	172819	Dual Tandem	8

Sumber : www.boeing.com

Struktur lapis keras landas pacu hasil perencanaan PT. (Persero) Angkasa Pura I dengan jenis lapis keras lentur (flexible pavement) dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 3. Perkerasan Lentur *Runway* Bandara Syamsudin Noor - Banjarmasin

Lapis Perkerasan	Tebal (mm)	Bahan	Tipikal Perkerasan
Surface Course	70	AC	70 x 1 – 70
	60	ATB	60 x 1 – 60
Base Course	350	Agg Base	350 x 1 – 350
Subbase Course	300	Agg Base	300 x 0,7 – 210
Tebal Total Perkerasan (mm)			690

Sumber : Dinas Perhubungan Pekerjaan Penelitian Daya Dukung Landasan Fasilitas Sisi Udara Proyek Bandar Udara Syamsudin Noor-Banjarmasin, 2006.

Dalam penyelidikan tanah dasar dilakukan pengambilan sampel dengan tes pit. Pengambilan sampel tanah yang tidak terganggu (*undisturbed sample*) dilakukan dengan tes p

Tabel 4. Hasil Tes CBR Laboratorium dan CBR Lapangan Tanah Dasar pada *Runway* Bandara Syamsudin Noor - Banjarmasin

Lokasi	Kedalaman (m)	CBR Lab	CBR Lap
TP-01	-0.8	5.60%	6.10%
TP-02	-0.79	8.30%	9.10%
TP-03	-0.78	9.60%	10.60%

Sumber : Dinas Perhubungan Pekerjaan Penelitian Daya Dukung Landasan Fasilitas Sisi Udara Proyek Bandar Udara Syamsudin Noor-Banjarmasin, 2006.

Perencanaan Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

1. Metode CBR (*US. Army Corps Of Engineers Design Method*)

Merencanakan perkerasan lentur dengan metode CBR, maka harus

ditentukan dahulu pesawat rencana (*Design Aircraft*). Dalam penulisan ini, yang diambil sebagai pesawat rencana adalah pesawat B 737-900ER dengan berat kotor lepas landas (MTOW) adalah 85139 kg.

Tabel 6. *Annual Departure* Tahunan Pesawat Rencana B 737-900ER (2008-2012)

Annual Departure Tahunan Pesawat Rencana B 737-900 ER		Persentase Pertumbuhan Per Tahun (%)
Tahun	Annual Departure	
2008	3422	1.0392
2009	3556	1.9203
2010	3642	1.1948
2011	3762	1.6207
2012	3889	1.6599
Persentase Rata2 Pertumbuhan Per Tahun (%)		1.487

Sumber : PT (Persero) Angkasa Pura I Bandara Syamsudin Noor Banjarmasin (2012), diolah

Berdasarkan data *annual departure* tahunan pesawat rencana B 737-900ER **Tabel 6**, dapat disimpulkan bahwa persentase rata-rata pertumbuhan lintasan tahunan pesawat rencana B 737-900 ER

sebesar 1,487 % pergerakan per tahun. Maka volume lintasan rata-rata yang direncanakan untuk umur rencana 20 tahun sebanyak 4557 lintasan **Tabel 7**.

Tabel 7. Prediksi Volume Lintasan Pesawat Rencana B 737-900ER dengan Umur Rencana 20 Tahun (2013-2032)

Tahun	Volume Lintasan
2013	3946.8288
2014	4005.5174
2015	4065.0788
2016	4125.5258
2017	4186.8717
2018	4249.1298
2019	4312.3136
2020	4376.4370
2021	4441.5139
2022	4507.5584
2023	4574.5850
2024	4642.6083
2025	4711.6431
2026	4781.7045
2027	4852.8076
2028	4924.9680
2029	4998.2015
2030	5072.5239
2031	5147.9514
2032	5224.5006
Jumlah	91148.2692
Volume Rata2 Per Tahun	4557.4135

a. Menentukan *Equivalent Single Wheel Load (ESWL)*

Pesawat B737-900ER memiliki MTOW kurang dari 300.000 lbs,

maka untuk menghitung *Equivalent Single Wheel Load (ESWL)* digunakan rumus sesuai dengan persamaan :

$$\text{Log (ESWL)} = \text{Log Pd} + \frac{0,31 \log (2 \times d)}{\log (2 \times Z/d)}$$

Dimana :

$$\text{Pd} = 0,95 \times 4557 = 4329$$

$$d = 5,72 \text{ m} = 572 \text{ cm} = 225,1969 \text{ inchi}$$

$$z = 17,17 \text{ m} = 1717 \text{ cm} = 675,9843 \text{ inchi}$$

maka :

$$\text{Log (ESWL)} = \text{Log } 4329 + \frac{0,31 \log (2 \times 225,1969)}{\log (2 \times 675,9843 / 225,1969)}$$

$$\text{Log (ESWL)} = 4,693$$

$$\text{ESWL} = 10^{4,693}; \text{ESWL} = 49.339,81 \text{ lbs}$$

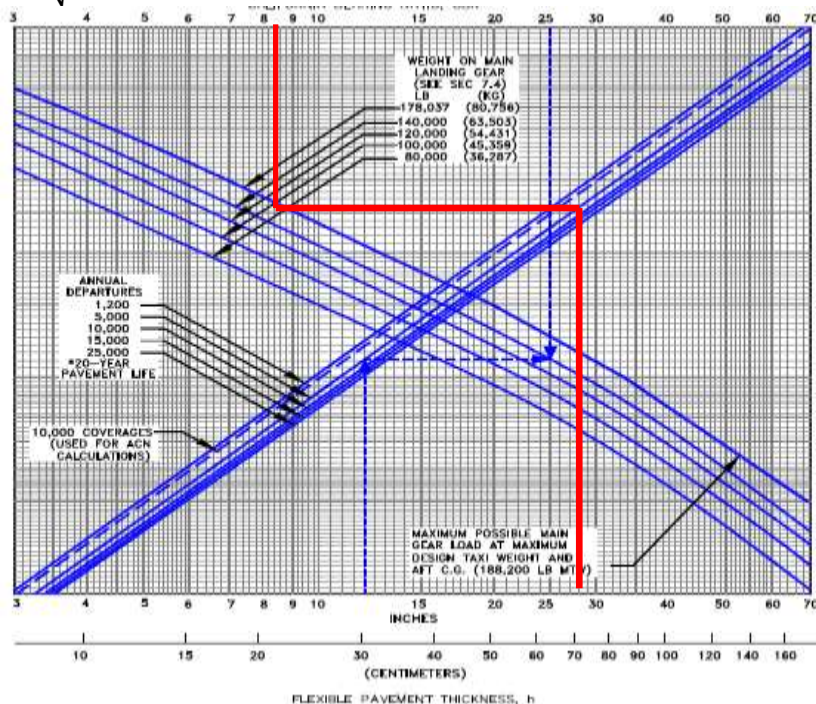
b. Menghitung Tebal Perkerasan dengan CBR Tanah Dasar 8,6%

Untuk menghitung tebal perkerasan, dapat dihitung menggunakan persamaan

$$t = \sqrt{\text{ESWL} \left[\frac{1}{8,1 \times \text{CBR}} - \frac{1}{p \pi} \right]}; \text{Dimana :}$$

$$\text{Pd} = 49.339,81 \text{ lbs}; \text{CBR} = 8,6\%; p = 220 \text{ psi}; \text{maka :}$$

$$t = \sqrt{49.339,81 \left[\frac{1}{8,1 \times 8,6} - \frac{1}{220 \times 3,14} \right]}; t = 26,614 \text{ inchi} \approx 27 \text{ inchi}$$



Grafik 1. Hasil Desain Tebal Perkerasan Total *Flexible Pavement* Metode CBR (*US. Army Corps Of Engineers Design Method*) dengan CBR *subgrade* 8,6 %

- Menentukan tebal lapisan permukaan (*surface course*) Pada grafik perkerasan flexible metode CBR (*US. Army Corps Of Engineers Design Method*), ditentukan tebal lapisan permukaan

sebesar 3 inchi (tebal minimum), bahan yang digunakan adalah aspal beton (AC). Tebal aspal beton 3 inchi ekivalen = $(1,7 / 0,95) \times 3$ inchi = 5,368 inchi

- Menentukan tebal lapisan pondasi (*base course*)
Tebal lapis pondasi diambil tebal minimum yaitu 6 inchi, bahan yang digunakan adalah batu pecah (*crushed stone base*).
Tebal *crushed stone base* 6 inchi ekivalen = $(1,4 / 0,95) \times 6$ inchi

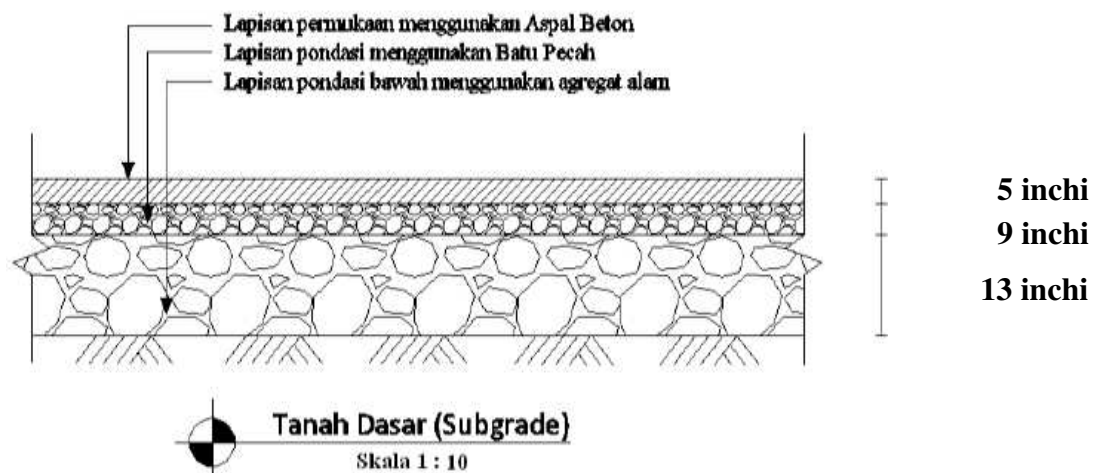
= 8,842 inchi tebal lapisan agregat alam = 9 inchi.

- Menentukan tebal lapisan pondasi bawah (*subbase course*)
= tebal perkerasan total – (*surface - base*) = 27 inchi – (5,368 - 8,842)
= 12,789 inchi = 13 inchi menggunakan agregat alam.

Tabel 8. Hasil Desain Tebal Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*) Runway dengan Metode CBR (CBR *subgrade* 8,6%)

Lapisan	Bahan Yang Digunakan	Tebal Rencana	
		inchi	cm
Permukaan (<i>Surface Course</i>)	Aspal Beton	5	13
Pondasi (<i>Base Course</i>)	Batu Pecah	9	23
Pondasi Bawah (<i>Subbase Course</i>)	Agregat Alam	13	33
TOTAL		27	69

Sumber : Data hasil olahan



Gambar 6. Potongan Melintang Desain Lapisan Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*) Runway Metode CBR (*US. Army Corps Of Engineers Design Method*) dengan CBR *subgrade* 8,6%

2. Metode FAA (*Federal Aviation Administration*)

- Menentukan Pesawat Rencana**
Dalam perencanaan ini dipilih pesawat B 737-900ER sebagai pesawat tahunan rencana dimana mempunyai jumlah lintasan tahunan yang paling banyak.
- Menentukan Dual Gear Departure (R_2)**

Setiap tipe pesawat mempunyai beragam bentuk roda pendaratan. Tetapi semuanya itu sudah dikelompokkan sesuai dengan pembahasan yang lalu. Pengelompokan ini berguna untuk keseragaman semua tipe roda pendaratan utama sehingga didapat total keseluruhan beban yang dialami perkerasan.

Tabel 9. Dual Gear Departure Tahun 2012

No	Tipe Pesawat	Tipe Roda	Annual Departure (a)	Faktor Konversi Roda Pendaratan Pesawat Rencana (b)	Dual Gear Departure (axb)
1	ATR 42	Single	846	0.8	676.8
2	B 737-400	Dual	1540	1	1540.0
3	B 737-800	Dual	2975	1	2975.0
4	B 737-900 ER	Dual	3889	1	3889.0
5	C 208	Dual	931	1	931.0
6	DHC 6	Single	729	0.8	583.2
7	B 767-300 ER	Dual Tandem	60	2.03	121.8

c. Menghitung Beban Roda Setiap Pesawat (*Wheel Load*; W_2)

Pendaratan (*landing*) maupun lepas landas (*take off*) pesawat sangat bertumpu pada roda pendaratan belakang sehingga roda belakang benar-benar direncanakan harus mampu mendukung seluruh beban pesawat saat beroperasi. Dengan demikian dapat di hitung *wheel load gear* dari setiap jenis pesawat yang direncanakan.

Perhitungan dengan persamaan :

- Pesawat ATR 42 ; $W_2 = 0,95 \times 35.573 \times 1/2 = 16.897,02643$ lbs
- Pesawat B 737-400 ; $W_2 = 0,95 \times 149.866 \times 1/4 = 35.593,08921$ lbs
- Pesawat B 737-800 ; $W_2 = 0,95 \times 174.044 \times 1/4 = 41.335,46256$ lbs
- Pesawat B 737-900ER ; $W_2 = 0,95 \times 187.700 \times 1/4 = 44.578,75$ lbs
- Pesawat C 208 ; $W_2 = 0,95 \times 7.291 \times 1/4 = 1.731,55286$ lbs
- Pesawat DHC 6 ; $W_2 = 0,95 \times 12.489 \times 1/2 = 5.932, 26872$ lbs
- Pesawat B 767-300ER ; $W_2 = 0,95 \times 300.000 \times 1/8 = 35.625$ lbs

c. Menghitung Beban Roda Pesawat Rencana (*Wheel Load Design*, W_1)

Perhitungannya sama dengan di atas dengan pesawat rencana adalah B 737-900ER, yaitu :

$$W_1 = 0,95 \times 187.700 \times 1/4 = 44.578,75 \text{ lbs}$$

d. Menghitung *Equivalent Annual Departure Tahunan Pesawat Rencana* (R_1)

Menghitung kedatangan tahunan ekivalen pesawat dapat dihitung dengan persamaan :

$$\text{Log } R_1 = \text{Log } R_2 \left[\frac{W_2}{W_1} \right]^{-1/2}$$

R_1 = Kedatangan tahunan ekivalen oleh pesawat rencana (*pound*)

R_2 = Jumlah kedatangan tahunan oleh pesawat berkenaan dengan konfigurasi roda pendaratan rencana

W_1 = Beban roda pesawat rencana (*pound*)

W_2 = Beban roda pesawat yang harus diubah

$$W_2 = P \times \text{MTOW} \times 1/ n ;$$

Dimana :

W_2 = Beban roda pendaratan dari masing-masing jenis pesawat (*lbs*)

MTOW = Berat kotor pesawat saat lepas landas

n = Jumlah roda pendaratan pesawat

P = Persentase beban yang diterima roda pendaratan utama (0,95)

Berikut perhitungan W_2 untuk *annual departure* tahun 2012:

Berikut contoh perhitungan *equivalent annual departure* pesawat rencana (R_1) tahun 2012 :

- Pesawat ATR 42 ; $\text{Log } R_1 = \text{Log} (676,8) \left[\frac{16.897,02643}{44.578,75} \right]^{1/2}$
 $\text{Log } R_1 = 1,743 \rightarrow R_1 = (10)^{1,743} \rightarrow R_1 = 55,384$
- Pesawat B 737-400 ; $\text{Log } R_1 = \text{Log} (1540) \left[\frac{35593.08921}{44.578,75} \right]^{1/2}$
 $\text{Log } R_1 = 2,849 \rightarrow R_1 = (10)^{2,849} \rightarrow R_1 = 707,121$
- Pesawat B 737-800 ; $\text{Log } R_1 = \text{Log} (2975) \left[\frac{41.335,46256}{44.578,75} \right]^{1/2}$
 $\text{Log } R_1 = 3,346 \rightarrow R_1 = (10)^{3,346} \rightarrow R_1 = 2.219,495$
- Pesawat B 737-900 ER ; $\text{Log } R_1 = \text{Log} (3889) \left[\frac{44.578,75}{44.578,75} \right]^{1/2}$
 $\text{Log } R_1 = 3,590 \rightarrow R_1 = (10)^{3,590} \rightarrow R_1 = 3.889$
 $\text{Log } R_1 = \text{Log} (931) \left[\frac{1.731,55286}{44.578,75} \right]^{1/2}$
 $\text{Log } R_1 = 0,585 \rightarrow R_1 = (10)^{0,585} \rightarrow R_1 = 3,847$

Tabel 10. *Equivalent Annual Departure* (2008-2012)

Jenis Pesawat	Gear Type	MTOW (lbs)	Banyak Roda	Wheel Load Design (W1)	Equivalent Annual Departure(R2)				
					2008	2009	2010	2011	2012
ATR 42	SW	35573	2	44578.75	53	53	55	55	55
B 737-400	DW	149866	4	44578.75	669	676	683	688	705
B 737-800	DW	174044	4	44578.75	2032	2069	2095	2132	2212
B 737-900 ER	DW	187700	4	44578.75	4449	3556	3629	3762	3889
C 208	DW	7291	4	44578.75	4	4	4	4	4
DHC 6	SW	12489	2	44578.75	10	10	10	10	10
B 767-300 ER	DT	300000	8	44578.75	62	67	67	71	73
TOTAL					7278	6434	6541	6722	6948
Persentase Pertumbuhan Pesawat Ekuivalen Terhadap Pesawat B 737-900ER (%)					2				

Tabel 11. *Equivalent Annual Departure* terhadap Pesawat B 737-900ER Selama 20 Tahun (2013-2032)

Tahun	Volume Equivalent Annual Departure
2013	7064
2014	7181
2015	7300
2016	7421
2017	7544
2018	7669
2019	7796
2020	7925
2021	8057
2022	8190
2023	8326
2024	8464
2025	8604
2026	8747
2027	8892
2028	9040
2029	9189

2030	9342
2031	9497
2032	9654
Jumlah	165901
Volume Per Tahun	8295

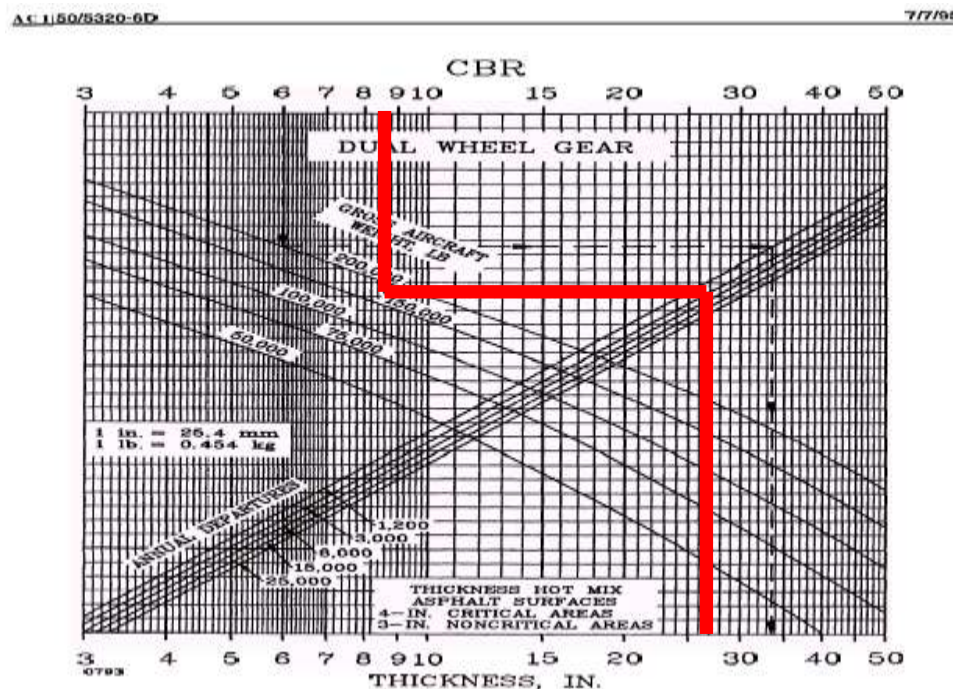
Hasil prediksi menunjukkan terjadi 8.295 pergerakan per tahun selama 20 tahun, sehingga *annual departure* pesawat

rencana B 737-900 ER adalah sebesar 8.295 pergerakan per tahun

e. Menentukan Tebal Perkerasan

Perhitungan tebal perkerasan metode FAA dengan cara manual didapat dengan cara mengplot data. Dengan

memasukan data CBR *subgrade* 8,6 % (kategori B / medium) dan *Equivalent Annual Departure* sebesar 8.295, serta *MTOW* Pesawat Rencana B 737-900ER = 85.139 kg = 187.700 lbs.



Grafik 2. Hasil Desain Tebal Total Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*) Metode FAA (*Federal Aviation Administration*) dengan Roda Pendaratan Utama Pesawat Rencana *Dual Wheel Gear*

Sumber : FAA AC 150/5320-6D

Berdasarkan hasil plot grafik **Grafik 2**, didapatkan tebal total perkerasan lentur dengan CBR

subgrade 8,6%, dihasilkan tebal perkerasan total 27 inchi.

- Menentukan tebal lapisan permukaan (*surface course*)

Pada grafik perkerasan flexible metode CBR, ditentukan tebal lapisan permukaan 3 inchi (tebal minimum), bahan yang digunakan adalah aspal beton (AC). Tebal aspal beton 3 inchi ekivalen = $(1,7 / 0,95) \times 3$ inchi = 5,368 inchi = 5 inchi

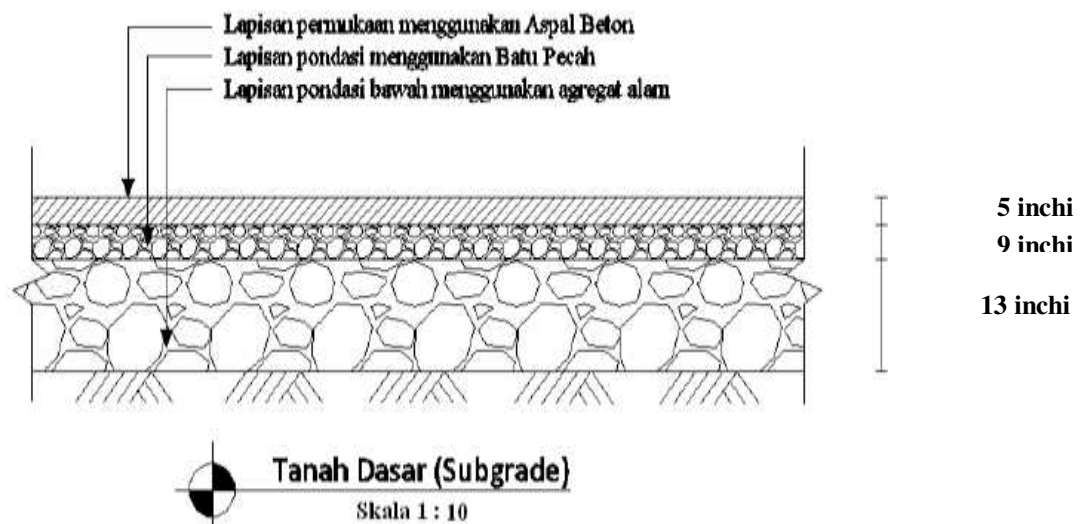
- Menentukan tebal lapisan pondasi (*base course*)
Tebal lapis pondasi diambil tebal minimum yaitu 6 inchi, bahan yang digunakan

adalah batu pecah (*crushed stone base*). Tebal *crushed stone base* 6 inchi ekivalen = $(1,4 / 0,95) \times 6$ inchi = 8,842 inchi tebal lapisan agregat alam = 9 inchi.

- Menentukan tebal lapisan pondasi bawah (*subbase course*)
= tebal perkerasan total – (*surface - base*) = 27 inchi – (5,368 - 8,842)
= 12,789 inchi = 13 inchi menggunakan agregat alam.

Tabel 12. Hasil Desain Tebal Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*) Runway dengan Metode FAA (CBR *subgrade* 8,6%)

Lapisan	Bahan Yang Digunakan	Tebal Rencana	
		inchi	cm
Permukaan (<i>Surface Course</i>)	Aspal Beton	5	13
Pondasi (<i>Base Course</i>)	Batu Pecah	9	23
Pondasi Bawah (<i>Subbase Course</i>)	Agregat Alam	13	33
TOTAL		27	69



Gambar 7. Potongan Melintang Desain Lapisan Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*) Runway Metode FAA (*Federal Aviation Administration*) dengan CBR *subgrade* 8,6%

3. Metode LCN (Load Classification Number)

a. Menentukan *ESWL (Equivalent Single Wheel Load)*

Pesawat B 737-900ER memiliki MTOW kurang dari 300.000 lbs, maka untuk menghitung *Equivalent Single Wheel Load (ESWL)* digunakan rumus sesuai dengan persamaan (2.1) :

$$\begin{aligned} \text{Log (ESWL)} &= \text{Log Pd} + \frac{0,31 \log (2 \times d)}{\log (2 \times Z/d)} \\ \text{Pd} &= 0,95 \times 4557 = 4329 \\ d &= 5,72 \text{ m} = 572 \text{ cm} = 225,1969 \text{ inchi} \\ z &= 17,17 \text{ m} = 1717 \text{ cm} = 675,9843 \text{ inchi} \\ \text{maka : Log (ESWL)} &= \text{Log } 4329 + \frac{0,31 \log (2 \times 225,1969)}{\log (2 \times 675,9843 / 225,1969)} \\ \text{Log (ESWL)} &= 4,693 ; \text{ESWL} = 10^{4,693} = 49.339,81 \text{ lbs} \end{aligned}$$

b. Menentukan *Garis Kontak Area Pesawat*

dengan diketahuinya *Equivalent Single Wheel Load (ESWL)* pesawat dan tekanan roda pesawat maka dapat ditentukan kontak area pesawat dengan menggunakan persamaan:

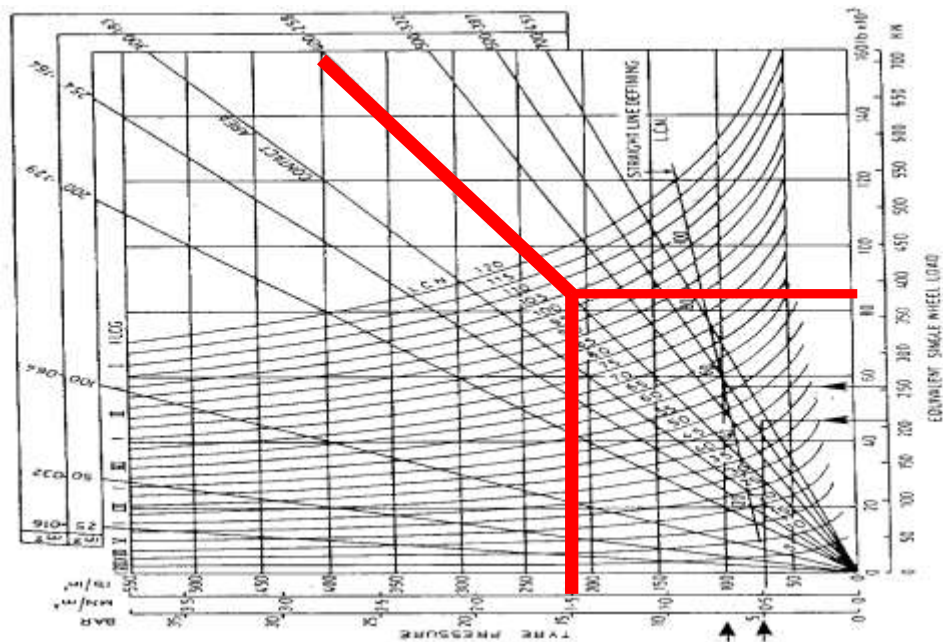
Sebelumnya sudah direncanakan bahwa pesawat B 737-900ER memiliki tekanan roda pesawat (*tire pressure*) sebesar 220 psi,
 $K = \text{ESWL} / P$; Dimana :

K = Kontak area pesawat (lbs/psi)
 ESWL = *Equivalent Single Wheel Load* (lbs)
 P = Tekanan Udara pada Roda (psi)
 maka: $K = 49.339,81 \text{ lbs} / 220 \text{ psi} = 224,2719 \text{ lbs/psi}$

c. Menentukan Nilai LCN

Sebelum mendapatkan tebal perkerasan, terlebih dahulu

ditentukan nilai LCN berdasarkan garis kontak area pesawat.



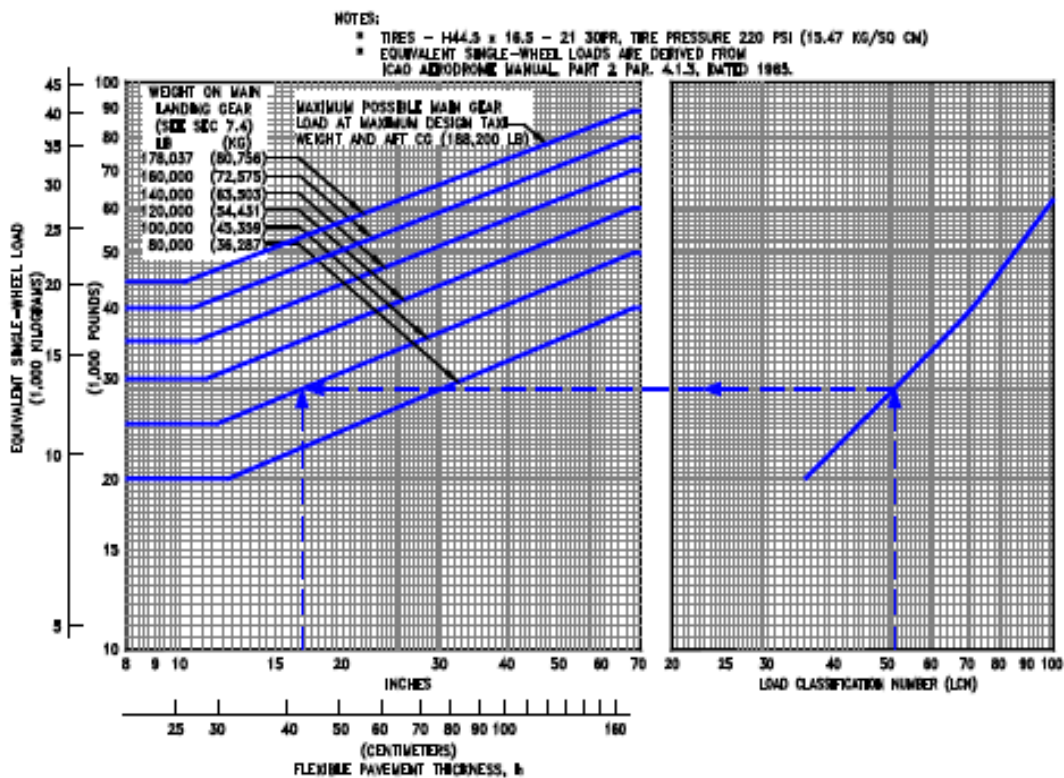
Grafik 3. Nilai LCN (*Load Classification Number*) untuk Perencanaan Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*).

Sumber : Basuki, (1986).

Berdasarkan hasil plot grafik LCN diatas didapatkan nilai LCN sebesar 100.

- d. Menentukan Tebal Perkerasan**
 Berdasarkan hasil plot grafik *Flexible Pavement Requirements – LCN Method Model 737-900ER* **Grafik 4** dihasilkan tebal perkerasan total sebesar 37 inchi. Untuk perencanaan tebal subbase dan surface menggunakan grafik tebal minimum perkerasan **Grafik 4**, dihasilkan sebagai berikut :

- Menentukan tebal lapisan permukaan (*surface course*)
 Pada grafik perkerasan flexible metode LCN (**Grafik 4**, ditentukan tebal lapisan permukaan sebesar 8 inchi (tebal minimum), bahan yang digunakan adalah aspal beton (AC).
 Tebal aspal beton 8 inchi ekivalen
 $= (1,7 / 0,95) \times 8 \text{ inchi} = 14,315 \text{ inchi} = 14 \text{ inchi}$
- Menentukan tebal lapisan pondasi (*base course*)
 Tebal lapis pondasi diambil tebal minimum yaitu 6 inchi, bahan yang digunakan adalah batu pecah (*crushed stone base*).
 Tebal *crushed stone base* 6 inchi ekivalen
 $= (1,4 / 0,95) \times 6 \text{ inchi}$
 $= 8,842 \text{ inchi}$ tebal lapisan agregat alam = 9 inchi.
- Menentukan tebal lapisan pondasi bawah (*subbase course*)
 $= \text{tebal perkerasan total} - (\text{surface} - \text{base}) = 37 \text{ inchi} - (14,315 - 8,842)$
 $= 13,842 \text{ inchi} = 14 \text{ inchi}$ menggunakan agregat alam

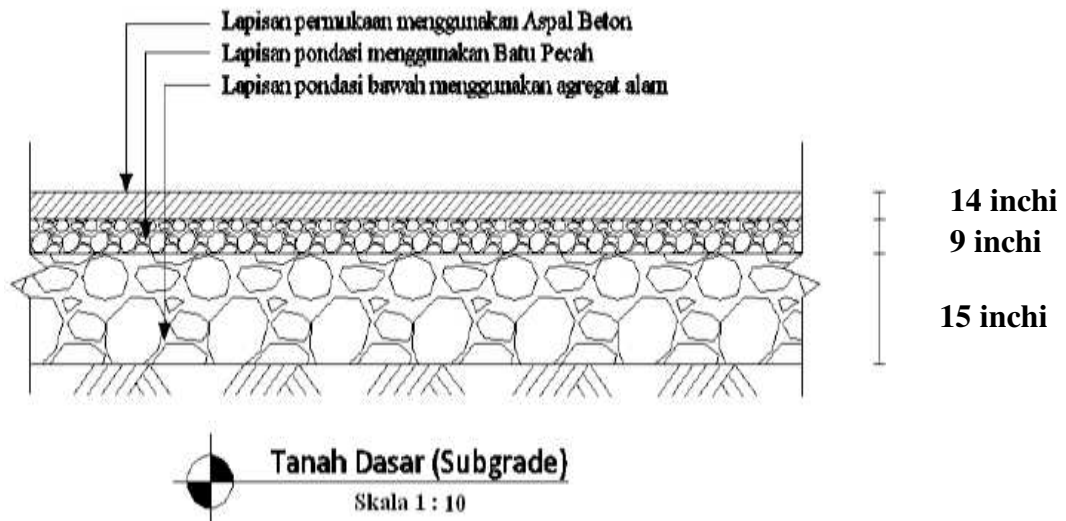


Grafik 4. Hasil Desain Tebal Total Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*) Requirements – LCN Method Model B 737-900ER (LCN = 100)
 Sumber : 737 Airplane Characteristics for Airport Planning (www.boeing.com)



Tabel 13. Hasil Desain Tebal Total Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*) Runway dengan Metode LCN (LCN = 100)

Lapisan	Bahan Yang Digunakan	Tebal Rencana	
		inci	cm
Permukaan (Surface Course)	Aspal Beton	14	36
Pondasi (Base Course)	Batu Pecah	9	23
Pondasi Bawah (Subbase Course)	Agregat Alam	15	38
TOTAL		38	97



Gambar 8. Potongan Melintang Desain Lapisan Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*) Runway Metode LCN (*Load Classification Number*) dengan Nilai LCN 100

Analisis Hasil Akhir Desain Tebal Perkerasan Lentur

Berikut hasil analisa akhir dari perencanaan tebal perkerasan lentur

(*flexible pavement*) dengan menggunakan pesawat rencana B 737-900 ER dan nilai CBR *subgrade* 8,6%.

Tabel 14. Hasil Desain Tebal Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*) Runway Bandara Syamsudin Noor – Banjarmasin dengan Metode CBR, Metode FAA, dan Metode LCN

Metode	Tebal Lapisan Perkerasan			Tebal Total Lapisan Perkerasan
	Permukaan (Surface Course)	Pondasi (Base Course)	Pondasi Bawah (Subbase Course)	
CBR (<i>US Corporation Of Engineers Method</i>)	Aspal Beton (AC) 51 inci = 13 cm	Batu Pecah 9 inci = 23 cm	Agregat Alam 13 inci = 33 cm	27 inci = 69 cm
FAA (<i>Federal Aviation Administration</i>)	Aspal Beton (AC) 51 inci = 13 cm	Batu Pecah 9 inci = 23 cm	Agregat Alam 13 inci = 33 cm	27 inci = 69 cm
LCN (<i>Load Classification Number</i>)	Aspal Beton (AC) 14 inci = 36 cm	Batu Pecah 9 inci = 23 cm	Agregat Alam 15 inci = 38 cm	38 inci = 97 cm

Dari hasil perhitungan tebal perkerasan, didapat bahwa hasil yang

diperoleh dengan menggunakan metode LCN (*Load Classification*

Number) menghasilkan tebal paling besar, hal ini memang disebabkan karena prosedur pada metode ini hanya memperhitungkan repetisi beban yang diakibatkan oleh pesawat rencana saja, tanpa mempertimbangkan repetisi beban yang diakibatkan oleh keseluruhan lalu-lintas pesawat, sehingga tebal perkerasan direncanakan hanya untuk melayani beban repetisi pesawat rencana.

Adapun persamaan yang diperoleh dari ketiga metode yang digunakan adalah mengenai nilai CBR *subgrade* yang diperoleh dari data Dinas Perhubungan Proyek Pengembangan Bandar Udara Syamsudin Noor, Penelitian Daya Dukung Fasilitas Landasan di Bandara Syamsudin Noor – Banjarmasin. Dimana ketiga metode tersebut menggunakan CBR *subgrade* sebesar 8,6% , untuk menentukan tebal perkerasan masing-masing. Hasil yang diperoleh dengan metode CBR (*US. Army Corps Of Engineers Design Method*) dan FAA (*Federal Aviation Administration*) sama, hal ini dikarenakan persyaratan tebal minimum yang ditentukan oleh *Corps of Engineer* dan FAA (*Federal Aviation Administration*) adalah sama. Sedangkan pada metode LCN (*Load Classification Number*) memiliki tebal yang lebih besar dari metode CBR (*US. Army Corps Of Engineers Design Method*) dan FAA (*Federal Aviation Administration*).

Perbedaan tebal lapisan permukaan dan lapisan pondasi pada metode LCN (*Load Classification Number*) dengan metode CBR (*US. Army Corps Of Engineers Design Method*) dan FAA (*Federal Aviation Administration*) diakibatkan karena

hanya memperhitungkan satu pesawat rencana saja, tanpa mempertimbangkan repetisi beban yang diakibatkan oleh keseluruhan lalu-lintas pesawat.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Perencanaan struktural tebal lapisan perkerasan lentur *runway* Bandar Udara Syamsudin Noor-Banjarmasin dengan pesawat rencana Boeing 737-900ER didasarkan pada *annual departure* pesawat dari tahun 2008 sampai dengan tahun 2012 untuk umur layan rencana 20 tahun. Berdasarkan hasil perencanaan tebal perkerasan lentur *runway* dengan menggunakan tiga metode perencanaan struktural tebal lapisan perkerasan lentur dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Tebal total perkerasan lentur dan tebal untuk masing-masing lapisan perkerasan lentur yang dihasilkan dengan menggunakan metode LCN (38 inchi = 97 cm) lebih tebal dari pada tebal total perkerasan lentur dan tebal untuk masing-masing lapisan perkerasan lentur yang dihasilkan dengan menggunakan metode CBR (27 inchi = 69 cm) dan FAA (27 inchi = 69 cm).
2. Ketiga metode memiliki tebal lapisan pondasi yang sama besar, yaitu 33 cm.
3. Metode LCN menghasilkan tebal lapisan paling besar untuk lapisan pondasi bawah (*subbase course*), yaitu sebesar 38 cm dan tebal lapisan paling besar untuk lapisan permukaan (*surface course*), yaitu sebesar 36 cm.
4. Hasil perencanaan tebal perkerasan dengan menggunakan metode CBR dan FAA sama dengan hasil perencanaan PT.

- (Persero) Angkasa Pura I dengan jenis lapis keras lentur (*flexible pavement*) sebesar 690 mm atau sama dengan 69 cm.
5. Material yang digunakan dalam perencanaan perkerasan lentur runway tersebut adalah : untuk lapisan *surface* digunakan *Asphalt Concrete* (AC), untuk *base course* digunakan material batu pecah, dan untuk *subbase course* digunakan material agregat alam.
 6. Metode-metode yang digunakan dalam perencanaan perkerasan struktural runway pada bandar udara yang dibahas memiliki beberapa keuntungan dan kerugian dari masing-masing metode yang digunakan, sehingga ketika akan diterapkan di lapangan perlu kiranya dilakukan analisis dan kajian terlebih dahulu.

Saran

Berdasarkan hasil perencanaan tebal perkerasan lentur dengan metode-metode perencanaan struktural tebal lapisan perkerasan lentur diajukan beberapa saran sebagai berikut:

1. Hasil desain perkerasan sangat dipengaruhi oleh metode-metode apa saja yang dipakai, oleh karena itu sebaiknya pemilihan metode tersebut harus dijadikan salah satu pertimbangan yang matang dalam perencanaan desain perkerasan runway.
2. Sebaiknya dalam perencanaan suatu perkerasan, perlu diperhitungkan *temperature* dan iklim, karena struktur perkerasan yang direncanakan tidak hanya harus memiliki respon yang baik terhadap beban lalu-lintas pesawat, tetapi juga harus mampu mengantisipasi

perubahan temperatur dan iklim, karena berpengaruh terhadap kekuatan bahan yang digunakan.

3. Metode CBR (*US. Army Corps Of Engineers Design Method*), FAA (*Federal Aviation Administration*) adalah metode yang dikeluarkan dan banyak digunakan di negara lain. Apabila metode ini digunakan di Indonesia, perlu diadakan terlebih dahulu kajian yang lebih lanjut terhadap kesesuaian iklim di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

Aneex 14, Aerodrome Design Manual, Part 1: Runways, 1999, International Civil Aviation Organization, Montreal, Canada.

Anonim. 737 Airplane of Characteristics for Airport Planning, Boeing Comercial Airplanes, 2005.

Anonim. 2012. Aircraft Technical Data and Specifications. <http://www.airliners.net/aircraft-data/>. 07 Desember 2012.

Anonim. 2010. Bandar Udara. <http://id.scribd.com/doc/26247284/Transportasi-Bandar-Udara> .07 Desember 2012.

Asmarani, Meilisa. 2009. Konfigurasi Bandar Udara. <http://www.scribd.com/doc/110377185/konfigurasi-lapangan-terbang>. 08 Maret 2013.

Basuki, Heru. 1986. Merancang, Merencana Lapangan Terbang. Bandung : Penerbit Alumni.

Boeing. 2010. 737 Airplane Characteristics for Airport Planning. http://www.boeing.com/commercial/airports/plan_manuals.html. 08 Maret 2013.

Boeing. 2010. 737 Airplane Characteristics. <http://www.boeing.com>. 08 Maret 2013.

Dinas Perhubungan Proyek Pengembangan Bandar Udara Syamsudin Noor. Penelitian Daya Dukung Fasilitas Landasan di Bandara Syamsudin Noor – Banjarmasin, 2003.

Dinas Perhubungan Proyek Pengembangan Bandar Udara Syamsudin Noor. Pekerjaan Penelitian Daya Dukung Landasan Fasilitas Sisi Udara Proyek Bandar Udara Syamsudin Noor-Banjarmasin, 2006.

FAA, Advisory Circular AC-150/5320-6E. “ Airport Pavement Design and Evaluation ”, United States of America, 2009.

Horonjeff, R. dan McKelvey, X. “Perencanaan dan Perancangan Bandar Udara”, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1993.

Manual of Standards Part 139— Aerodromes Chapter 2: Application of Standards to Aerodromes, Civil Aviation Safety Authority, Australian Government