

ANALISIS PERENCANAAN STRUKTUR PERKERASAN RUNWAY, TAXIWAY, DAN APRON BANDARA SULTAN SYARIF KASIM II MENGGUNAKAN METODE FAA

Brian Charles S¹, Sri Djuniati², Ari Sandhyavitri²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

²Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Email : Brian_simanjuntak@rocketmail.com

ABSTRACT

Airport pavements are constructed to support the loads by aircraft using an airport. Pavements must be smooth surface, adequate of thickness, stable and not having distress. The purpose of this research are analyze pavement thickness landing movement such as runway, taxiway, and apron. Planning pavement thickness consist of flexible pavement and rigid pavement. Runway and taxiway using flexible pavement while taxiway using rigid pavement. Design pavement thickness landing movement refers to the method FAA (Federal Aviation Administration) Advisor Circular No : 150/5320-6D. Data movement of aircraft using air transportation data in 2013 for scheduled flights. The analysis result shows the total pavement thickness runway, taxiway, and apron in a row is 75 cm, 68 cm, and 104 cm with aircraft plan B 737-900ER. While total pavement thickness for existing is 70 cm, 68 cm, and 117 cm.

Keywords: Airport Pavement Design, FAA method, flexible and rigid pavement

A. PENDAHULUAN

A.1 Latar Belakang

Bandar udara (Bandara) merupakan sarana pokok penunjang transportasi udara yang berfungsi sebagai simpul pergerakan pesawat, penumpang, kargo atau barang (Permenhub 69, 2013). Suatu bandar udara membutuhkan perencanaan yang baik, terutama dalam perencanaan fasilitas antarmodanya yaitu sisi darat dan sisi udara. Fasilitas sisi udara meliputi landas pacu (*runway*), landas hubung (*taxiway*) dan tempat parkir pesawat (*apron*) yang harus memenuhi standar, baik segi kekuatan maupun dimensi ukurannya. Demikian pula dengan struktur perkerasan bandar udara yang merupakan prasarana yang sangat penting dalam pengoperasian suatu bandar udara (Dwinanta utama, 2013).

Perkerasan memiliki peranan yang sangat penting untuk menyebarkan beban ke tanah dasar. Semakin besar kemampuan tanah dasar untuk memikul beban, maka tebal lapisan perkerasan yang dibutuhkan semakin tebal karena keseluruhan struktur perkerasan didukung sepenuhnya oleh

tanah dasar, maka identifikasi dan evaluasi terhadap struktur tanah dasar adalah sangat penting bagi perencanaan tebal perkerasan (Basuki, 2008).

Sebagai bandar udara Internasional yang arus pergerakan lalu lintasnya cukup padat, Bandara Sultan Syarif Kasim II tentu memerlukan pembangunan dan pengembangan fasilitas bandar udara seperti perpanjangan *runway*, pengembangan *taxiway*, dan perluasan *apron* bandara. Perencanaan geometrik tidak hanya sebatas perencanaan dimensi yang dibutuhkan melainkan juga diperlukan pengetahuan akan perencanaan perkerasan yang akan digunakan.

Dalam perencanaannya, perkerasan dibagi atas 2 jenis yaitu perkerasan lentur (*flexible pavement*) dan perkerasan kaku (*rigid pavement*). Dalam hal ini landasan pacu (*runway*) dan landasan hubung (*taxiway*) Bandara SSK II menggunakan perkerasan lentur sedangkan landasan parkir (*apron*) menggunakan perkerasan kaku (Permenhub 3, 2008). Oleh karena itu sejalan dengan adanya rencana

pengembangan Bandara SSK II, perencanaan struktur perkerasan sangat dibutuhkan guna menghasilkan perkerasan yang kuat, stabil, dan tahan lama dalam mendukung beban pesawat.

A.2 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah merencanakan tebal perkerasan *runway*, *taxiway*, dan *apron* di Bandara SSK II dan membandingkan dengan kondisi eksisting saat ini.

B. TINJAUAN PUSTAKA

Perkerasan adalah struktur yang terdiri dari beberapa lapisan dengan kekerasan dan daya dukung berlainan (Basuki, 2008). Menurut Basuki (2008) perkerasan berfungsi sebagai tumpuan rata-rata pesawat, permukaan yang rata akan menghasilkan jalan pesawat yang *comfort*, sehingga harus dijamin bahwa tiap-tiap lapisan dari atas ke bawah cukup kekerasan dan ketebalannya sehingga tidak mengalami *distress* (perubahan lapisan karena tidak mampu menahan beban).

Dalam perencanaannya, perkerasan dibagi atas 2 jenis yaitu perkerasan lentur (*flexible pavement*) yaitu perkerasan yang menggunakan aspal dan agregat bermutu tinggi dan perkerasan kaku (*rigid pavement*) yaitu perkerasan yang menggunakan semen sebagai pengikat dengan *slab-slab* beton.

B.1 Perkerasan Lentur

Menurut (Basuki, 2008) dalam buku "Merancang Merencanakan Lapangan Terbang", perkerasan lentur adalah suatu perkerasan yang mempunyai sifat *elastis*, maksudnya adalah perkerasan akan melendut saat diberi pembebanan.

Ada beberapa metode perencanaan perkerasan landasan pacu yaitu metode CBR, metode FAA, metode LCN, dan metode *Asphalt Institute*. Namun yang akan dijelaskan pada penelitian ini adalah metode FAA (*Federal Aviation Administration*). Metode FAA pada

dasarnya adalah pengembangan dari metode CBR dan telah banyak dipakai untuk perencanaan tebal perkerasan bandar udara di dunia.

Untuk dapat menentukan tebal perkerasan, beberapa variabel yang perlu diketahui antara lain :

- a. nilai CBR *subgrade* dan *subbase*
- b. berat *maximum take off weight* pesawat (MTOW)
- c. jumlah keberangkatan tahunan (*annual departure*)
- d. tipe roda pendaratan tiap pesawat.
- e. drainase bandar udara

B.2 Perkerasan Kaku

Perkerasan kaku (*rigid*) terdiri dari *slab-slab* beton digelar di atas granular atau *subbase course* yang telah distabilkan (dipadatkan), ditunjang oleh lapisan tanah asli dipadatkan yang disebut *subgrade* (Basuki, 2008). Perkerasan kaku biasanya dipilih pada ujung landasan, pertemuan ujung landasan, *taxiway*, *apron*, dan daerah lain yang dipakai untuk parkir pesawat atau daerah yang mendapat pengaruh panas *blast jet* dan limpahan minyak.

Langkah-langkah perencanaan perkerasan kaku metode FAA adalah sebagai berikut :

1. Menentukan modulus tanah dasar (K)
Kekuatan daya dukung tanah dasar pada struktur perkerasan kaku dinyatakan dengan modulus reaksi tanah dasar (k) melalui pengujian *plate bearing*. Menurut metode AASHTO T222-86 pengujiannya dilakukan pada daerah yang mewakili material pondasi yang akan menopang perkerasan (Basuki, 2008).

Jika nilai k pada perencanaan belum dapat diukur, maka dapat digunakan nilai k hasil korelasi dengan nilai CBR, akan tetapi nilai korelasi ini harus diuji kembali di lapangan. Menurut (Siswosubroto, 2006) dalam Sunu, nilai k dapat ditentukan berdasarkan nilai CBR apabila dalam keadaan terpaksa. Pendekatan nilai CBR dengan jenis tanah diberikan sesuai dengan tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi tanah berdasarkan CBR

CBR	General rating	Uses	Classification System	
			Unified	AASHTO
0-3	Very poor	Subgrade	OH, CH, MH, OL	A5, A6, A7
3-7	Poor to fair	Subgrade	OH, CH, MH, OL	A4, A5, A6, A7
7-20	Fair	Subbase	OL, CL, ML, SC, SM, SP	A2, A4, A6, A7
20-50	Good	Base, Subbase	GM, GC, SW, SM, SP, GL	A1b, A2-5, A3, A2-6
50	Excellent	Base, Subbase	GW, GM	A1a, A2-4, A3

Sumber : Braja M. Das, Mekanika Tanah jilid 1

Untuk menentukan modulus tanah dasar (k) digunakan tabel karakteristik tanah untuk perkerasan pondasi yang dikeluarkan oleh FAA.

2. Menentukan kekuatan lentur beton

Dalam perencanaan perkerasan kaku, kekuatan beton tidak hanya dinyatakan dalam kuat tekan (*compressive strength*) tapi dalam kuat tarik (*flexural strength*), yaitu kuat tarik lentur yang diperlukan untuk mengatasi tegangan yang diakibatkan oleh beban roda dari lalu lintas rencana (Sunu, 2008).

Pada dasarnya *flexural strength* berhubungan dengan umur beton. Tes ini dibuat pada umur beton 7, 14, 28 dan 90 hari. Namun hasil test 90 hari yang dipilih oleh FAA sebagai *flexural strength* (Basuki, 2008). Bila tidak mempunyai hasil test *flexural strength* umur 90 hari dianjurkan memakai $110\% \times$ hasil test beton umur 28 hari, sebagai umur perencanaan (Basuki, 2008).

Hubungan antara *flexural strength* dan *compressive strength* yang biasa digunakan dalam desain perkerasan sesuai dengan SNI 03-2847-2002 sebagai berikut:

$$MR = k\sqrt{fc'} \quad (1)$$

Dengan :

MR : Modulus of rupture (*Flexural strength*)

k : Konstanta (Menurut SNI untuk beton normal $k=0,7$)

fc' : Kuat tekan beton

- Menentukan MTOW tiap jenis pesawat yang dilayani
- Menentukan ramalan *annual departure* tiap jenis pesawat yang dilayani
- Menentukan tebal *slab* beton

C. METODOLOGI PENELITIAN

Pengumpulan data dilakukan dengan mengumpulkan data dari berbagai sumber yang ada mulai dari melakukan peninjauan langsung ke Bandara SSK II, data angkutan udara dari instansi setempat, dan website resmi dari lembaga yang bersangkutan. Jenis data yang diperlukan dalam penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

A. Data primer

Metode pengumpulan data primer dilakukan melakukan wawancara dengan pihak Waskita Karya selaku kontraktor perpanjangan *runway* 360 m di Bandara SSK II. Data yang diperlukan yaitu data CBR tanah dasar.

B. Data sekunder

Data sekunder diperoleh dengan mengumpulkan beberapa data terkait dengan perencanaan bandar udara seperti data pergerakan pesawat dan penumpang yang dilayani di Bandara SSK II. Data pergerakan pesawat yang digunakan yaitu pergerakan pesawat selama tahun 2013 untuk penerbangan berjadwal. pemilihan pada tahun tersebut karena alasan ketersediaan data pergerakan pesawat dalam 1 tahun. Selain itu juga tahun 2013 memiliki pergerakan pesawat terbesar antara tahun 2005-2015. Pergerakan

pesawat pada tahun 2013 akan diproyeksikan hingga tahun 2035.

Perencanaan tebal perkerasan terdiri dari perkerasan lentur (*flexible pavement*) dan perkerasan kaku (*rigid pavement*). Perkerasan lentur dipakai pada *runway* dan *taxiway*, sedangkan perkerasan kaku digunakan pada *apron*. Adapun metode perencanaan struktur perkerasan menggunakan metode FAA (*Federal Aviation Administration*) *Advisor Circular* No : 150/5320-6D.

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

D.1 Perkerasan Runway

Jenis perkerasan landasan pacu (*runway*) di Bandara SSK II adalah perkerasan lentur. Langkah perhitungan perkerasan *runway* metode FAA adalah sebagai berikut:

1. Menentukan jenis pesawat yang dilayani dan karakteristik masing-masing pesawat.

Dalam penentuan jenis pesawat yang dilayani, dilakukan dengan melihat jenis pesawat yang beroperasi di Bandara SSK II berdasarkan Data Angkutan Udara (DAU) pada tahun 2013. Pemilihan pergerakan pesawat ini dilakukan pada operasi penerbangan berjadwal. Adapun Jenis dan

karakteristik pesawat yang beroperasi dapat dilihat pada tabel 2.

2. Menentukan rata-rata pertumbuhan pesawat dan proyeksi pergerakan pesawat tahunan.

Pergerakan pesawat dilakukan dengan menghitung jumlah pergerakan pesawat selama tahun 2013 untuk penerbangan berjadwal. Rangkuman pergerakan pesawat baik penerbangan domestik maupun internasional dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Pergerakan pesawat tahun 2013

No	Jenis Pesawat	Pergerakan pesawat
1	A 320	6.509
2	A 319	310
3	B737 - 900 ER	6.401
4	B737 - 800 NG	4.858
5	B737-500	337
6	B737 - 400	814
7	B737-300	1.177
8	B737-200	239
9	CRJ 1000	1.335
10	ATR 72-500	1.880
11	F50	1.272

Sumber : Data Angkutan Udara Bandara SSK II

Tabel 2. Jenis pesawat dan karakteristik

No	Aeroplane Types	REF CODE	Characteristic					
			ARFL (m)	Wings (m)	OMGWS (m)	Length (m)	MTOW (kg)	MTOW (lbs)
1	A 320 - 200	4C	2058	34,1	8,7	37,6	77.000	169.755,94
2	A 319	4C	2058	34,1	8,7	33,8	75.500	166.449,01
3	B 737 - 900 ER	4C	2249	34,3	5,72	40,67	85.139	187.699,37
4	B 737 - 800 NG	4C	2256	34,3	6,4	36,5	70.535	155.503,06
5	B 737 - 500	4C	2470	28,9	6,4	31,0	60.550	133.489,90
6	B 737 - 400	4C	2499	28,9	6,4	36,5	63.083	139.074,21
7	B 737 300	4C	2749	28,9	6,4	30,5	61.230	134.989,04
8	B 737 - 200	4C	2295	28,4	6,4	30,6	52.390	115.500,18
9	CRJ 1000	3B	1720	26,2	4,0	39,1	40.824	90.001,51
10	ATR 72-500	3C	1355	27,0	4,1	27,2	22.800	50.265,40
11	F 50	3C	1760	29,0	8,0	25,2	20.820	45.900,24

Sumber : CASA dan Annex 14

Penentuan angka pertumbuhan (i) pergerakan pesawat dimulai dari tahun 2009-2013. Hal ini terkait dengan pembangunan *new terminal building* di Bandara SSK II yang dimulai tahun 2013. Rata-rata angka pertumbuhan Bandara SSK II (2009-2013) adalah 8,81 %. Angka ini yang selanjutnya digunakan untuk proyeksi pergerakan pesawat tahunan seperti yang diberikan pada tabel 5.

Adapun persamaan yang digunakan untuk menentukan pergerakan pesawat tahunan diberikan pada persamaan 2.

$$R_n = R_o (1+i)^n \quad (2)$$

Tabel 5. Proyeksi pergerakan pesawat tahunan

No	Jenis Pesawat	Pergerakan pesawat	Rn
1	A 320	6.509	35.164
2	A 319	310	1.675
3	B737 - 900 ER	6.401	34.580
4	B737 - 800 NG	4.858	26.244
5	B737-500	337	1.821
6	B737 - 400	814	4.397
7	B737-300	1.177	6.358
8	B737-200	239	1.291
9	CRJ 1000	1.335	7.212
10	ATR 72-500	1.880	10.156
11	F50	1.272	6.872

3. Penentuan nilai CBR

Berdasarkan data lapangan dari hasil wawancara dengan pihak Waskita Karya tahun 2015, data nilai CBR adalah sebagai berikut :

1. Nilai CBR *Subbase* : 18%
2. Nilai CBR *Subgrade* : 6%

4. Menentukan masing-masing tipe roda pendaratan pesawat.

Tipe roda pendaratan utama sangatlah menentukan dalam perhitungan tebal perkerasan karena penyaluran beban pesawat melalui diberikan melalui roda ke perkerasan. Masing-masing roda pendaratan pesawat campuran akan

dikonversi ke roda pendaratan pesawat rencana. Saat ini pesawat yang beroperasi rata-rata memiliki tipe roda pendaratan yang sama yaitu *dual wheel*, sehingga konversi roda pendaratan yaitu 1,0.

5. Menentukan R2

R2 merupakan jumlah keberangkatan tahunan (*annual departure*) pesawat campuran dimana diperoleh dengan cara mengalikan proyeksi pergerakan pesawat tahunan dengan faktor konversi roda pendaratan.

$$R2 = \text{Pergerakan pesawat tahunan} \times \text{faktor konversi roda pendaratan} \quad (3)$$

Hasil perhitungan pada persamaan tersebut disajikan dalam bentuk tabel 6.

Tabel 6. *Annual departure* pesawat campuran

No	Aeroplane Types	Pergerakan pesawat tahunan	Faktor konversi roda pendaratan	R2
1	A 320 - 200	35.164	1	35.164
2	A 319	1.675	1	1.675
3	B 737 - 900 ER	34.580	1	34.580
4	B 737 - 800 NG	26.244	1	26.244
5	B 737 - 500	1.821	1	1.821
6	B 737 - 400	4.397	1	4.397
7	B 737 300	6.358	1	6.358
8	B 737 - 200	1.291	1	1.291
9	CRJ 1000	7.212	1	7.212
10	ATR 72-500	10.156	1	10.156
11	F 50	6.872	1	6.872

6. Menghitung beban roda pesawat campuran (W2).

W2 merupakan beban roda pesawat campuran dimana dihitung dengan menggunakan persamaan 4.

$$W2 = 0,95 \times MTOW \times 1/M \times 1/N \quad (4)$$

Persamaan tersebut disajikan dalam bentuk tabel 7.

Tabel 7. Beban roda pesawat campuran

No	Aeroplane Types	MTOW (lbs)	Roda pendaratan		W2 (lbs)
			M	N	
1	A 320 - 200	169.755,94	2	2	40.317,04
2	A 319	166.449,01	2	2	39.531,64
3	B 737 - 900 ER	187.699,37	2	2	44.578,60
4	B 737 - 800 NG	155.503,06	2	2	36.931,98
5	B 737 - 500	133.489,90	2	2	31.703,85
6	B 737 - 400	139.074,21	2	2	33.030,12
7	B 737 300	134.989,04	2	2	32.059,90
8	B 737 - 200	115.500,18	2	2	27.431,29
9	CRJ 1000	90.001,51	2	2	21.375,36
10	ATR 72-500	50.265,40	2	2	11.938,03
11	F 50	45.900,24	2	2	10.901,31

7. Menghitung R1

R1 merupakan *Equivalent Annual Departure* (EAD) atau keberangkatan tahunan ekuivalen oleh pesawat rencana dimana dihitung dengan menggunakan persamaan 5.

$$\text{Log R1} = \text{Log R2} \left(\frac{W_2}{W_1} \right)^{0,5} \quad (5)$$

Dari persamaan (5) kemudian ditentukan EAD dengan masing-masing pesawat rencana. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan didapat pesawat B 737-900 ER sebagai pesawat rencana dengan 71.797,62 pergerakan.

8. Menghitung tebal perkerasan total

Dalam penentuan tebal perkerasan metode FAA, dilakukan menggunakan grafik sesuai dengan tipe roda pendaratan pesawat rencana yaitu *dual wheel gear*.

Tebal perkerasan total dihitung dengan memplotkan data CBR *subgrade* (data penyelidikan tanah), MTOW (*Maximum Take Off Weight*) pesawat rencana, dan nilai *Equivalent Annual Departure* ke grafik sesuai dengan pesawat rencana. Dari grafik (lampiran 1) didapat tebal perkerasan total adalah 40 inci.

Annual departure > 25.000 (71.797) maka tebal perkerasan total harus dikalikan dengan hasil interpolasi sesuai tabel 8.

Tabel 8. *Annual departure* > 25000

<i>Annual Departure</i>	<i>Percent of 25000 Departure Thickness</i>
50.000	104
100.000	108
150.000	110
200.000	112

Berdasarkan interpolasi dengan *annual departure* 71.797,62 didapat *departure thickness* sebesar 1,057%. Sehingga total tebal perkerasan adalah :
40 inci x 1,057 = 42,280 inci.

9. Menghitung tebal perkerasan *subbase*

Dengan nilai CBR *subbase* yang telah diketahui, MTOW, dan *Equivalent Departure* maka dari grafik yang sama dan memplotkan nilai-nilai tersebut didapat harga yang merupakan tebal lapis *subbase*.

Tebal *subbase* sama dengan tebal perkerasan total dikurangi tebal lapisan *subbase* berdasarkan nilai plot grafik tersebut. Dari hasil plot grafik didapat 20 inci.

Tebal *subbase* = 42,280 inci – 20 inci = 22,280 inci

10. Menghitung tebal perkerasan permukaan (*surface course*)

Untuk daerah kritis adalah 4 inci = 10,16 cm sedangkan untuk non kritis adalah 3 inci = 7,62 cm.

11. Menghitung tebal perkerasan *base course*

Tebal *base course* sama dengan lapisan di atas *subbase* atau tebal lapisan hasil plot grafik *subbase* dikurangi tebal permukaan (*surface*).

Tebal *base course* = 20 inci – 4 inci = 16 inci.

12. Menghitung ketebalan daerah non kritis

Ketebalan daerah non kritis masing-masing lapisan didapat dengan mengalikan dengan faktor pengali 0,9 T untuk tebal *base* dan *subbase*. Untuk faktor pengali 0,7 T hanya berlaku pada *base course* karena dilalui oleh drainase melintang landasan. Tebal perkerasan tiap landasan dapat dilihat pada tabel 9.

13. Stabilisasi landasan

Material *subbase* dan *base course* dalam pelaksanaannya di lapangan diadakan stabilisasi untuk mendapatkan lapisan yang lebih baik. Stabilisasi landasan tersebut terdiri dari :

1. Faktor *equivalent* untuk *base course* diambil bahan P-201 *Bituminous Base Course* yaitu 1,2 maka tebal *base course*

yang distabilisasikan yaitu $\frac{16}{1,2} = 13,33$ inci

2. Faktor *equivalent* untuk *subbase course* diambil bahan P-209 *Crushed Agregate Base Course* yaitu 1,4 maka tebal *subbase* yang distabilisasikan yaitu $\frac{22,280}{1,4} = 15,91$ inci ≈ 16 inci.

Jadi tebal perkerasan dengan *subbase* dan *base course* yang telah distabilisasi adalah :

Total = 4 + 10 + 15,91 = 29,91 inci
= 75,97 cm = 76 cm

Tebal masing – masing perkerasan setelah stabilisasi diberikan pada tabel 10.

Tabel 9. Tebal perkerasan tiap landasan

Lapisan	Kritis (T)		Non Kritis (0,9 T)		Pinggir (0,7 T)	
	Inci	cm	Inci	cm	Inci	cm
<i>Surface</i>	4	10	3	8	2,80	7
<i>Base Course</i>	16	41	14	37	11,20	28
<i>Subbase Course</i>	22	56	20	50	15,40	39

Tabel 10. Perbandingan tebal perkerasan setelah stabilisasi

Lapisan perkerasan	Perbandingan				Deviasi (%)
	Eksisting		Perhitungan		
	inci	cm	inci	cm	
Lapisan permukaan (<i>Surface</i>)	4	10,16	4	10,16	0
Lapis Pondasi Atas (<i>Base</i>)	8,5	21,59	10	25,40	15
Lapis Pondasi Bawah (<i>Subbase</i>)	15,75	40,00	15,91	40,41	0
Total	27,5	69,85	29,91	75,97	15

D.2 Perkerasan Taxiway

Pada *taxiway* juga direncanakan menggunakan perkerasan lentur dengan metode FAA. Perencanaan *taxiway* menggunakan data dan tahapan perencanaan yang sama, namun dianggap untuk perencanaan dipakai daerah non kritis. Langkah-langkah perencanaan perkerasan *taxiway* adalah :

1. Menghitung tebal perkerasan permukaan (*surface course*)

Dari kurva perencanaan perkerasan *flexible* diperoleh ketebalan perkerasan di daerah nonkritis = 3 inch = 7,62 cm $\approx$ 8 cm.

2. Menghitung tebal *base course*

Untuk tebal *base coarse*, digunakan tebal = 0,9 kali tebal *base coarse* kondisi kritis, sehingga tebal *base coarse* :
 $0,9 \times 25,4 \text{ cm} = 22,86 \text{ cm} \approx 23 \text{ cm}.$

3. Menghitung tebal *subbase course*

Tebal *subbase coarse* digunakan tebal = 0,9 kali tebal *subbase coarse* kondisi kritis, sehingga tebal *subbase coarse* :
 $0,9 \times 40,41 \text{ cm} = 36,37 \text{ cm} \approx 36 \text{ cm}.$

D.3 Perkerasan Apron

Jenis perkerasan yang dipergunakan dalam perencanaan *apron* adalah perkerasan kaku/*rigid pavement*. Langkah-langkah perencanaan perkerasan kaku metode FAA adalah sebagai berikut :

1. Menentukan modulus tanah dasar

Nilai modulus tanah dasar diperoleh dengan pendekatan nilai CBR. Berdasarkan pendekatan ini dengan menggunakan tabel karakteristik tanah untuk perkerasan pondasi yang dikeluarkan oleh FAA diambil modulus tanah dasar (k) adalah 100 pci (lampiran 2).

2. Menentukan kekuatan lentur beton (*flexural strength concrete*)

Nilai *flexural strength* didapatkan berdasarkan hubungan antara *flexural strength* dan *compressive strength* yang biasa digunakan dalam desain perkerasan, sesuai dengan persamaan 1. Kuat tekan beton yang dipakai pada perencanaan beton

adalah K 400 artinya kuat tekan karakteristik yang dihasilkan adalah 400 kg/cm². Nilai kuat tekan ini merupakan umur 28 hari sedangkan FAA menyarankan nilai hasil test 90 hari yang dijadikan sebagai patokan. Menurut (Basuki, 2008) apabila kita tidak memiliki hasil test *flexural strength* umur 90 hari dianjurkan memakai 110% x hasil test beton 28 hari untuk menentukan tebal rencana perkerasan *rigid*.

$$MR = k\sqrt{fc'}$$

$$MR = 0,7\sqrt{1,1 \times 33,2}$$

$$MR = 4,23 \text{ Mpa}$$

Jadi diperoleh *flexural strength* adalah 4,23 Mpa = 613,54 psi.

3. Menentukan MTOW tiap jenis pesawat yang dilayani

Jenis pesawat yang digunakan sama halnya dengan perkerasan *runway* dimana digunakan pesawat berjadwal. Berdasarkan pesawat yang beroperasi ditentukan pesawat B 737-900ER sebagai pesawat rencana karena memiliki MTOW terbesar yaitu 187.699,365 lbs.

4. Menentukan ramalan *annual departure* tiap jenis pesawat yang dilayani

Perhitungan *annual departure* sama halnya dengan EAD pada *runway* yaitu sebanyak 71.797,62 pergerakan.

5. Menentukan tebal *slab* beton (*concrete slab*)

Tebal lapisan beton diperoleh dengan memplotkan *concrete flexural strength* 613,54 psi dan ditarik secara horizontal hingga bertemu nilai K=100 pci kemudian ditarik secara vertikal ke atas hingga bertemu nilai MTOW pesawat rencana lalu ditarik lagi secara horizontal dengan *annual departure* 71.797,62 (Lampiran 3).

Berdasarkan kurva 4.20 tebal *slab* beton adalah 20 inci. Sehingga tebal *slab* beton rencana adalah :

$$H = 20 \text{ inci} \times 1,057 = 21,14 \text{ inci}$$

$$H = 53,69 = 54 \text{ cm}$$

6. Menentukan penulangan perkerasan kaku

Adapun jenis perkerasan kaku yang digunakan adalah perkerasan beton semen bertulang dengan sambungan (*jointed reinforced concrete pavement*). Dalam perencanaan penulangan perkerasan kaku di Bandara SSK II, digunakan *wiremesh* berdiameter 6 mm, ukuran 2,1x5,4 m dengan spasi 15x15 cm.

Sebagai penyambung antar *slab* beton dibutuhkan tulangan sambungan melintang atau *dowel* yang letaknya ditengah tebal pelat dan sejajar dengan sumbu jalan. Berdasarkan FAA, kriteria perencanaan *dowel* ditentukan berdasarkan tebal *slab* beton rencana sesuai dengan tabel 4.29.

Berdasarkan tabel 11 dengan tebal *slab* beton 54 cm (540 mm) dibutuhkan *dowel* dengan spesifikasi sebagai berikut :

Diameter : 50 mm
Panjang : 610 mm
Spasi : 460 mm

Tabel 11. Dimensi dan spasi tulangan *dowel*

Thickness of Slab	Diameter	Length	Spacing
6-7 in (150-180 mm)	¾ in (20 mm)	18 in (460 mm)	12 in (305 mm)
8-12 in (210-305 mm)	1 in (25 mm)	19 in (480 mm)	12 in (305 mm)
13-16 in (330-405 mm)	1¼ in (30 mm)	20 in (510 mm)	15 in (380 mm)
17-20 in (430-510 mm)	1½ in (40 mm)	20 in (510 mm)	18 in (460 mm)
21-24 in (535-610 mm)	2 in (50 mm)	24 in (610 mm)	18 in (460 mm)

Selain itu, untuk sambungan melintang digunakan *tie bar*. *Tie bar* merupakan potongan baja yang diprofilkan yang dipasang pada sambungan lidah alur dengan maksud mengikat pelat agar tidak bergerak secara horizontal.

Tie bar yang dipakai harus cukup panjang sehingga pada kedua ujung tulangan yang berada pada *slab* beton, bisa timbul tegangan tarik yang diizinkan. Sebagai keamanan panjang *tie bar* ditambah 3 inci untuk menjaga bila *tie bar* tidak lurus dalam pemasangannya (Basuki, 2008). Panjang *tie bar* dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$Lt = \frac{1}{2} \left(\frac{fs \cdot d}{m} \right) + 3 \quad (6)$$

Dengan :

Lt : Panjang *tie bar*

fs : Tegangan tarik besi yang diizinkan (kg/cm²), digunakan U22 (fs = 1800 kg/cm²)

d : Diameter *tie bar*, digunakan d=22 mm

μ : Tegangan pengikatan yang diizinkan, dipakai 350 psi (24,13 kg/cm²)

$$Lt = \frac{1}{2} \left(\frac{1800 \times 2,2}{24,13} \right) + 3$$

$$Lt = 85,05 \text{ cm} \approx 85 \text{ cm}$$

Luas penampang lintang *tie bar* yang dibutuhkan setiap 1 m panjang *joint* didapat dengan persamaan (7) :

$$As = \frac{Wfl}{fs} \quad (7)$$

Dengan :

As : Luas penampang lintang yang dibutuhkan setiap meter panjang *joint*

W : Berat *slab* beton per m²

f : Koefisien rata-rata ketahanan *subgrade* (diambil 1,5)

l : jarak dari *joint* ke tepi bebas, atau *joint* yang tidak terikat

fs : Tegangan tarik tulangan yang diizinkan

Adapun berat *slab* beton didapat dari pembagian berat jenis beton bertulang

sebesar 2400 kg/m³ dengan volume pekerjaan per segmen beton (6x6) m².

$$g = \frac{W}{V}$$

$$2400 \text{ kg/m}^3 = \frac{W}{19,08 \text{ m}^3}$$

$$W = 45.792 \text{ kg/m}^2$$

Luas penampang lintang yang dibutuhkan adalah :

$$A_s = \frac{Wfl}{f_s}$$

$$A_s = \frac{45792 \text{ kg/m}^2 \times 1,5 \times 0,425 \text{ m}}{1800 \text{ kg/cm}^2}$$

$$A_s = 16,218 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Direncanakan tulangan dengan diameter 22 mm

$$A_{tul} = \left[\frac{1}{4} \pi d^2 \right]$$

$$A_{tul} = \left[\frac{1}{4} \pi 22^2 \right] = 380,13 \text{ mm}^2 = 3,80 \text{ cm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} = \frac{16,218 \text{ cm}^2 / \text{m}}{3,80 \text{ cm}^2}$$

$$= 4,26 \approx 5 \text{ buah/m}$$

$$\text{Jarak tulangan (spasi)} = \frac{6}{5} = 1,2 \text{ m}$$

Tabel 12. Perbandingan hasil perhitungan perkerasan *apron*

No	Perbandingan	Hasil	
		Eksisting	Analisis
1	Jenis perkerasan	Beton bersambung dengan tulangan	Beton bersambung dengan tulangan
2	Mutu beton	K400	K400
3	Kuat lentur beton	4,57 Mpa	4,23 Mpa
4	Tebal <i>Subbase course</i>	45 cm	30 cm
5	Tebal CTB	30 cm	20 cm
6	Tebal <i>concrete slab</i>	42 cm	54 cm
7	<i>Dowel</i>	Ø32x600-400	Ø50x610-460
8	<i>Tiebar</i>	Ø22x800-300	Ø22x850-1200

Tabel 13. Rangkuman perbandingan tebal pekerasan *landing movement*

No	Lapisan perkerasan	Hasil			
		Eksisting		Analisis	
		inci	cm	inci	cm
1	Landasan pacu (<i>Runway</i>)				
	Lapisan permukaan (<i>Surface</i>)	4	10	4	10
	Lapis Pondasi Atas (<i>Base</i>)	9	22	10	25
	Lapis Pondasi Bawah (<i>Subbase</i>)	15	38	16	40
2	Landasan hubung (<i>Taxiway</i>)				
	Lapisan permukaan (<i>Surface</i>)	3	8	3	8
	Lapis Pondasi Atas (<i>Base</i>)	9	23	9	23
	Lapis Pondasi Bawah (<i>Subbase</i>)	14	37	14	37

Tabel 13. Lanjutan

No	Lapisan perkerasan	Hasil			
		Eksisting		Analisis	
		inci	cm	inci	cm
3	Landasan parkir (<i>Apron</i>)				
	<i>Concrete slab</i>	17	42	21	54
	CTB	12	30	8	20
	<i>Subbase course</i>	18	45	12	30
	Mutu beton	K400		K400	
	Kuat lentur beton	4,57 Mpa		4,23 Mpa	
	<i>Dowel</i>	Ø32x600-400		Ø50x610-460	
	<i>Tie bar</i>	Ø22x800-300		Ø22x850-1200	

D.4 Pembahasan

Dari hasil perhitungan seperti yang tercantum dalam tabel 12 dan tabel 13, terdapat perbedaan antara perencanaan eksisting dan analisis. Berikut diuraikan penyebab adanya perbedaan untuk masing-masing landasan.

1. Landasan Pacu (*Runway*)

Beberapa hal yang menyebabkan perbedaan hasil perhitungan antara lain :

- Penentuan tahun untuk data pergerakan pesawat yang digunakan.
- Penentuan besarnya angka pertumbuhan pesawat dan proyeksi pergerakan pesawat tahunan.
- Perbedaan dalam cara menarik grafik CBR untuk penentuan masing-masing tebal perkerasan.
- Pemilihan jenis material yang distabilisasi.

2. Landasan Hubung (*Taxiway*)

Apabila terdapat perbedaan hasil perhitungan pada *runway*, maka pada perencanaan *taxiway* juga terjadi perbedaan karena tebal perkerasan *taxiway* yang direncanakan merupakan 0,9 dari *runway*.

3. Landasan Parkir (*Apron*)

Beberapa faktor penyebab terdapatnya perbedaan pada perencanaan perkerasan *apron* yaitu :

- Modulus tanah dasar

Pada penelitian ini, nilai modulus tanah dasar didapatkan berdasarkan pendekatan nilai CBR dengan menggunakan tabel yang dikeluarkan oleh FAA. Pada kondisi sebenarnya mungkin saja didapat dengan melakukan langsung pengujian *plate bearing* di lapangan. Adapun alasan penentuan nilai modulus dengan menggunakan pendekatan CBR karena keterbatasan data yang dimiliki serta tidak dimungkinkannya pengujian di lapangan.

b. Kekuatan lentur beton (*Flexural strength*)

Penentuan kuat lentur beton dilakukan menggunakan pendekatan nilai kuat tekan beton. Pada hasil di lapangan penentuan dilakukan dengan melakukan pengujian kuat lentur beton normal dengan dua titik pembebanan sehingga hasil yang diperoleh berbeda.

c. Menentukan ramalan *annual departure* tiap pesawat

Dalam penentuan ramalan *annual departure* pesawat, digunakan data tahun 2013, mungkin saja dalam perencanaannya memakai data yang berbeda.

d. Perhitungan tebal perkerasan

Dalam perhitungan tebal perkerasan total lapisan beton menggunakan grafik

yang dikeluarkan FAA. Tebal perkerasan yang diperoleh pada dasarnya bersifat *relative*, artinya bisa memungkinkan perbedaan dalam penentuan menarik garis hingga didapat tebal *concrete slab* sesungguhnya.

- e. Perencanaan *dowel* dan *tie bar*
Perbedaan dimensi dan spasi *dowel* dan *tie bar* yang digunakan pada dasarnya bergantung pada tebal perkerasan yang diperoleh. Semakin tebal perkerasan, maka semakin besar dimensi *dowel* yang dipakai.

E. KESIMPULAN DAN SARAN

E.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan hasil penelitian yang berjudul analisis perencanaan struktur perkerasan *runway*, *taxiway*, dan *apron* Bandara SSK II menggunakan metode FAA, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Adapun hasil analisis perhitungan tebal perkerasan *runway* adalah sebagai berikut :
 1. *Subbase* : 40 cm
 2. *Base* : 25 cm
 3. *Surface* : 10 cm
- b. Hasil analisis tebal perkerasan *taxiway* adalah sebagai berikut :
 1. *Subbase* : 37 cm
 2. *Base* : 23 cm
 3. *Surface* : 8 cm
- c. Hasil analisis tebal perkerasan *apron* adalah sebagai berikut :
 1. *Subbase* : 30 cm
 2. CTB : 20 cm
 3. *Concrete slab* : 54 cm

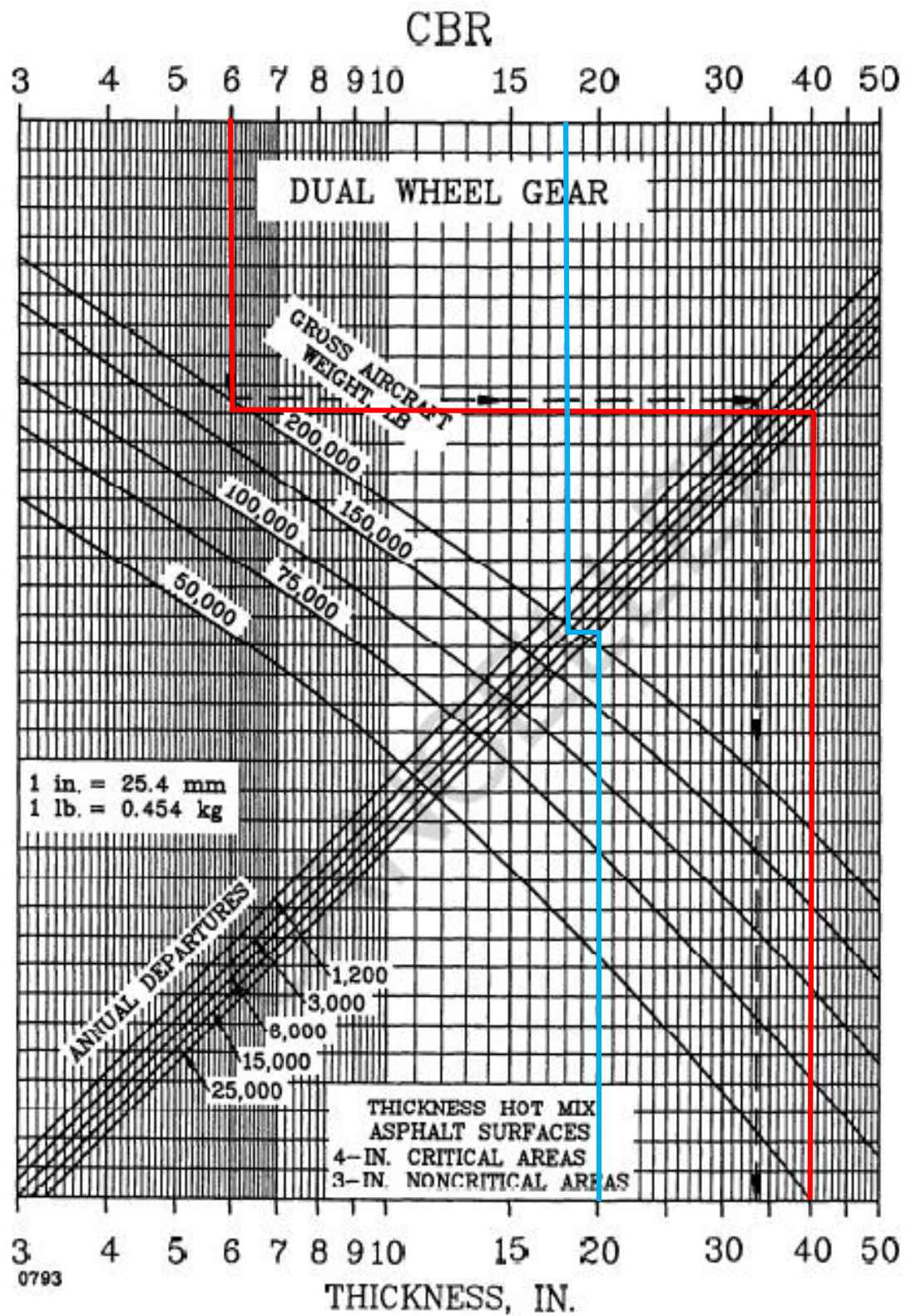
E.2 Saran

- a. Perlu adanya penambahan dan variasi jumlah pesawat yang digunakan dalam perencanaan perkerasan sehingga menghasilkan data perencanaan yang lebih baik.
- b. Perlu adanya data yang mendetail terhadap kekuatan tanah dasar (k) dan

kekuatan lentur beton agar tebal perkerasan *apron* yang dihasilkan lebih akurat.

F. DAFTAR PUSTAKA

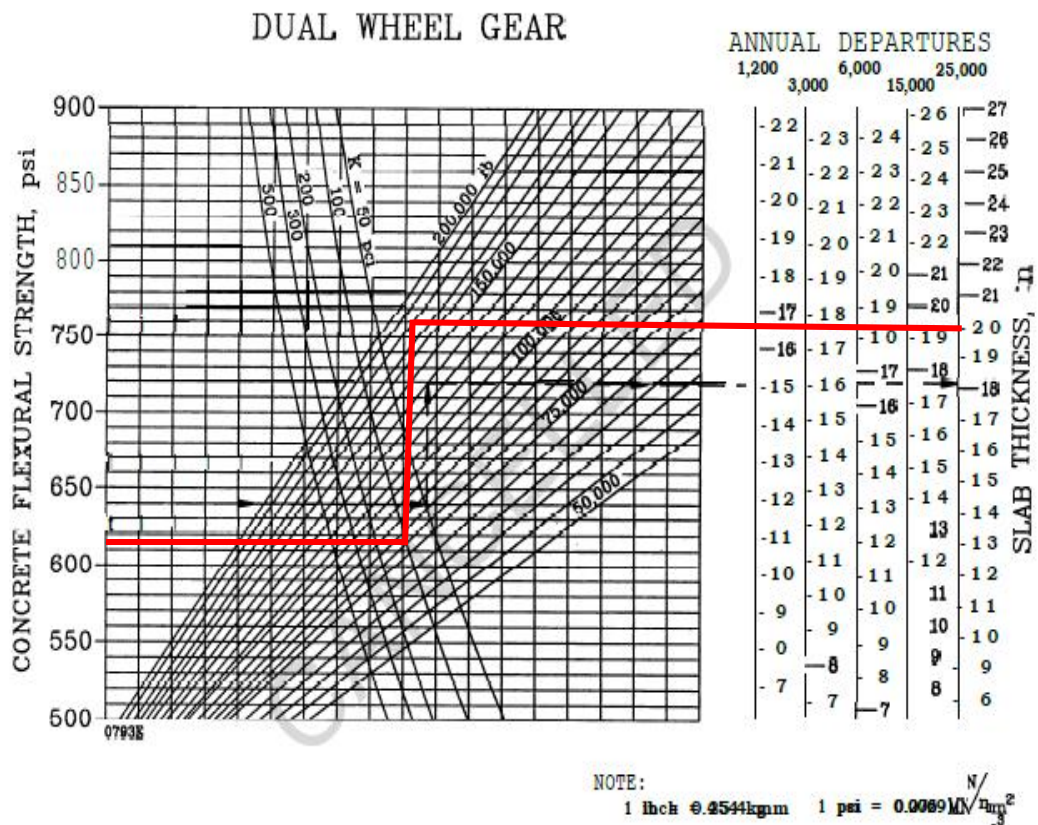
- Annex 14. (2013). *Aerodrome Design and Operations volume 1*. International Civil Aviation Organization.
- Basuki, Heru. (2008). *Merancang dan Merencana Lapangan Terbang*. Alumni.
- FAA AC 150/5320-6d. (1995). *Airport Pavement Design and Evaluation*. US Department of Transportation.
- Kementrian Perhubungan. (2013). *Informasi Geo-spasial Transportasi Informasi 25 Bandar Udara Utama*. Transportasi Udara.
- Peraturan Menteri Perhubungan/KM 3 Tahun 2008. *Rencana Induk Bandar Udara Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru Provinsi Riau*. Menteri Perhubungan.
- Permenhub 69 Tahun 2013. *Tatanan Kebandarudaraan Nasional*. Menteri Perhubungan.
- PT Angkasa Pura II (persero). (2015). *Rekapitulasi Angkutan Udara Bandara SSK II Pekanbaru*. Pekanbaru : Angkasa Pura II.
- Sunu, Hanindita Diajeng dan Jenary Bayu Tetha. *Perencanaan runway, taxiway, dan apron BIJB*. Digilib Polban. available at: <http://digilib.polban.ac.id/files/disk1/101/jbptppolban-gdl-widyahanda-5008-3-bab2--9.pdf> > [Accessed 15 Mei 2016].
- Utama, Dwinanta. (2013). *Analisis struktur Perkerasan Runway, Taxiway, dan Apron Bandar Udara DR.F.L. Tobing Menggunakan Metode United States of American Practice*. Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Industri dan Sistem Transportasi BPP Teknologi.



Lampiran 1. Kurva perencanaan perkerasan lentur, *dual wheel*

Major Divisions (1)	Letter (2)	Name (3)	Value as Foundation When Not Subject to Frost Action (5)	Value as Base Directly under Wearing Surface (6)	Potential Frost Action (7)	Compressi- bility and Expansion (8)	Drainage Characteristics (9)	Compaction Equipment (10)	Unit Dry Weight (pcf) (11)	Field CBR (12)	Subgrade Modulus k (pci) (13)
Coarse-grained soils	Gravel and gravelly soils	GW Gravel or sandy gravel, well graded	Excellent	Good	None to very slight	Almost none	Excellent	Crawler-type tractor, rubber-tired equipment, steel-wheeled roller	125-140	80-80	300 or more
		GP Gravel or sandy gravel, poorly graded	Good to excellent	Poor to fair	None to very slight	Almost none	Excellent	Crawler-type tractor, rubber-tired equipment, steel-wheeled roller	120-130	35-60	300 or more
		GU Gravel or sandy gravel, uniformly graded	Good	Poor	None to very slight	Almost none	Excellent	Crawler-type tractor, rubber-tired equipment	115-125	25-50	300 or more
		GM Silty gravel or silty sandy gravel	Good to excellent	Fair to good	Slight to medium	Very slight	Fair to poor	Rubber-tired equipment, sheepsfoot roller, close control of moisture	130-145	40-80	350 or more
	Sand and sandy soils	GC Clayey gravel or clayey sandy gravel	Good	Poor	Slight to medium	Slight	Poor to practi- cally impervious	Rubber-tired equipment, sheepsfoot roller	120-140	20-40	200-300
		SW Sand or gravelly sand, well graded	Good	Poor	None to very slight	Almost none	Excellent	Crawler-type tractor, rubber-tired equipment	110-130	20-40	200-300
		SP Sand or gravelly sand, poorly graded	Fair to good	Poor to not suitable	None to very slight	Almost none	Excellent	Crawler-type tractor, rubber-tired equipment	105-120	15-25	200-300
		SM Sand or gravelly sand, uniformly graded	Fair to good	Not suitable	None to very slight	Almost none	Excellent	Crawler-type tractor, rubber-tired equipment	100-115	10-20	200-300
		SM Silty sand or silty gravelly sand	Good	Poor	Slight to high	Very slight	Fair to poor	Rubber-tired equipment, sheepsfoot roller, close control of moisture	120-135	20-40	200-300
		SC Clayey sand or clayey gravelly sand	Fair to good	Not suitable	Slight to high	Slight to medium	Poor to practi- cally impervious	Rubber-tired equipment, sheepsfoot roller	105-130	10-20	200-300
Fine-grained soils	Low compressi- bility LL < 60	ML Silts, sandy silts, gravelly silts, or diatomaceous soils	Fair to good	Not suitable	Medium to very high	Slight to medium	Fair to poor	Rubber-tired equipment, sheepsfoot roller, close control of moisture	100-125	5-15	100-200
		CL Lean clays, sandy clays, or gravelly clays	Fair to good	Not suitable	Medium to high	Medium	Practically impervious	Rubber-tired equipment, sheepsfoot roller	110-125	6-16	100-200
		OL Organic silts or lean organic clays	Poor	Not suitable	Medium to high	Medium to high	Poor	Rubber-tired equipment, sheepsfoot roller	90-105	4-8	100-200
	High compressi- bility LL > 60	MH Mucous clays or diatomaceous soils	Poor	Not suitable	Medium to very high	High	Fair to poor	Rubber-tired equipment, sheepsfoot roller	80-100	4-6	100-200
		CH Fat clays	Poor to very poor	Not suitable	Medium	High	Practically impervious	Rubber-tired equipment, sheepsfoot roller	80-110	3-6	50-100
		OH Fat organic clays	Poor to very poor	Not suitable	Medium	High	Practically impervious	Rubber-tired equipment, sheepsfoot roller	80-105	3-6	50-100
Peat and other fibrous organic soils	Pe	Peat, humus and other	Not suitable	Not suitable	Slight	Very high	Fair to poor	Compaction not practical			

Lampiran 2. Tabel karakteristik tanah untuk perkerasan pondasi



Lampiran 3. Kurva perencanaan perkerasan kaku