

TUGAS AKHIR

**PERENCANAAN TEBAL LAPIS PERKERASAN
RUNWAY, TAXIWAY DAN APRON PADA
YOGYAKARTA INTERNATIONAL AIRPORT
(PAVEMENT DESIGN OF RUNWAY, TAXIWAY AND
APRON OF AT
YOGYAKARTA INTERNATIONAL AIRPORT)**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



**Muh. Fajar Bimantoro
14511088**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2021**

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN TEBAL LAPIS PERKERASAN RUNWAY, TAXIWAY DAN APRON PADA YOGYAKARTA INTERNATIONAL AIRPORT (PAVEMENT DESIGN OF RUNWAY, TAXIWAY AND APRON OF AT YOGYAKARTA INTERNATIONAL AIRPORT)

Disusun oleh

Muh. Fajar Bimantoro
14511088

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

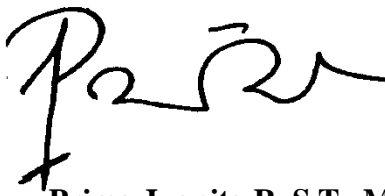
Diuji pada tanggal 22 April 2021

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing I

Penguji I

Penguji II



Prima Juanita R, S.T., M.Sc. Berlian Kushari, S.T., M.Eng. Rizki Budi Utomo, S.T., M.T.
NIK: 135111103 NIK: 015110101 NIK: 045110406

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil




Sri Amini Yuni Astuti, Dr. Ir., M.T.
NIK: 885110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa lapotan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku

Yogyakarta, 30 Agustus 2021

Yang membuat pernyataan,



MUH. FAJAR BIMANTORO

(14511088)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *Perencanaan Tebal Lapis Perkerasan Runway, Taxiway, dan Apron Yogyakarta International Airport*. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

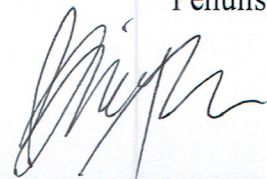
Dalam Penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, Alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Ibu Prima Juanita Romadhona, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing yang selalu memberi ilmu dan nasihat.
2. Bapak Berlian Kushari, S.T., M.Eng. dan Bapak Rizki Budi Utomo, S.T., M.T. selaku dosen penguji Tugas Akhir.
3. Bapak Corry Ya'cub, Ir., M.T. selaku dosen penguji sidang Tugas Akhir.
4. Ibu Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
5. Keluarga penulis yang telah mendoakan dan berkorban baik secara materil maupun spiritual hingga selesainya Tugas Akhir ini, terutama Bapak dan Ibu.
6. Keluarga besar jurusan Teknik Sipil di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Yogyakarta.
7. Seluruh staff dan karyawan Jurusan Teknik Sipil yang membantu kelancaran administrasi.

Akhirnya penulis berharap agar laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi yang membacanya.

Yogyakarta, 30 Agustus 2021

Penulis,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Muh. Fajar Bimantoro', written in a cursive style.

Muh. Fajar Bimantoro

14511088

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
ABSTRAK	ix
<i>ABSTRACT</i>	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Analisis Tebal Lapis Perkerasan Menggunakan Metode FAA 150/5320-6E atau Software FAARFIELD	5
2.2 Analisis Tebal Perkerasan Berdasarkan Metode ICAO	7
2.3 Perbandingan Penelitian	9
BAB III LANDASAN TEORI	16
3.1 Desain Tebal Lapis Perkerasan Berdasarkan ICAO United States of America Practice	16
3.2 PENGGUNAAN SOFTWARE FAARFIELD	22
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	32
4.1 Jenis Penelitian	32
4.2 Perhitungan Struktur	32
4.3 Pengumpulan Data	32

4.4 Alat	33
4.5 Analisis Data	33
4.6 Bagan Alir Penelitian	33
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	35
5.1 Data Penelitian	35
5.2 Perhitungan Struktur	36
5.3 Pembahasan	96
5.4 Gambar Hasil Perhitungan Tebal Lapis Perkerasan	101
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	105
6.1 Kesimpulan	105
6.2 Saran	106
DAFTAR PUSTAKA	121
LAMPIRAN	



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu	9
Tabel 3.1 Kategori Tanah Dasar Berdasarkan ICAO DMG-27	17
Tabel 3.2 Faktor Konfigurasi Roda Pesawat	18
Tabel 3.2 <i>Basic Pavement Type</i> pada <i>Software Faarfield</i>	27
Tabel 5.1 Data Lalu Lintas Pesawat <i>Yogyakarta International Airport (YIA)</i>	36
Tabel 5.2 Konfigurasi Roda <i>Gear</i> Pesawat	77
Tabel 5.3 Faktor Pengali Konfigurasi Roda <i>Gear</i> Pesawat	77
Tabel 5.4 Susunan Beban Pesawat Udara Maksimum dan Konfigurasi roda Pendaratan Utama	79
Tabel 5.5 <i>Annual Departures</i> Pesawat Campuran	80
Tabel 5.6 Tebal Lapis Perkerasan Hasil Perhitungan <i>FAARFIELD Runway</i>	96
Tabel 5.7 Tebal Lapis Perkerasan Hasil Perhitungan <i>FAARFIELD Taxiway</i>	96
Tabel 5.8 Tebal Lapis Perkerasan Hasil Perhitungan <i>FAARFIELD Apron</i>	96
Tabel 5.9 Tebal Lapis Perkerasan Hasil Perhitungan ICAO <i>United States of America Practice</i> pada <i>Runway</i>	97
Tabel 5.10 Tebal Lapis Perkerasan Hasil Perhitungan ICAO <i>United States of America Practice</i> pada <i>Taxiway</i>	97
Tabel 5.11 Tebal Lapis Perkerasan Hasil Perhitungan ICAO <i>United States of America Practice</i> pada <i>Apron</i>	97
Tabel 5.12 Hasil Tebal Lapis Perkerasan dengan ICAO, FAARFIELD dan COMFAA	100

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Konfigurasi Sumbu Roda Pesawat	17
Gambar 3.2	Grafik Desain Tebal Lapis Perkerasan Lentur Single Wheel Gear	20
Gambar 3.3	Grafik Desain Tebal Lapis Perkerasan Kaku Single Wheel Gear	21
Gambar 3.4	Membuat File Kerja	26
Gambar 3.5	Menyalin <i>Sample</i> Perkerasan Dasar	27
Gambar 3.6	Struktur Perkerasan	28
Gambar 3.7	Memodifikasi Struktur Perkerasan	29
Gambar 3.8	Memasukkan Data Lalu Lintas	29
Gambar 3.9	Umur Rencana	30
Gambar 3.10	Melakukan Desain Struktur Perkerasan	31
Gambar 4.1	Flowchart Penelitian	34
Gambar 5.1	Tampilan awal pada <i>FAARFIELD</i>	37
Gambar 5.2	Membuat <i>Job File</i> Baru	38
Gambar 5.3	Memilih <i>Section</i> Perkerasan yang tersedia pada <i>FAARFIELD</i>	39
Gambar 5.4	Melakukan <i>Copy</i> pada Seksi Perkerasan Lentur	40
Gambar 5.5	Memberi Nama pada Seksi Perkerasan Lentur	41
Gambar 5.6	klik tombol <i>Structure</i> untuk Masuk Desain	42
Gambar 5.7	Jendela Awal Desain Struktur Perkerasan	43
Gambar 5.8	Modifikasi Struktur	44
Gambar 5.9	Memasukan Data Lalu Lintas Pesawat	45
Gambar 5.10	Jendela <i>Option</i>	46
Gambar 5.11	Melakukan Desain Struktur	47
Gambar 5.12	Hasil Desain Perkerasan Lentur pada <i>Runway</i>	48
Gambar 5.13	Informasi Desain Perkerasan Lentur <i>Runway</i> bagian 1	49
Gambar 5.14	Informasi Desain Perkerasan Lentur <i>Runway</i> bagian 2	49
Gambar 5.15	Informasi Desain Perkerasan Lentur <i>Runway</i> bagian 3	50
Gambar 5.16	Informasi Desain Perkerasan Lentur <i>Runway</i> bagian 4	50
Gambar 5.17	Informasi Desain Perkerasan Lentur <i>Runway</i> bagian 5	51

Gambar 5.18 Jendela Awal <i>Structure</i> untuk Perkerasan Kaku	52
Gambar 5.19 Menyalin List <i>Airplane</i>	53
Gambar 5.20 Memasukan <i>Airplanes</i> List pada Perkerasan Kaku	54
Gambar 5.21 List Pesawat yang Sudah Dimasukkan ke Desain Perkerasan Kaku	55
Gambar 5.22 Hasil Desain Tebal Lapis Perkerasan Kaku	56
Gambar 5.23 Informasi Desain Perkerasan Kaku <i>Runway</i> bagian 1	57
Gambar 5.24 Informasi Desain Perkerasan Kaku <i>Runway</i> bagian 2	57
Gambar 5.25 Informasi Desain Perkerasan Kaku <i>Runway</i> bagian 3	58
Gambar 5.26 Tampilan Jendela Desain Perkerasan Lentur <i>Taxiway</i>	59
Gambar 5.27 Hasil Desain Perkerasan Lentur pada <i>Taxiway</i>	60
Gambar 5.28 Informasi Desain Perkerasan Lentur <i>Taxiway</i> bagian 1	61
Gambar 5.29 Informasi Desain Perkerasan Lentur <i>Taxiway</i> bagian 2	61
Gambar 5.30 Informasi Desain Perkerasan Lentur <i>Taxiway</i> bagian 3	62
Gambar 5.31 Informasi Desain Perkerasan Lentur <i>Taxiway</i> bagian 4	62
Gambar 5.32 Informasi Desain Perkerasan Lentur <i>Taxiway</i> bagian 5	63
Gambar 5.33 Tampilan Jendela Desain Perkerasan Kaku <i>Taxiway</i>	64
Gambar 5.34 Hasil Desain Perkerasan Kaku pada <i>Taxiway</i>	65
Gambar 5.35 Informasi Desain Perkerasan Kaku <i>Taxiway</i> bagian 1	66
Gambar 5.36 Informasi Desain Perkerasan Kaku <i>Taxiway</i> bagian 2	66
Gambar 5.37 Informasi Desain Perkerasan Kaku <i>Taxiway</i> bagian 3	67
Gambar 5.26 Tampilan Jendela Desain Perkerasan Lentur <i>Apron</i>	68
Gambar 5.27 Hasil Desain Perkerasan Lentur pada <i>Apron</i>	69
Gambar 5.28 Informasi Desain Perkerasan Lentur <i>Apron</i> bagian 1	70
Gambar 5.29 Informasi Desain Perkerasan Lentur <i>Apron</i> bagian 2	70
Gambar 5.30 Informasi Desain Perkerasan Lentur <i>Apron</i> bagian 3	71
Gambar 5.31 Informasi Desain Perkerasan Lentur <i>Apron</i> bagian 4	71
Gambar 5.32 Informasi Desain Perkerasan Lentur <i>Apron</i> bagian 5	72
Gambar 5.33 Tampilan Jendela Desain Perkerasan Kaku <i>Apron</i>	73
Gambar 5.34 Hasil Desain Perkerasan Kaku pada <i>Apron</i>	74
Gambar 5.35 Informasi Desain Perkerasan Kaku <i>Apron</i> bagian 1	75

Gambar 5.36 Informasi Desain Perkerasan Kaku <i>Apron</i> bagian 2	75
Gambar 5.37 Informasi Desain Perkerasan Kaku <i>Apron</i> bagian 3	76
Gambar 5.38 Perhitungan Perkerasan Lentur Grafik <i>Dual Wheel</i> pada <i>Runway</i>	81
Gambar 5.39 Minimum <i>Base Course Thickness</i> pada <i>Runway</i>	82
Gambar 5.40 Grafik Modulus Pondasi pada <i>Runway</i>	83
Gambar 5.41 Grafik Perkerasan Kaku <i>Dual Wheel</i> pada <i>Runway</i>	85
Gambar 5.42 Perhitungan Perkerasan Lentur Grafik <i>Dual Wheel</i> pada <i>Taxiway</i>	86
Gambar 5.43 Minimum <i>Base Course Thickness</i> pada <i>Taxiway</i>	87
Gambar 5.44 Grafik Modulus Pondasi pada <i>Taxiway</i>	88
Gambar 5.45 Grafik Perkerasan Kaku <i>Dual Weel</i> pada <i>Taxiway</i>	90
Gambar 5.46 Perhitungan Perkerasan Lentur Grafik <i>Dual Wheel</i> pada <i>Apron</i>	91
Gambar 5.47 Minimum <i>Base Course Thickness</i> pada <i>Apron</i>	92
Gambar 5.48 Grafik Modulus Pondasi pada <i>Apron</i>	93
Gambar 5.49 Grafik Perkerasan Kaku <i>Dual Wheel</i> pada <i>Apron</i>	95
Gambar 5.50 Tebal Lapis Perkerasan <i>Runway</i> dengan Metode FAA dengan menggunakan <i>FAARFIELD</i>	101
Gambar 5.51 Tebal Lapis Perkerasan <i>Taxiway</i> dengan Metode FAA dengan menggunakan <i>FAARFIELD</i>	102
Gambar 5.52 Tebal Lapis Perkerasan <i>Apron</i> dengan Metode FAA dengan menggunakan <i>FAARFIELD</i>	102
Gambar 5.33 Tebal Lapis Perkerasan <i>Runway</i> dengan Metode ICAO <i>United States Of America Practice</i>	103
Gambar 5.34 Tebal Lapis Perkerasan <i>Taxiway</i> dengan Metode ICAO <i>United States Of America Practice</i>	104
Gambar 5.35 Tebal Lapis Perkerasan <i>Apron</i> dengan Metode ICAO <i>United States Of America Practice</i>	104

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Gambar Grafik Perkerasan Lentur *Advisory Circular* Doc No. AC 150/5320-6D (1996)
- Lampiran 2 Gambar Grafik Desain Perkerasan Kaku *Advisory Circular* Doc No. AC 150/5320-6D (1996)
- Lampiran 3 Desain Tebal Lapis Perkerasan Berdasarkan PT. Angkasa Pura I (Persero)



ABSTRAK

Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) memiliki banyak potensi terutama dari bidang pariwisata dan Pendidikan sehingga memiliki tingkat interaksi yang tinggi dengan wilayah domestik maupun mancanegara. Hal ini membuat Bandara Internasional Adisutjipto mengalami kelebihan muatan sehingga tidak mampu untuk melayani penerbangan secara maksimal. Oleh karena itu penerbangan komersial domestik maupun internasional dipindahkan dari Bandara Internasional Adisutjipto ke *Yogyakarta International Airport* (YIA) dimana pada pembangunan bandara salah satu hal yang penting adalah desain tebal lapis perkerasan bandara.

Penelitian ini berfokus pada lapis perkerasan *Runway*, *Taxiway* dan *Apron* menggunakan dua metode yaitu metode FAA dengan bantuan *FAARFIELD* dan metode ICAO *United States of America Practice* sebagai perhitungan manual.

Hasil desain perencanaan perkerasan lentur metode FAA pada lapisan *surface*, *base* dan *subbase* adalah 10 cm, 30 cm, 47,79 cm, tebal total 87,79 cm pada *runway*, 10 cm, 27 cm, 51,77 cm, tebal total 88,77 cm pada *taxiway*, 10 cm, 33 cm, 43,19 cm, tebal total 86,19 cm pada *Apron*. Menggunakan metode ICAO (*International Civil Aviation Organization United States of America Practice*) adalah 10 cm, 28,5 cm, 49,1 cm, tebal total 87,6 cm pada *runway*, 10 cm, 28,5 cm, 49,1 cm tebal total 87,6 cm pada *taxiway*, 10 cm, 28,5 cm, 49,1 cm, tebal total 87,6 cm pada *apron*. Hasil desain perencanaan perkerasan kaku metode FAA pada lapisan *surface*, dan *subbase* adalah 50,24 cm, 20 cm, tebal total 70,24 cm pada *runway*, 50,2 cm, 22 cm, tebal total 72,2 cm pada *taxiway*, 49,97 cm, 24 cm, tebal total 73,97 cm pada *apron*. Menggunakan metode ICAO (*International Civil Aviation Organization United States of America Practice*) adalah 50 cm, 20 cm, tebal total 70 cm pada *runway*, 50 cm, 22 cm, tebal total 72 cm pada *taxiway*, 50 cm, 24 cm, tebal total 74 cm pada *apron*. Dari hasil yang didapatkan terdapat perbedaan dari hasil kedua metode dikarenakan oleh pada metode ICAO harus mencari *Annual departures* terhadap satu pesawat rencana sedangkan pada metode FAA dengan *Faarfield*, *Faarfield* mendesain tebal lapis perkerasan satu per satu dan tebal lapis perkerasan nantinya ditentukan melalui kerusakan kumulatif atau menggunakan sistem *Cumulative Damage Factor* atau CDF.

Kata kunci: *Runway*, *Apron*, *Taxiway*, *FAA*, *FAARFIELD*, *ICAO*

ABSTRACT

The Special Region of Yogyakarta (DIY) has a lot of potential, especially in the fields of tourism and education, so it has a high level of interaction with domestic and foreign regions. This makes Adisutjipto International Airport overloaded so that it is unable to serve flights optimally. Therefore, domestic and international commercial flights were moved from Adisutjipto International Airport to Yogyakarta International Airport (YIA) where in airport construction one of the important things was the design of the airport pavement thickness.

This research focus on the pavement planning of Runway, Taxiway and Apron using two methods, namely the FAA method with the help of FAARFIELD and the ICAO method of the United States of America Practice by doing the pavement design using both methods.

The results of the FAA flexible pavement design design on the surface, base and subbase layers are 10 cm, 30 cm, 47.79 cm, total thickness 87.79 cm on the runway, 10 cm, 27 cm, 51.77 cm, total thickness 88.77 cm on taxiway, 10 cm, 33 cm, 43.19 cm, total thickness 86.19 cm on Apron. Using the ICAO (International Civil Aviation Organization) United States of America Practice method) is 10 cm, 28.5 cm, 49.1 cm, total thickness 87.6 cm on the runway, 10 cm, 28.5 cm, 49.1 cm the total thickness is 87.6 cm on the taxiway, 10 cm, 28.5 cm, 49.1 cm, the total thickness is 87.6 cm on the apron. The results of the FAA method of rigid pavement design on the surface and subbase layers are 50.24 cm, 20 cm, total thickness 70.24 cm on runway, 50.2 cm, 22 cm, total thickness 72.2 cm on taxiway, 49, 97 cm, 24 cm, total thickness 73.97 cm on the apron. Using the ICAO (International Civil Aviation Organization) United States of America Practice method is 50 cm, 20 cm, total thickness 70 cm on runway, 50 cm, 22 cm, total thickness 72 cm on taxiway, 50 cm, 24 cm, total thickness 74 cm on the apron. From the results obtained, there are differences between the two methods due to the ICAO method having to look for Annual departures for one planned aircraft, while in the FAA method with Faarfield, Faarfield designs the thickness of the pavement layers one by one and the thickness of the pavement layers will be determined through cumulative damage or using the Cumulative Damage Factor system or CDF.

Keywords: Runway, Apron, Taxiway, FAA, FAARFIELD, ICAO

BAB I PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) memiliki banyak potensi terutama dari bidang pendidikan dan pariwisata sehingga memiliki tingkat interaksi yang tinggi dengan wilayah domestik maupun mancanegara. Hal ini membuat Bandara Internasional Adisutjipto mengalami kelebihan muatan sehingga tidak mampu untuk melayani penerbangan secara maksimal. Oleh karena itu penerbangan komersial domestik maupun internasional dipindahkan dari Bandara Internasional Adisutjipto ke *Yogyakarta International Airport (YIA)*. Bandara Internasional Adisutjipto dirancang untuk dapat menampung penumpang sebesar kurang lebih 1,2 juta sampai dengan 1,5 juta penumpang tiap tahunnya dan saat ini penumpang yang mengunjungi Yogyakarta menggunakan fasilitas udara sudah mencapai 8 juta penumpang tiap tahunnya, sedangkan *Yogyakarta International Airport (YIA)* dirancang untuk menampung penumpang sebesar 20 juta penumpang tiap tahunnya.

Selain itu alasan lainnya adalah bandara Internasional Adisutjipto sendiri merupakan *Civil Enclave* milik TNI Angkatan Udara yang sudah dibangun sejak 1938 dan dirancang untuk penerbangan militer, dengan panjang *runway* eksisting 2.200 meter tidak lagi dapat menampung pesawat yang memiliki badan lebar. Pengembangan atau perluasan Bandara Adisutjipto sudah dilakukan karena keterbatasan lahan dan kendala alam. Oleh karena itu sebagai solusi dari permasalahan tersebut dilakukan pembangunan *Yogyakarta International Airport (YIA)* yang saat ini sudah beroperasi.

Yogyakarta International Airport (YIA) berdiri di tanah seluas 600 hektar dan diperkirakan menelan biaya Rp. 6 triliun. Bandara tersebut memiliki terminal seluas 106.500 meter persegi dengan kapasitas 10 juta penumpang per tahun. Selain itu, bandar udara tersebut diperkirakan bakal memiliki hanggar seluas 371.125 meter persegi yang direncanakan sanggup menampung hingga sebanyak 28 unit pesawat.

Lahan di sekitar lokasi pembangunan bandar udara digunakan sebagai lahan pertanian oleh sebagian besar warga lokal sekitar.

Dengan dilakukan pembangunan *Yogyakarta International Airport* (YIA), hal yang menjadi sorotan utama dalam pembangunan bandar udara adalah *Runway*, *Taxiway* dan *Apron* (RTA). RTA merupakan bagian penting dari pembangunan bandara pada bagian *airside* yang berfungsi untuk memenuhi kebutuhan penumpang serta pesawat yang sedang beroperasi. Penelitian ini secara garis besar akan berfokus pada perencanaan lapis perkerasan *Runway*, *Taxiway* dan *Apron*.

Hasil yang ingin dicapai adalah mendapatkan hasil perencanaan tebal lapis perkerasan pada *Runway*, *Taxiway*, dan *Apron* yang optimal untuk dilewati oleh pesawat yang akan beroperasi pada *Yogyakarta International Airport* (YIA).

1.2 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang penelitian yang telah dijelaskan dalam sub-bab sebelumnya, rumusan masalah yang digunakan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Berapa ukuran tebal lapis perkerasan pada *Runway* dengan umur rencana 20 tahun?
2. Berapa ukuran tebal lapis perkerasan pada *Taxiway* dengan umur rencana 20 tahun?
3. Berapa ukuran tebal lapis perkerasan pada *Apron* dengan umur rencana 20 tahun?

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disebutkan pada sub-bab sebelumnya, maka tujuan penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Merencanakan ukuran tebal lapis perkerasan pada *Runway* dengan umur rencana 20 tahun.
2. Merencanakan ukuran tebal lapis perkerasan pada *Taxiway* dengan umur rencana 20 tahun.

3. Merencanakan ukuran tebal lapis perkerasan pada *Apron* dengan umur rencana 20 tahun.

1.4 BATASAN PENELITIAN

Batasan-batasan penelitian diperlukan agar penelitian yang dilakukan dapat menjadi lebih terfokus atau tidak meluas dari permasalahan, tidak terjadi hal yang keluar dari topik penelitian, luasnya faktor-faktor yang mempengaruhi penelitian dan juga agar penelitian dapat lebih optimal dan memudahkan penelitian, sehingga batasan penelitian yang telah dipertimbangkan adalah sebagai berikut.

1. Bandar Udara yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah *Yogyakarta International Airport (YIA)*.
2. Jenis perkerasan yang ditinjau adalah perkerasan lentur pada *Runway*.
3. Jenis perkerasan yang ditinjau adalah perkerasan kaku pada *Taxiway* dan *Apron*.
4. Tebal perkerasan yang didesain adalah perkerasan lentur.
5. Umur rencana yang digunakan selama 20 tahun.
6. Metode perancangan perkerasan lentur landasan pacu yang digunakan berdasarkan pada metode *ICAO United States of America Practice* untuk perhitungan manual dan metode *FAA 150/5320-6E* atau menggunakan *FAARFIELD* untuk perhitungan dengan bantuan *software*.
7. Perkerasan yang dihitung adalah tebal lapis perkerasan dan tidak membahas geometrik *Runway*, *Taxiway* dan *Apron*.

1.5 MANFAAT PENELITIAN

Perencanaan tebal lapis perkerasan *Runway*, *Taxiway*, dan *Apron* pada *Yogyakarta International Airport (YIA)* ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut.

1. Manfaat Teoritis

Menambah pengetahuan tentang perencanaan tebal lapis perkerasan landasan pacu yang mengacu pada *ICAO United States of America Practice* dengan menggunakan bantuan *software FAARFIELD*.

2. Manfaat Praktis

Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini dapat menjadi bahan masukan bagi proyek pembangunan *Yogyakarta International Airport (YIA)*.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 ANALISIS TEBAL LAPIS PERKERASAN MENGGUNAKAN METODE FAA 150/5320-6E ATAU SOFTWARE FAARFIELD

Anis (2016) telah melakukan penelitian analisis perbandingan metode empiris dan metode mekanistik dalam perancangan landasan Bandar Udara Kertajati-Majalengka. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil perbandingan dalam perancangan landasan bandar udara dengan menggunakan metode empiris dan mekanistik. Perhitungan metode empiris dilakukan berdasarkan metode FAA (*Federal Aviation Administration*) dengan dokumen 150/5320-6D, sedangkan metode mekanistik didasarkan pada dokumen 150/5320-6E yang diaplikasikan dengan program computer FAARFIELD (*Federal Aviation Administration Rigid and Flexible Iterative Layer Design*), sedangkan untuk kajian perhitungan nilai PCN (*Pavement Classification Number*) dilakukan dengan dua metode yaitu metode ICAO (*International Civil Aviation Organization*) dan dengan program computer COMFAA. Hasil dari penelitian ini adalah didapatkan tebal lapis perkerasan berdasarkan hasil perhitungan metode empiris yang berpacu pada dokumen 150/5320-6D dengan tebal masing-masing lapisan pada *Surface Course* sebesar 15,24 cm, *Base Course* sebesar 36,83 cm dan *Subbase Course* sebesar 82,55 cm, sedangkan tebal lapis perkerasan berdasarkan hasil perhitungan metode mekanistik yang berpacu pada dokumen 150/5320-6E atau dengan menggunakan program computer FAARFIELD dengan tebal masing-masing lapisan pada *Surface Course* sebesar 12,7 cm, *Base course* sebesar 45,72, *Subbase Course* sebesar 94,44 cm. Nilai PCN yang di dapat pada metode empiris adalah 89 F/C/X/T dengan metode ICAO dan 128 F/C/X/T dengan metode FAA, sedangkan pada metode mekanistik didapatkan 115 F/C/X/T dengan metode ICAO dan 176 F/C/X/T dengan metode FAA.

Djonli (2018) dengan penelitian Desain Perencanaan Tebal Lapis Perkerasan *Runway, Taxiway, Apron* Bandara Internasional Kertajati, Majalengka, yang mempunyai tujuan untuk mendapatkan tebal lapis perkerasan pada perencanaan Bandara Internasional Kertajati dengan menggunakan tiga metode yaitu *US Army Corps Engineer, Asphalt Institute* dan *Federal Aviation Administration*. Hasil dari penelitian ini adalah total tebal perkerasan untuk *runway* adalah 127 cm (*US Army Corps Engineer*), 51,90 cm (*Federal Aviation Administration*), *Cross taxiway* adalah 70 cm, 54,61 cm, dan 63,62 cm, *parallel taxiway* adalah 127 cm, 45,62 cm, dan 45,47 cm, *apron* adalah 81,86 cm, 48,77 cm, 50,80 cm dengan perkerasan kaku untuk metode *US Army Corps Engineer* dan FAA. Dari hasil tebal lapisan diatas metode FAA memberikan desain yang paling tipis namun terlihat pada rencana *cross taxiway* pada metode AI memberikan hasil yang lebih tipis dibanding FAA, hal ini terjadi karena metode AI tidak mempertimbangkan speed dari suatu pesawat yang melambat, karena itu metode FAA menjadi lebih sedikit tebal dari metode AI.

Djuniati, dkk (2016) dengan penelitian Analisis Perencanaan Struktur Perkerasan *Runway, Taxiway, dan Apron* Bandara Sultan Syarif Kasim II Menggunakan Metode FAA yang memiliki tujuan merencanakan tebal perkerasan *Runway, Taxiway, dan Apron* pada bandar udara SSK II dan membandingkan dengan kondisi eksisting saat ini. Hasil dari penelitian ini adalah tebal perkerasan pada *Runway* adalah *Subbase* setebal 40 cm, *Base* setebal 25 cm, *Surface* setebal 10 cm, tebal perkerasan pada *taxiway* adalah *Subbase* setebal 37 cm, *Base* setebal 23 cm, dan *Surface* setebal 8 cm dan tebal perkerasan *Apron* adalah *Subbase* setebal 30 cm, *CTB* setebal 20 cm, *Concrete slab* setebal 54 cm

Budiman, dkk (2013) dengan judul penelitian Perencanaan Landasan Pacu Bandar Udara Tuanku Tambusai Kabupaten Rokan Hulu. Metode yang dipakai dalam penelitian ini adalah analisis kebutuhan dimensi landasan pacu yang sudah diatur menurut persyaratan ICAO dan analisis perencanaan lapisan perkerasan lentur dihitung dengan menggunakan metode FAA dan hasil yang didapatkan adalah kebutuhan perencanaan perpanjangan landasan pacu bandar udara pasir pengaraian berdasarkan

tipe pesawat rencana M-75 adalah 1950 m dan tebal perkerasan landasan pacu bandar udara pasir penguraian dengan tebal total setebal 76 cm, yang terbagi menjadi *Surface Course* setebal 10 cm, *Base Course* setebal 17 cm, dan *Subbase Course* setebal 49 cm.

Alfa, dkk (2003) dengan penelitian yang berjudul Analisis Lapis Keras Lentur Bandar Udara Adisutjipto untuk Menampung Lalu Lintas Udara sampai dengan Tahun 2003. Tujuan dari penelitian ini adalah menghitung kapasitas Bandar Udara Adisutjipto pada kondisi tahun 2002, memprediksi volume lalu lintas sampai dengan tahun 2013, dan menghitung kebutuhan tebal lapis perkerasan lentur untuk tahun 2003 sampai dengan tahun 2013. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan metode *Time Series Analysis* untuk memperhitungkan jumlah lalu lintas udara dan menggunakan metode FAA untuk perhitungan tebal lapis perkerasan. Hasil yang didapatkan adalah volume lalu lintas bandar udara Adisutjipto untuk tahun 2002 adalah sebesar 5.517 pesawat dari jenis pesawat *Boeing* (737-200, 737-300, 737-400 dan 737-500), pesawat Foker (F-28, F-28-300, F-28-400 dan F100) dan pesawat MD-82, Volume lalu lintas udara untuk tahun 2013 adalah sebesar 3727 pesawat dengan jenis pesawat yang sama dengan pesawat yang beroperasi pada tahun 2002, dan kebutuhan tebal struktur lapis keras lentur untuk tahun 2013 adalah sebesar 104 cm dengan pesawat B-737-400 sebagai pesawat rencana, dibandingkan dengan tebal struktur yang ada sekarang (92,5 cm), tidak perlu dilakukan penambahan perkerasan untuk menampung beban lalu lintas udara pada tahun 2013 mendatang.

2.2 ANALISIS TEBAL PERKERASAN BERDASARKAN METODE ICAO

Utama (2006) dengan penelitian analisis struktur perkerasan *Runway*, *Taxiway*, dan *Apron* bandar udara DR. F. L. Tobing menggunakan metode *United States of American Practice*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merencanakan tebal perkerasan *Runway*, *Taxiway*, dan *Apron*, dengan menggunakan metode *United State of American Practice* sesuai dengan rencana induk pengembangan bandar udara dengan jangka waktu 20 tahun yang dituangkan dalam rencana jangka pendek/*Phase I* (2003-2012), jangka menengah/*Phase II* (2012-2022), dan jangka panjang /*Phase*

Ultimate (Pasca 2022). Hasil dari penelitian ini diperoleh nilai ekivalensi tebal total perkerasan sebesar 68,35 cm (27 inch). Kebutuhan tebal untuk F28 Mk4000 (27 inch). Dengan demikian, rancangan struktur perkerasan *apron* dan *taxiway* ini akan mampu mendukung pesawat F28 Mk4000 dan pesawat sekelas lainnya.

Prayoga, dkk (2018) dalam jurnal berjudul *Desain Tebal Perkerasan Lentur Landas Pacu Bandara Soekarno-Hatta, Tangerang Menggunakan Metode Design & Maintenance Guide 27*, Inggris. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui berapa ukuran tebal lapis perkerasan pada landas pacu Bandara Soekarno-Hatta dengan menggunakan metode DMG 27. Hasil dari penelitian ini adalah dari 3 alternatif rekapitulasi beban yaitu alternatif 1 dengan asumsi 50% penerbangan internasional dan 50% penerbangan domestik, alternatif 2 dengan asumsi 75% penerbangan internasional dan 25% penerbangan domestik, alternatif 3 dengan asumsi 100% penerbangan internasional didapatkan nilai total *coverages* alternatif 1 sebesar 169,179, alternatif 2 sebesar 196,358, alternatif 3 sebesar 142,678 dan ketiganya masuk kedalam jenis *High Frequency of Trafficking*. Tebal total perkerasan lentur landas pacu untuk tipe *High Strenght Bound Base Material* diperoleh setebal 621mm, yang terdiri atas 40 mm Marshall Asphalt Surface Course, 60 mm Marshall Asphalt Surface Course, 120 mm Marshall Asphalt Surface Course dan 401 mm Type FH Drylean Concrete. Tebal total perkerasan lentur landas pacu untuk tipe *Bound Base Material* diperoleh setebal 783 mm, yang terdiri atas 40 mm Marshall Asphalt Surface Course, 60 mm Marshall Asphalt Surface Course, 120 mm Marshall Asphalt Surface Course dan 563 mm Type F Drylean Concrete.

2.3 PERBANDINGAN PENELITIAN

Perbandingan antara penelitian yang dilakukan dengan penelitian-penelitian sebelumnya seperti pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian terdahulu

No.	Penulis	Judul Penelitian	Lokasi Penelitian	Metode Analisis	Hasil Penelitian
1	Anis (2016)	Analisis Perbandingan Metode Empiris dan Metode Mekanistik dalam Perancangan Landasan Bandar Udara (Studi Kasus Bandar Udara Kertajati-Majalengka).	Bandar Udara Kertajati, Majalengka	<ul style="list-style-type: none"> - Analisis Metode Empiris Menggunakan dengan berpacu pada metode FAA dokumen 150/5320-6D - Analisis Metode Mekanistik dengan berpacu pada metode FAA dokumen 150/5320-6E dan bantuan Software FAARFIELD - Mencari nilai PCN menggunakan metode ICAO - Mencari nilai PCN menggunakan Software COMFAA 	<ul style="list-style-type: none"> - Tebal lapis perkerasan berdasarkan hasil perhitungan metode empiris yang berpacu pada dokumen 150/5320-6D dengan tebal masing-masing lapisan pada <i>Surface Course</i> sebesar 15,24 cm, <i>Base Course</i> sebesar 36,83 cm dan <i>Subbase Course</i> sebesar 82,55 cm - tebal lapis perkerasan berdasarkan hasil perhitungan metode mekanistik yang berpacu pada dokumen 150/5320-6E atau dengan menggunakan program computer FAARFIELD dengan tebal masing-masing lapisan pada <i>Surface Course</i> sebesar 12,7 cm, <i>Base course</i> sebesar 45, 72, <i>Subbase Course</i> sebesar 94,44 cm - Nilai PCN yang di dapat pada metode empiris adalah 89 F/C/X/T dengan

Sumber: Anis (2016)

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian terdahulu

No.	Penulis	Judul Penelitian	Lokasi Penelitian	Metode Analisis	Hasil Penelitian
					<p>metode ICAO dan 128 F/C/X/T dengan metode FAA</p> <p>- Nilai PCN metode mekanistik didapatkan 115 F/C/X/T dengan metode ICAO dan 176 F/C/X/T dengan metode FAA</p>
2	Djonli (2018)	<p>Desain Perencanaan Tebal Lapis Perkerasan Runway, Taxiway, Apron Bandara Internasional Kertajati, Majalengka</p>	Kertajati, Majalengka	- Analisis menggunakan metode <i>US Army Corps Engineer</i> , <i>Asphalt Institute</i> dan <i>Federal Aviation Administration</i>	- total tebal perkerasan untuk runway adalah 127 cm dengan metode (<i>US Army Corps Engineer</i>), 51,90 cm (<i>Federal Aviation Administration</i>), <i>Cross taxiway</i> adalah 70 cm, 54,61 cm, dan 63,62 cm, <i>parallel taxiway</i> adalah 127 cm, 45,62 cm, dan 45,47 cm, <i>apron</i> adalah 81,86 cm, 48,77 cm, 50,80 cm dengan perkerasan kaku untuk metode <i>US Army Corps Engineer</i> dan FAA.

Sumber: Djonli (2018)

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian terdahulu

No.	Penulis	Judul Penelitian	Lokasi Penelitian	Metode Analisis	Hasil Penelitian
3	Prayoga, dkk (2018)	Desain Tebal Perkerasan Lentur Landas Pacu Bandara Soekarno-Hatta, Tangerang Menggunakan Metode <i>Design & Maintenance guide 27</i> , Inggris	Landas Pacu Bandara Soekarno- Hatta, Tangerang	- Analisis Tebal Lapis Perkerasan Landasan Pacu Menggunakan Metode ICAO yang berpacu pada DMG 27 edisi ke-3 tahun 2011	- Hasil dari penelitian ini adalah dari 3 alternatif rekapitulasi beban yaitu 11 alternative 1 dengan asumsi 50% penerbangan internasional dan 50% penerbangan domestic, 11 alternative 2 dengan asumsi 75% penerbangan internasional dan 25% penerbangan domestic, 11 alternative 3 dengan asumsi 100% penerbangan internasional didapatkan nilai total coverages 11 alternative 1 sebesar 169,179, alternatif 2 sebesar 196,358, alternatif 3 sebesar 142,678 dan ketiganya masuk kedalam jenis <i>High Frequency of Trafficking</i> - Tebal total perkerasan lentur landas pacu untuk tipe <i>High Strenght Bound Base Material</i> diperoleh setebal 621mm, yang terdiri atas 40 mm <i>Marshall Asphalt Surface Course</i> , 60 mm <i>Marshall Asphalt Surface Course</i> , 120 mm

Sumber: Prayoga, dkk (2018)

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian terdahulu

No.	Penulis	Judul Penelitian	Lokasi Penelitian	Metode Analisis	Hasil Penelitian
					<p><i>Marshall Asphalt Surface Course</i> dan 401 mm <i>Type FH Drylean Concrete</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Tebal total perkerasan lentur landas pacu untuk tipe <i>Bound Base Material</i> diperoleh setebal 783 mm, yang terdiri atas 40 mm <i>Marshall Asphalt Surface Course</i>, 60 mm <i>Marshall Asphalt Surface Course</i>, 120 mm <i>Marshall Asphalt Surface Course</i> dan 563 mm <i>Type F Drylean Concrete</i>
4	Djuniati, dkk (2016)	Analisis Perencanaan Struktur Perkerasan <i>Runway, Taxiway, dan Apron</i> Bandara Sultan Syarif Kasim II Menggunakan Metode FAA	Bandara Internasional Sultan Syarif Kasim II, Pekanbaru, Riau	- Analisis menggunakan Metode FAA	<ul style="list-style-type: none"> - Hasil perhitungan tebal perkerasan pada <i>Runway</i> adalah <i>subbase</i> setebal 40 cm, <i>base</i> setebal 25 cm, <i>surface</i> setebal 10 cm. - Hasil perhitungan tebal perkerasan pada <i>Taxiway</i> adalah <i>subbase</i> setebal 37 cm, <i>base</i> setebal 23 cm, dan <i>surface</i> setebal 8 cm. - Hasil tebal perkerasan <i>Apron</i> adalah <i>subbase</i> setebal 30 cm, <i>CTB</i> setebal 20 cm, <i>concrete slab</i> setebal 54 cm.

Sumber: Djuniati, dkk (2016)

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian terdahulu

No.	Penulis	Judul Penelitian	Lokasi Penelitian	Metode Analisis	Hasil Penelitian
5	Budiman, dkk (2013)	Perencanaan Landasan Pacu Bandar Udara Tuanku Tambusai Kabupaten Rokan Hulu	Bandar Udara Tuanku Tambusai Kabupaten Rokan Hulu, Riau	<ul style="list-style-type: none"> - Analisis kebutuhan dimensi landasan pacu yang sudah diatur menurut persyaratan ICAO - Analisis perencanaan lapisan perkerasan lentur dihitung dengan menggunakan metode FAA 	<ul style="list-style-type: none"> - Kebutuhan perencanaan perpanjangan landasan pacu bandar udara pasir pengaraian berdasarkan tipe pesawat rencana M-75 adalah 1950 m. - Tebal perkerasan landasan pacu bandar udara pasir pengaraian dengan tebal total setebal 76 cm, yang terbagi menjadi <i>Surface Course</i> setebal 10 cm, <i>Base Course</i> setebal 17 cm, dan <i>Subbase Course</i> setebal 49 cm.
6	Alfa, dkk (2003)	Analisis Lapis Keras Lentur Bandar Udara Adisutjipto Untuk Menampung Lalu Lintas Udara Sampai Dengan Tahun 2003	Bandar Udara Internasional Adisutjipto, Yogyakarta	<ul style="list-style-type: none"> - Menggunakan metode <i>Time Series Analysis</i> untuk memperhitungkan jumlah lalu lintas udara - Menggunakan metode FAA untuk perhitungan tebal lapis perkerasan 	<ul style="list-style-type: none"> - Volume lalu lintas bandar udara Adisucipto untuk tahun 2002 adalah sebesar 5.517 pesawat dari jenis pesawat <i>Boeing (737-200, 737-300, 737-400 dan 737-500)</i>, pesawat Foker (F-28, F-28-300, F-28-400 dan F100) dan pesawat MD-82

Sumber: Budiman, dkk (2013) dan Alfa, dkk (2003)

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian terdahulu

No.	Penulis	Judul Penelitian	Lokasi Penelitian	Metode Analisis	Hasil Penelitian
					<ul style="list-style-type: none"> - Volume lalu lintas udara untuk tahun 2013 adalah sebesar 3727 pesawat dengan jenis pesawat yang sama dengan pesawat yang beroperasi pada tahun 2002 - Kebutuhan tebal struktur lapis keras lentur untuk tahun 2013 adalah sebesar 104 em dengan pesawat B-737-400 sebagai pesawat rencana, dibandingkan dengan tebal struktur yang ada sekarang (92,5 em), tidak perlu dilakukan penambahan perkerasan untuk menampung beban lalu lintas udara pada tahun 2013 mendatang

Sumber: Alfa, dkk (2003)

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian terdahulu

No.	Penulis	Judul Penelitian	Lokasi Penelitian	Metode Analisis	Hasil Penelitian
7	Utama (2006)	Analisis Struktur Perkerasan <i>Runway, Taxiway, dan Apron</i> Bandar Udara DR. F. L. Tobing Menggunakan Metode <i>United States of American Practice</i>	Bandar Udara DR. F. L. Tobing, Sibolga, Sumatra Utara	Metode <i>United States of American Practice</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Nilai ekivalensi tebal total perkerasan sebesar 68,35 cm (27 inch). - Kebutuhan tebal untuk F28 Mk4000 (27 inch). - Rancangan struktur perkerasan <i>Apron</i> dan <i>Taxiway</i> ini akan mampu mendukung pesawat F28 Mk4000 dan pesawat sekelas lainnya.

Sumber: Utama (2006)

BAB III

LANDASAN TEORI

Bandar udara menurut Annex 14 dari ICAO (*International Civil Aviation Organization*) adalah area tertentu di daratan atau perairan (termasuk bangunan, instalasi dan peralatan) yang diperuntukkan baik secara keseluruhan atau sebagian untuk kedatangan, keberangkatan dan pergerakan pesawat. Dalam perencanaan bandar udara, perencanaan tebal lapis perkerasan merupakan salah satu bagian yang penting oleh karena itu dilakukan perencanaan tebal lapis perkerasan pada bagian *Air Side* bandar udara yang meliputi *Runway*, *Taxiway*, dan *Apron*.

3.1 DESAIN TEBAL LAPIS PERKERASAN BERDASARKAN ICAO UNITED STATES OF AMERICA PRACTICE

Menurut Basuki (2008) perkerasan adalah struktur yang terdiri dari beberapa lapisan dengan kekerasan dan daya dukung berlainan, 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).

Perkerasan lentur adalah suatu susunan konstruksi pada suatu perkerasan yang biasa digunakan pada konstruksi jalan maupun landasan pacu, perkerasan lentur biasanya mempunyai bahan pengikat berupa aspal dimana lapisan-lapisannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar. Perkerasan kaku adalah suatu susunan perkerasan dimana dalam perkerasan ini bahan pengikatnya merupakan semen dimana pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah (Sukirman, 1999).

United States of America Practice adalah metode menentukan tebal lapis perkerasan yang berdasarkan pada berat pesawat pada masing-masing konfigurasi roda pesawat, dengan metode ini memungkinkan untuk melakukan evaluasi dari

tebal perkerasan berdasarkan kemampuan untuk menahan berbagai macam tipe dan berat pesawat. Dalam melakukan perencanaan perkerasan lentur menggunakan *United States of America Practice* terdapat beberapa hal yang perlu diketahui yaitu.

1. Daya Dukung Tanah

Parameter digunakan sebagai penunjuk mutu daya dukung tanah dasar dalam perencanaan perkerasan lentur adalah nilai *California Bearing Ratio (CBR)*. Tabel 3.1 di bawah ini menunjukkan kategori tanah dasar yang berdasarkan pada ICAO DMG-27

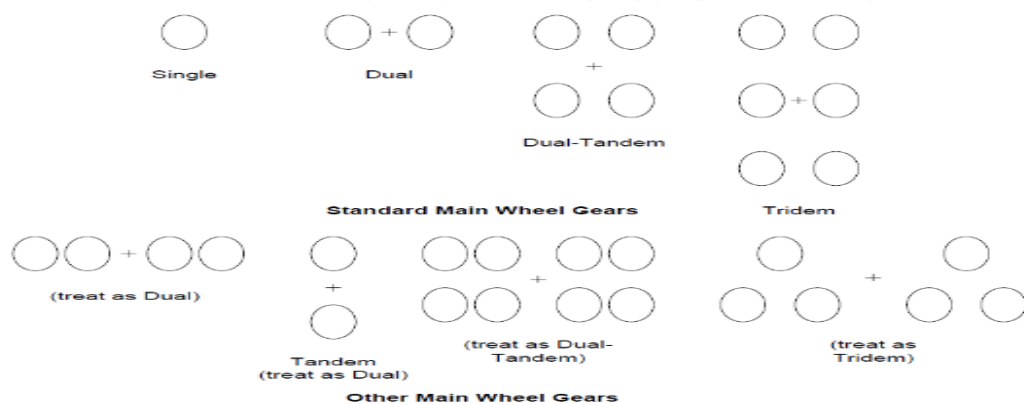
Tabel 3.1 Kategori Tanah Dasar Berdasarkan ICAO DMG-27

Kategori Tanah Dasar	CBR
A-High	15%
B-Medium	10%
C-Low	6%
D-Ultra Low	3%

Sumber : *Construction Support Team Design & Maintenance Guide 27*. (2011)

2. Konfigurasi Roda Pesawat

Konfigurasi roda pesawat menunjukkan bagaimana berat pesawat di distribusikan ke tebal lapis perkerasan dan menentukan respon dari tebal perkerasan terhadap beban dari pesawat. Tipe-tipe dari konfigurasi roda pesawat dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut ini.



Gambar 3.1 Konfigurasi Sumbu Roda Pesawat

Sumber : *Construction Support Team Design & Maintenance Guide 27*. (2011)

Pesawat yang akan beroperasi di sebuah bandar udara bukan hanya satu jenis pesawat melainkan berbagai jenis pesawat dan memiliki konfigurasi roda pesawat yang berbeda-beda. Untuk mendesain tebal lapis perkerasan konfigurasi roda pesawat harus di konversikan ke satu jenis konfigurasi. Faktor konversi untuk konfigurasi roda pesawat dapat di lihat pada Tabel 3.2 sebagai berikut.

Tabel 3.2 Faktor Konfigurasi Roda Pesawat

Konfigurasi Roda Pesawat		Faktor Konversi
Dari	Ke	
<i>Single Wheel</i>	<i>Dual Wheel</i>	0,8
<i>Single Wheel</i>	<i>Dual Tandem</i>	0,5
<i>Dual Wheel</i>	<i>Dual Tandem</i>	0,6
<i>Double Dual Tandem</i>	<i>Dual Tandem</i>	1,0
<i>Dual Tandem</i>	<i>Single Wheel</i>	2,0
<i>Dual Tandem</i>	<i>Dual Wheel</i>	1,7
<i>Dual Wheel</i>	<i>Single Wheel</i>	1,3
<i>Double Dual Tandem</i>	<i>Dual Wheel</i>	1,7

Sumber : *Advisory Circular* Doc No. AC 150/5320-6D (1996)

3. Lalu Lintas Pesawat Campuran

Tebal perkerasan landas pacu seringkali dirancang untuk satu jenis tipe pesawat, akan tetapi pada kenyataannya lalu lintas pada suatu landas pacu memiliki jenis pesawat yang berbeda-beda dan *annual departures* yang berbeda-beda juga. Oleh karena itu sama halnya dengan konfigurasi roda pesawat lalu lintas pesawat juga harus dikonversikan untuk mendapatkan *annual departures* pesawat campuran. Untuk mengkonversikan *annual departures* pesawat campuran dapat menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Log R1} = (\text{Log R2}) \left(\frac{W_2}{W_1} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (3.1)$$

Dengan:

R1 = *Equivalent annual departure* pesawat rencana

R2 = *Annual departures* pesawat-pesawat campuran dinyatakan dalam roda pendaratan pesawat rencana

W1 = Beban roda pesawat rencana

W2 = Beban roda dari pesawat yang ditanyakan

4. Nilai *Modulus of Soil Reaction* (k)

Nilai k adalah konstanta pada material untuk mendukung perkerasan kaku dan merupakan indikasi nilai bantalan pada material pendukung. Nilai k didapatkan dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$k = \left(\frac{E}{26} \right)^{0.7788} \quad (3.2)$$

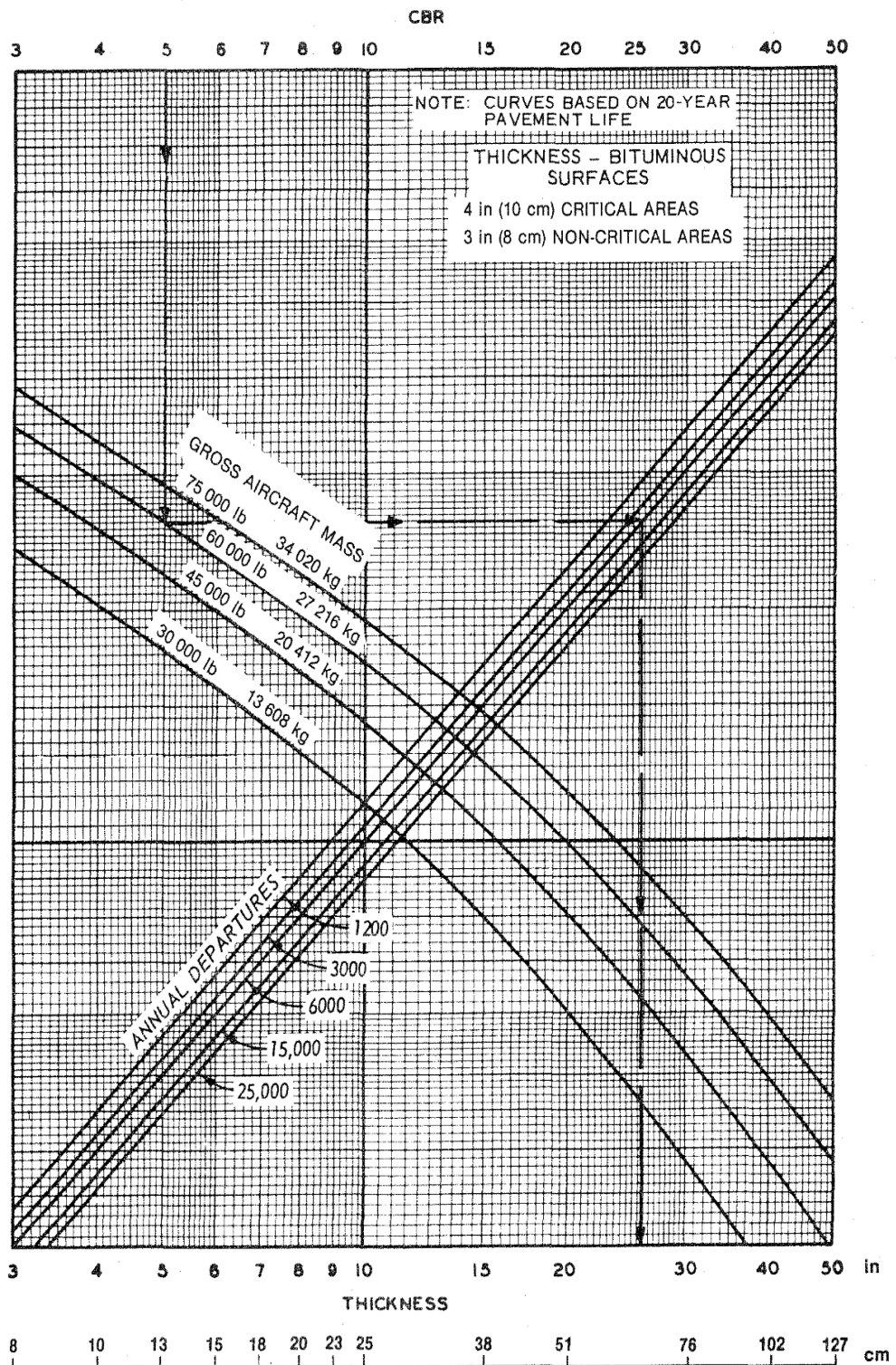
Dengan:

k = *Modulus of Soil Reaction*

E = *Modulus of Elasticity*

5. Menentukan Tebal Lapis Perkerasan Lentur

Perhitungan ketebalan lapis perkerasan didasarkan pada grafik-grafik yang sudah di persiapkan, grafik ini dibuat untuk perhitungan berat pesawat kotor, dimana 95% berat totalnya ditumpu oleh dua roda pendaratan utama. Di dalam menentukan tebal lapis perkerasan harus ditentukan terlebih dahulu pesawat rencana, yaitu yang bebannya menghasilkan ketebalan perkerasan yang paling besar, pesawat rencana tidak perlu harus yang terberat. Berikut ini adalah beberapa gambar grafik-grafik desain tebal lapis perkerasan yang sudah dipersiapkan pada metode ICAO *United States of America Practice* dapat dilihat pada Gambar 3.2 sebagai berikut.



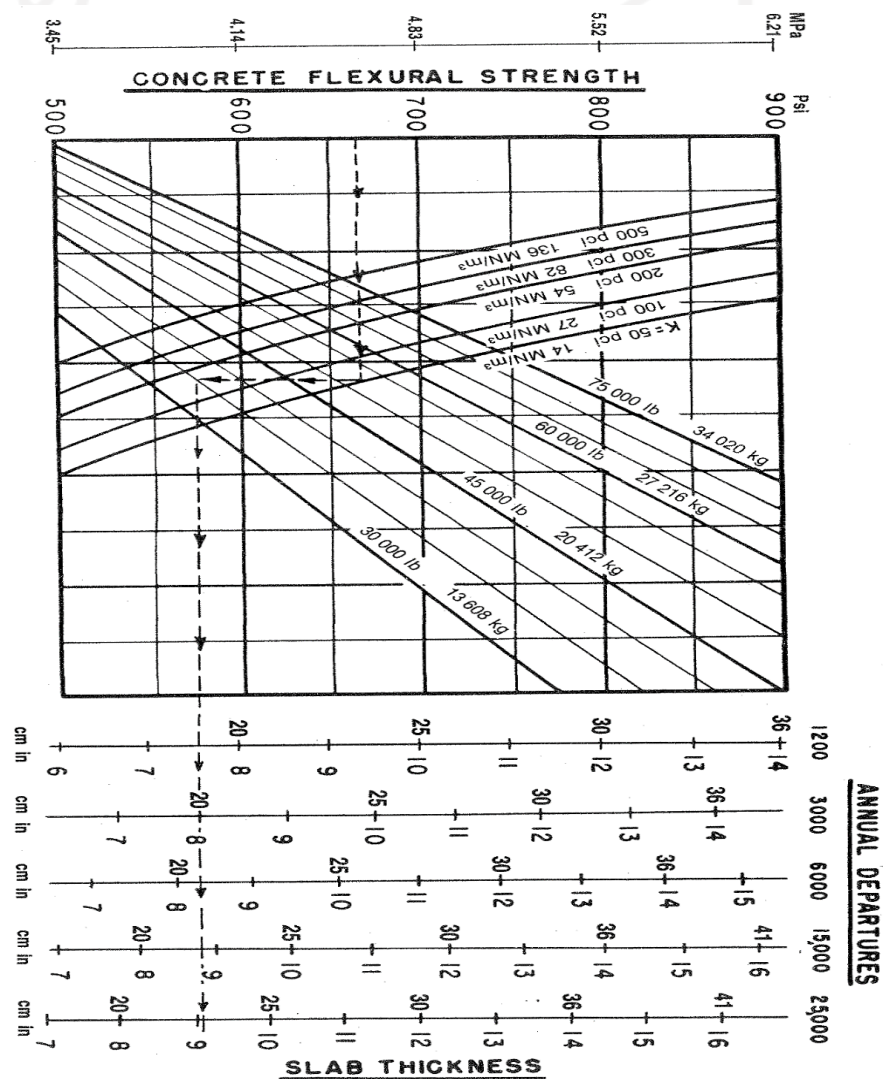
Gambar 3.2 Grafik Desain Tebal Lapis Perkerasan Untuk *Single Wheel Gear*

Sumber : *International Civil Aviation Organization (ICAO)*

Lanjutan dari gambar grafik desain tebal lapis perkerasan dapat dilihat pada Lampiran.

6. Menentukan Tebal Lapis Perkerasan Kaku

Perhitungan ketebalan lapis perkerasan kaku didasarkan pada grafik-grafik yang sudah di persiapkan sama seperti pada perkerasan lentur. Berikut ini adalah beberapa gambar grafik-grafik desain tebal lapis perkerasan yang sudah dipersiapkan pada metode ICAO *United States of America Practice* dapat dilihat pada Gambar 3.3 sebagai berikut



Gambar 3.3 Grafik Desain Tebal Lapis Perkerasan Kaku Untuk *Single Wheel Gear*

Sumber : *International Civil Aviation Organization (ICAO)*

Lanjutan dari gambar grafik desain tebal lapis perkerasan dapat dilihat pada Lampiran 1.

3.2 PENGGUNAAN SOFTWARE FAARFIELD

FAARFIELD merupakan *software* standar dalam desain tebal perkerasan bandara yang berdasarkan dari *AC (Advisory Circular)* 150/5320-6F. Versi program yang digunakan dalam desain ini adalah *FAARFIELD* versi 1.42. Desain perkerasan memiliki umur rencana 20 tahun berdasarkan pada peraturan standar pada desain perkerasan bandara. *FAARFIELD* dikembangkan oleh FAA berdasarkan dengan hasil percobaan yang dilakukan kurang lebih sejak tahun 1940 sampai dengan sekarang. *FAARFIELD* dikembangkan dengan tujuan untuk membantu perencana dalam mendesain perkerasan struktur dengan variabel-variabel yang lebih kompleks. Program ini didasarkan dari konsep *cumulative damage factor (CDF)* dimana distribusi kerusakan yang diberikan dari setiap pesawat pada data lalu lintas campuran ke total kerusakan akan dianalisis secara terpisah, sehingga program ini tidak seharusnya digunakan untuk membandingkan kebutuhan tebal lapis perkerasan untuk setiap pesawat seperti yang dilakukan pada metode *AC (Advisory Circular)* versi sebelumnya.

FAARFIELD beroperasi dengan menggunakan dua sub-program yaitu LEAF dan NIKE3D_FAA. LEAF adalah program yang beroperasi seperti layaknya *Microsoft Windows dynamic link library* yang diprogram pada *Visual Basic* tahun 2005, sedangkan NIKE3D_FAA beroperasi layaknya *dynamic link library* yang diprogram pada *FORTRAN*. *FAARFIELD* versi 1.42 memiliki daftar pesawat-pesawat yang lebih update dari versi sebelumnya, program ini sendiri dikembangkan untuk melakukan desain tebal lapis perkerasan yang memiliki data lalu lintas pesawat campuran, melakukan desain pada satu tipe pesawat untuk menentukan pesawat rencana tidak diperlukan menggunakan program ini dimana jika desain mendapatkan nilai $CDF = 1$ maka desain sudah dianggap memuaskan oleh *FAARFIELD*.

Umur desain yang digunakan sesuai dengan standar FAA yaitu 20 tahun. Proses desain pada metode sebelumnya membutuhkan semua data lalu lintas untuk

dikonversikan kedalam satu data lalu lintas pesawat rencana begitu juga dengan *annual departures*. Pesawat rencanya untuk desain dipilih dari pesawat mana yang memberikan kerusakan terberat berdasarkan beban dan jumlah keberangkatan, sedangkan *FAARFIELD* tidak mengkonversikan data lalu lintas pesawat campuran ke pesawat rencana melainkan menganalisis kerusakan yang dilakukan terhadap perkerasan pada tiap pesawat dan menentukan tebal lapis perkerasan dari total kumulatif kerusakan.

Pada desain perkerasan *FAARFIELD* hanya mempertimbangkan keberangkatan dari pada kedatangan dikarenakan perbedaan beban pesawat pada kedatangan yang cenderung lebih ringan dari pada keberangkatan karena pemakaian bahan bakar.

CDF (*Cumulative Damage Factor*) adalah jumlah *the structural fatigue life* dari sebuah perkerasan yang sudah digunakan, CDF dijabarkan sebagai berikut.

$$\text{CDF} = \frac{\text{Jumlah pengulangan beban yang diterapkan}}{\text{Jumlah pengulangan yang dibolehkan}} \quad (3.3)$$

Atau

$$\text{CDF} = \frac{(\text{Annual departures}) \times (\text{Umur rencana})}{\left(\frac{\text{Pass}}{\text{coverage ratio}}\right) \times (\text{coverage to failure})} \quad (3.4)$$

Pada hasil akhir desain untuk mengetahui apakah desain tersebut bisa diterima maka dapat dilihat dari nilai CDF setelah proses desain selesai dilakukan oleh *FAARFIELD* dimana jika CDF kurang dari 1 untuk perkerasan lentur dan PCC CDF sama dengan 1 untuk perkerasan kaku.

1.2.1 Bahan-bahan material dalam desain perkerasan.

Berikut ini adalah bahan-bahan material yang digunakan untuk desain tebal perkerasan pada *FAARFIELD*.

1. Surface

Untuk lapisan *surface* pada perkerasan lentur bahan yang digunakan adalah P-401 HMA (*Hot Mix Asphalt*) dikarenakan dapat mencegah air untuk menembus ke *base course*, memberikan permukaan yang halus, dan bebas dari partikel yang berenggangan yang dapat membahayakan pesawat dan penumpang. Pada perkerasan kaku bahan yang digunakan adalah P-501 *Portland Cement Concrete Pavement* karena memberikan permukaan beton

yang memberikan tekstur permukaan tidak selip, dapat menahan air agar tidak menembus ke lapisan *subgrade* dan memberikan dukungan struktural pada pesawat.

2. *Base*

Bahan yang dapat digunakan pada lapisan *base* dalam perkerasan lentur adalah sebagai berikut.

- a. Item P-208 *Aggregate Base Course*
- b. Item P-209 *Crushed Aggregate Base Course*
- c. Item P-211 *Lime Rock Base Course*
- d. Item P-219 *Recycled Concrete Aggregate Base Course*
- e. Item P-304 *Cement Treated Base Course*
- f. Item P-401 *Plant Mix Bituminous Pavements*
- g. Item P-403 *HMA Base Course*

3. *Subbase*

Bahan yang dapat digunakan pada lapisan *subbase* dalam perkerasan lentur adalah sebagai berikut.

- a. Item P-154 *Subbase Course*
- b. Item P-210 *Caliche Base Course*
- c. Item P-212 *Shell Base Course*
- d. Item P-213 *Sand Clay Base Course*
- e. Item P-301 *Soil Cement Base Course*

Sedangkan untuk bahan yang dapat digunakan dalam perkerasan kaku adalah sebagai berikut.

- a. Item P-154 *Subbase Course*
- b. Item P-208 *Aggregate Base Course*
- c. Item P-209 *Crushed Aggregate Base Course*
- d. Item P-211 *Lime Rock Base Course*
- e. Item P-301 *Soil Cement Base Course*
- f. Item P-304 *Cement Treated Base Course*
- g. Item P-306 *Econocrete Subbase Course*
- h. Item P-401 *Plant Mix Bituminous Pavements*

- i. Item P-403 HMA Base Course

1.2.2 Tebal Lapisan Perkerasan Minimum Pada Perkerasan Lentur dan Kaku.

Berikut ini adalah tabel tebal lapis perkerasan minimum pada perkerasan lentur dan perkerasan kaku.

1. Perkerasan Lentur

Tabel 3.3 Tebal Minimum pada Perkerasan Lentur

Jenis Lapisan	Bahan Spesifikasi FAA	Berat Maksimal pada Lapisan Perkerasan lbs (Kg)		
		<12.500 (5,670)	<100.000 (45.360)	≥100.000 (45.360)
<i>HMA Surface</i>	<i>P-401, Hot Mix Asphalt (HMA) Pavements</i>	3 in. (75 mm)	4 in. (100 mm)	4 in. (100 mm)
<i>Stabilized Base</i>	<i>P-401 or P-403; P-304; P-3064</i>	Tidak dibutuhkan	Tidak dibutuhkan	5 in. (125 mm)
<i>Crushed Aggregate Base</i>	<i>P-209, Crushed Aggregate Base Course</i>	3 in. (75 mm)	6 in. (150 mm)	6 in. (150 mm)
<i>Aggregate Base</i>	<i>P-208, Aggregate Base Course</i>	3 in. (75 mm)	Not Used	Not Used
<i>Subbase</i>	<i>P-154, Subbase Course</i>	4 in. (100 mm)	4 in. (100 mm) (Jika dibutuhkan)	4 in. (100 mm) (Jika dibutuhkan)

Sumber : Advisory Circular Doc No. AC 150/5320-6F (2016)

2. Perkerasan Kaku

Tabel 3.4 Tebal Minimum pada Perkerasan Kaku

Jenis Lapisan	Bahan Spesifikasi FAA	Berat Maksimal pada Lapisan Perkerasan lbs (Kg)		
		<12.500 (5,670)	<100.000 (45.360)	≥100.000 (45.360)
<i>PCC Surface</i>	<i>P-501, Portland Cement Concrete (PCC) Pavements</i>	5 in. (125 mm)	6 in. (150 mm)	6 in. (150 mm)
<i>Stabilized Base</i>	<i>P-401 or P-403; P-304; P-306</i>	Not Required	Not Required	5 in. (125 mm)
<i>Base</i>	<i>P-208, P-209, P-211, P-301</i>	Not Required	6 in. (150 mm)	6 in. (150 mm)
<i>Subbase</i>	<i>P-154, Subbase Course</i>	4 in. (100 mm)	Jika dibutuhkan	Jika dibutuhkan

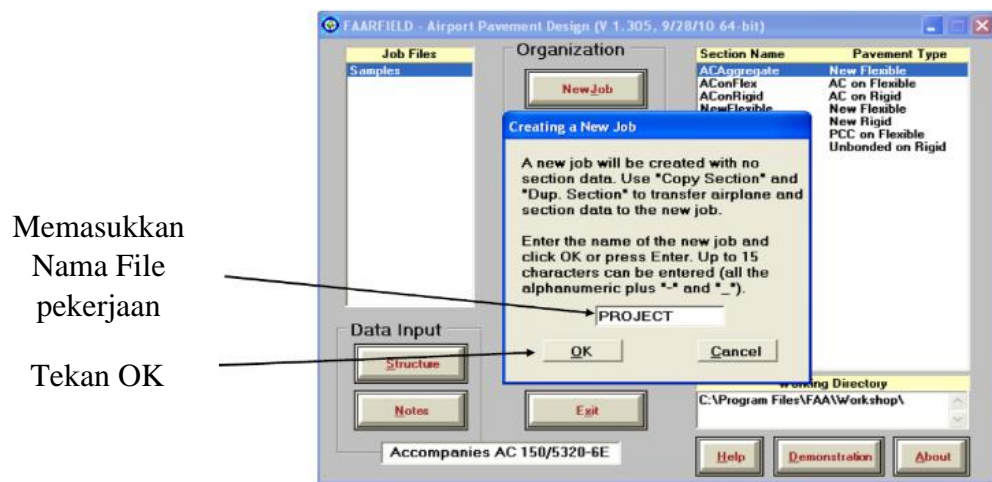
Sumber : Advisory Circular Doc No. AC 150/5320-6F (2016)

1.2.3 Langkah-langkah Penggunaan *FAARFIELD* dalam Desain Perkerasan Bandara.

Langkah-langkah dalam penggunaan *software* FAARFIELD adalah sebagai berikut.

1. Membuat File Kerja

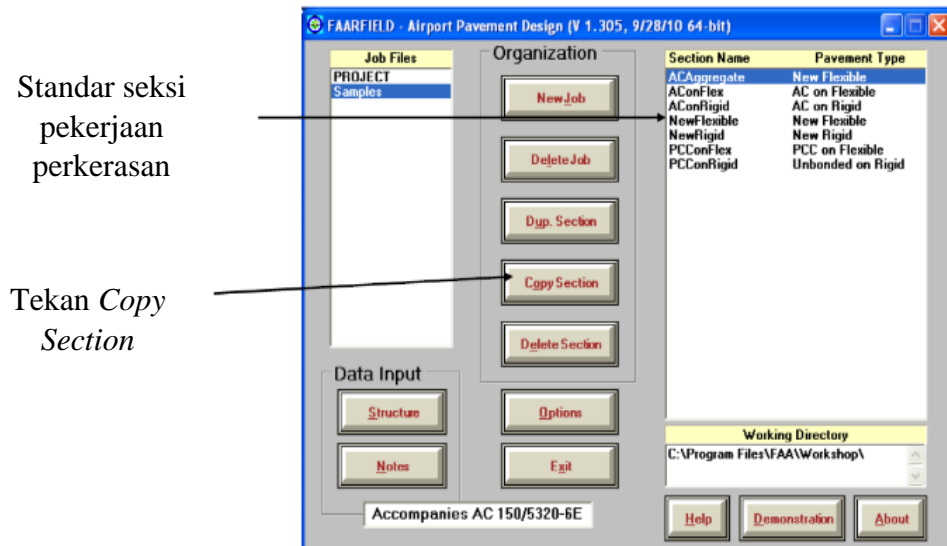
Untuk memulai *Faarfield* pertama-tama harus membuat *Job file* baru dengan cara menekan tombol “*New Job*” dan memberi nama pada file pekerjaan yang akan kita desain.



Gambar 3.4 Membuat File Kerja

2. Menyalin *Sample* Perkerasan Dasar

Setelah itu mengcopy *basic pavement type* yang sesuai dengan struktur jenis apa yang akan di desain pada *sample*.



Gambar 3.5 Menyalin *Sample* Perkerasan Dasar

Berikut ini adalah Tabel 3.5. *Basic Pavement Type* yang sudah disediakan oleh *Faarfield*.

Tabel 3.5 *Basic Pavement Type* pada *Software Faarfield*

<i>Section Name</i>	<i>Pavement Type</i>
<i>ACAggregate</i>	<i>New flexible on aggregate base</i>
<i>AConFlex</i>	<i>HMA overlay on flexible pavement</i>
<i>AConRigid</i>	<i>HMA overlay on rigid pavement</i>
<i>NewFlexible</i>	<i>New flexible on stabilized base</i>
<i>NewRigid</i>	<i>New rigid on stabilized base</i>
<i>PCConFlex</i>	<i>PCC overlay on flexible</i>
<i>PcConRigid</i>	<i>Unbonded PCC on rigid</i>

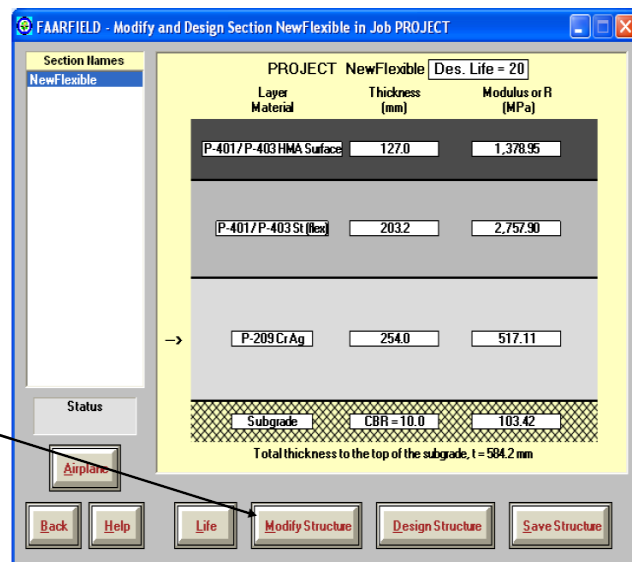
Sumber: FAARFIELD

Tahap desain perkerasan lentur dan perkerasan kaku pada *Faarfield* hampir sama, yang membedakan adalah pada saat memilih *basic pavement type*. Pada perkerasan lentur yang dipilih adalah *New flexible on aggregate base (ACAggregate)* atau *New flexible on stabilized base (NewFlexible)* dan untuk rigid adalah *New rigid on stabilized base (NewRigid)*

3. Struktur Perkerasan

Pada tahap ini mengisi segala keperluan yang dibutuhkan pada saat desain struktur lapis perkerasan, dimulai dengan membuka jendela struktur untuk membuka file dan kemudian akan terlihat sampel perkerasan yang sudah dipilih sebelumnya. Standar satuan pada *Faarfield* adalah satuan *United Stated* jika ingin dirubah dalam satuan meter maka dapat dirubah pada jendela option. Setelah itu melakukan modifikasi pada struktur.

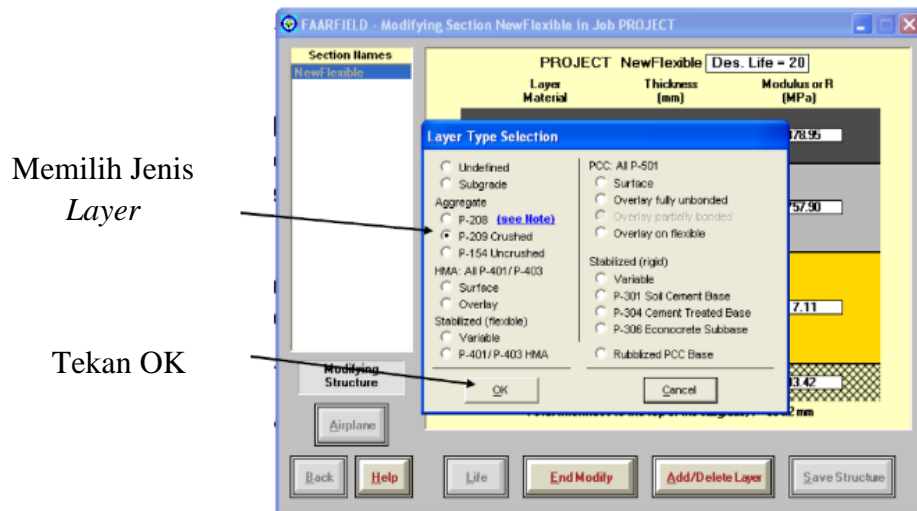
Tekan *Modify* untuk memodifikasi struktur



Gambar 3.6 Struktur Perkerasan

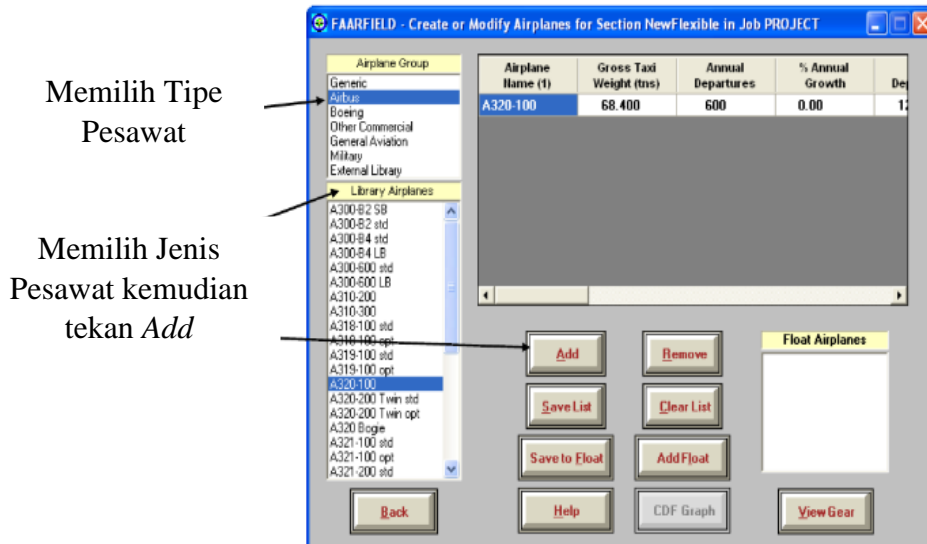
4. Memodifikasi Struktur Perkerasan

Memilih jenis lapisan perkerasan yang akan dimodifikasi pada rencana desain. Bagian-bagian yang dimodifikasi adalah jenis material, ketebalan yang akan direncanakan



Gambar 3.7 Memodifikasi Struktur Perkerasan

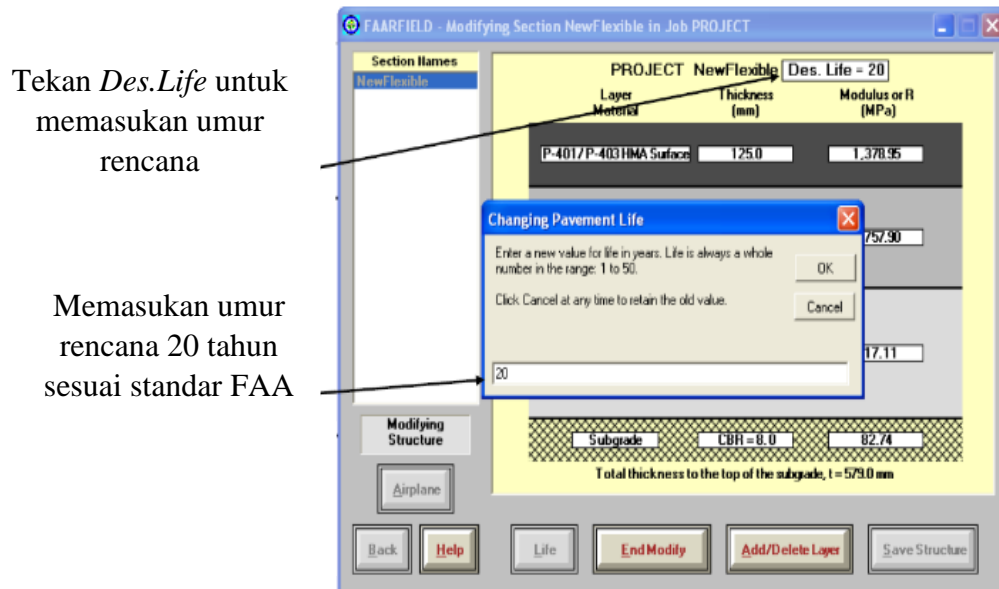
- Memasukkan Data Lalu Lintas
Memasukan jenis-jenis pesawat yang diperkirakan akan beroperasi pada hasil desain rencana.



Gambar 3.8 Memasukkan Data Lalu Lintas

6. Umur Rencana

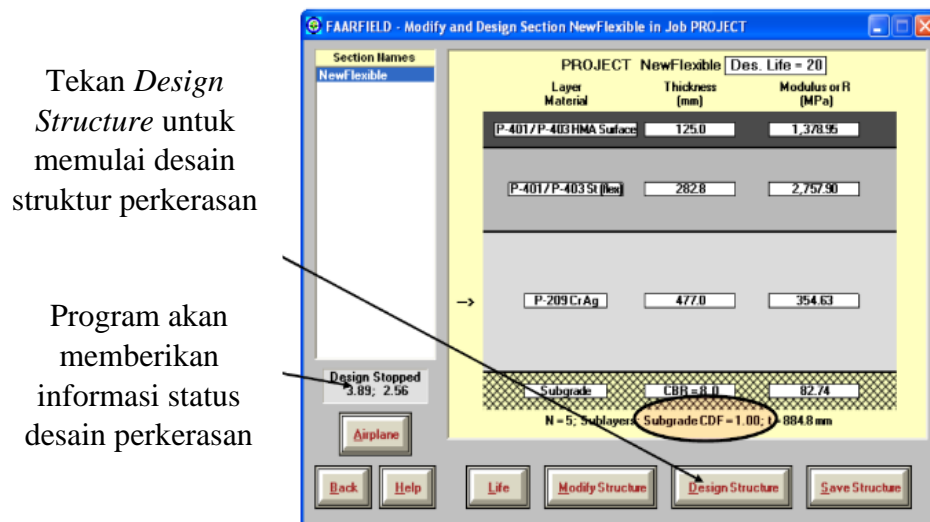
Memasukkan umur rencana pada *Faarfield* dalam hal ini standar umur rencana yang akan dihitung nantinya adalah 20 tahun.



Gambar 3.9 Umur Rencana

7. Melakukan Desain Struktur Perkerasan

Setelah memasukkan semua data yang diperlukan. Sudah dapat melakukan desain dengan cara menekan tombol "*Design Structure*". Program akan menyesuaikan lapisan pada proses perencanaan sampai nilai CDF (*Cumulative Damage Factor*) yang didapatkan adalah 1.



Gambar 3.10 Melakukan Desain Struktur Perkerasan



BAB IV METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian pendekatan kuantitatif, yaitu pendekatan dalam penelitian dengan mengukur indikator variabel yang digunakan dalam penelitian dalam bentuk kuantitas atau angka sehingga diperoleh besarnya nilai dari sebuah gambaran-gambaran diantara variabel yang diteliti. Menurut Surakhmad (1998), tujuan dari pendekatan kuantitatif adalah mengukur dimensi yang ingin diteliti.

4.2 Pengumpulan Data

Data yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh dari PT. Angkasa Pura I (Persero). Data-data yang berkaitan dengan penelitian antara lain sebagai berikut.

1. Data CBR tanah dasar pada pembangunan *Yogyakarta International Airport*
2. Data lalu lintas pesawat berdasarkan pada rencana pesawat yang akan beroperasi pada *Yogyakarta International Airport*.

4.3 Perhitungan Struktur

Perencanaan struktur tebal perkerasan berikut ini menggunakan metode ICAO (*International Civil Aviation Organization*) *United States of America Practice* untuk perhitungan secara manual, dan menggunakan *FAARFIELD* untuk perhitungan dengan bantuan *software*.

4.4 Alat

Alat pada penelitian ini digunakan untuk mempermudah Peneliti dalam menganalisis data. Alat yang digunakan semuanya berupa program program komputer, yaitu.

1. Program *FAARFIELD* digunakan untuk menganalisis data pada perencanaan tebal lapis perkerasan.

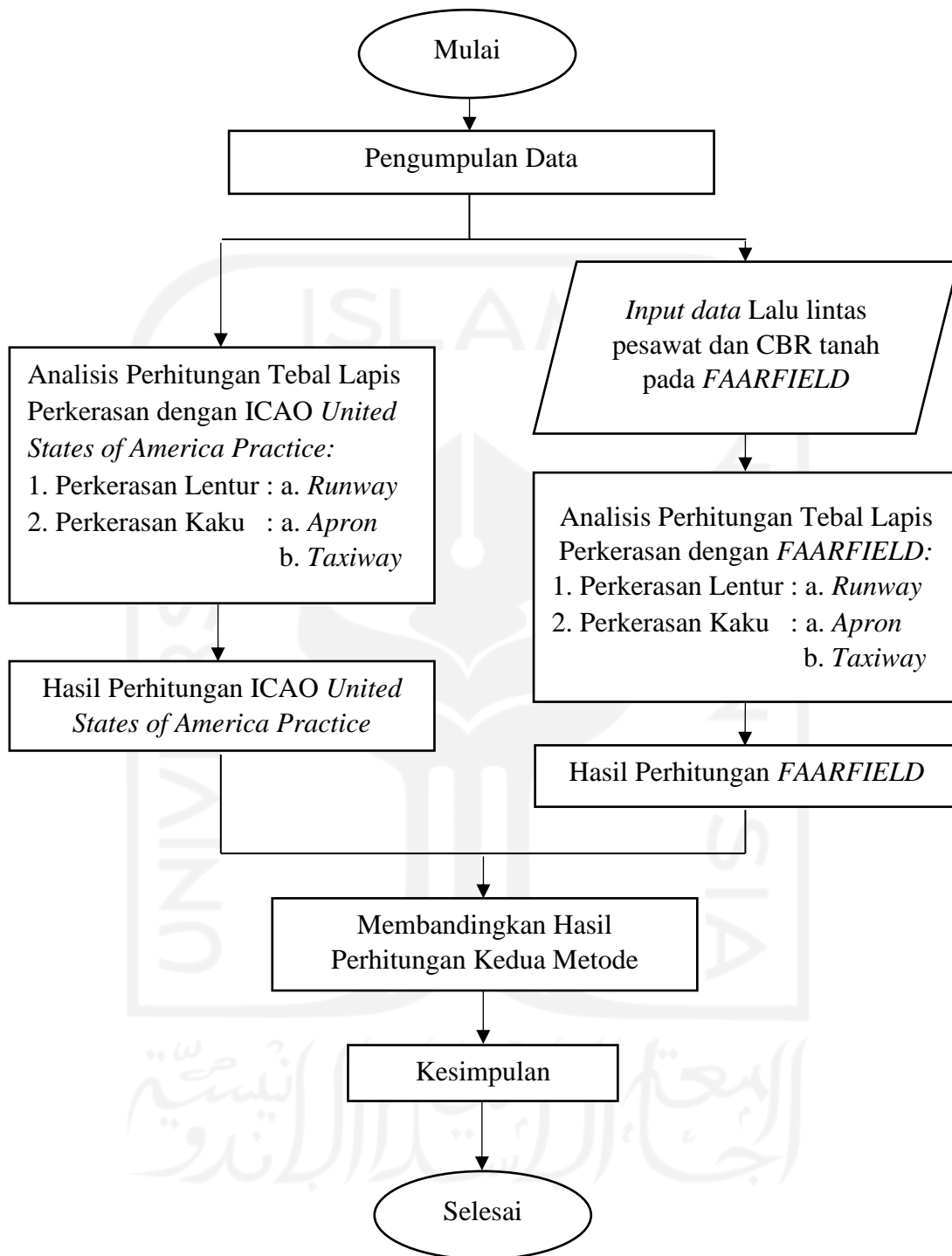
2. *Autocad* digunakan untuk pemodelan struktur tebal lapis perkerasan

4.5 Analisis Data

Metode analisis data merupakan metode atau cara yang digunakan untuk menyederhanakan dan mempermudah dalam memahami data yang diperoleh. Data yang didapatkan dari PT. Angkasa Pura I kemudian dilakukan analisis perhitungan tebal lapis perkerasan menggunakan *software FAARFIELD* dan metode *United States of America* untuk perhitungan secara manual. Hasil yang di dapatkan nantinya dibandingkan dan dibuatkan pemodelan menggunakan *Autocad* dan nantinya akan dijelaskan pada bab kesimpulan dan saran.

4.6 Bagan Alir Penelitian

Metode penelitian menunjukkan bagaimana proses penelitian yang dilakukan sampai dengan analisis dan kesimpulan. Tahapan metode penelitian disajikan dengan bagan alir untuk mempermudah pemahaman dimana dalam *flowchart* di bawah dikumpulkan data sekunder dari PT Angkasa Pura I kemudian dari data yang didapatkan, dilakukan analisis desain tebal lapis perkerasan menggunakan dua metode yaitu metode FAA menggunakan *Faarfield* dan metode ICAO *United States of America Practice*, setelah selesai melakukan analisis dibandingkan hasil tebal lapis perkerasan, setelah selesai membandingkan hasil tebal lapis perkerasan kemudian memberikan kesimpulan dan selesai. Bagan alir atau *flowchart* dapat dilihat pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 *Flowchart* Penelitian

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Data Penelitian

Data penelitian pada penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari PT. Angkasa Pura I (Persero). Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data CBR tanah dasar dan data lalu lintas pesawat yang akan beroperasi pada *Yogyakarta International Airport (YIA)*.

5.1.1 Data CBR

Data CBR tanah dasar yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan dari PT. Angkasa Pura I (Persero) adalah menggunakan parameter CBR *Subgrade* 6%, CBR *Subbase* 30% untuk *Runway*, CBR *Subbase* 27% untuk *Taxiway*, dan CBR *Subbase* 35% untuk *Apron*.

5.1.2 Nilai Ksubgrade (*Modulus reaction of subgrade*)

Dari data CBR di atas maka dapat dihitung nilai Ksubgrade yaitu nilai *modulus of soil reaction* (k) dan nilai modulus elastisitas (E) sebagai berikut

$$\begin{aligned}k &= 26,6926 \times \text{CBR}^{0,7788} \\ &= 26,6926 \times 6^{0,7788} \\ &= 115,8228 \text{ pci} = 31,4397 \text{ MN/m}^3 \\ E &= 20,15 \times k^{1,284} \\ &= 20,15 \times 115,8228^{1,284} \\ &= 8998,8419 \text{ psi} = 62,0448 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

5.1.3 Data Lalu Lintas Pesawat

Data lalu lintas pesawat adalah data pesawat yang akan beroperasi pada *Yogyakarta Internatial Airport (YIA)*. Berikut ini adalah data lalu lintas pesawat yang diperoleh dari PT. Angkasa Pura I (Persero).

Tabel 5.1 Data Lalu Lintas Pesawat Yogyakarta International Airport (YIA)

No.	Nama	Gross Wt.	Annual Departures
		ton	
1	A321-200 std	89,4	10
2	A320-100	68,4	10.047
3	B737-800	79,243	7.409
4	B737-900 ER	85,366	6.019
5	A330-300 std	230,9	119
6	B787-9 (Preliminary)	251,744	41
7	A350-900	272,904	1
8	B777-300 ER	352,441	400
9	B747-400	397,801	22
10	B747-400 Belly	397,801	22
11	A380	562	52
12	A380 Belly	562	52

Sumber : PT. Angkasa Pura I (Persero)

5.1.4 Annual Growth Pesawat

Berdasarkan data yang diperoleh dari PT. Angkasa Pura I (Persero) *annual growth* pada pesawat kelas C adalah 3,3% dan untuk pesawat kelas D adalah 9,46%, dimana berdasarkan FAA pesawat kelas C adalah pesawat dengan beban antara 20,5 ton sampai dengan 127,5 ton, dan pesawat kelas D adalah pesawat dengan beban di atas 127,5 ton.

5.2 Perhitungan Struktur

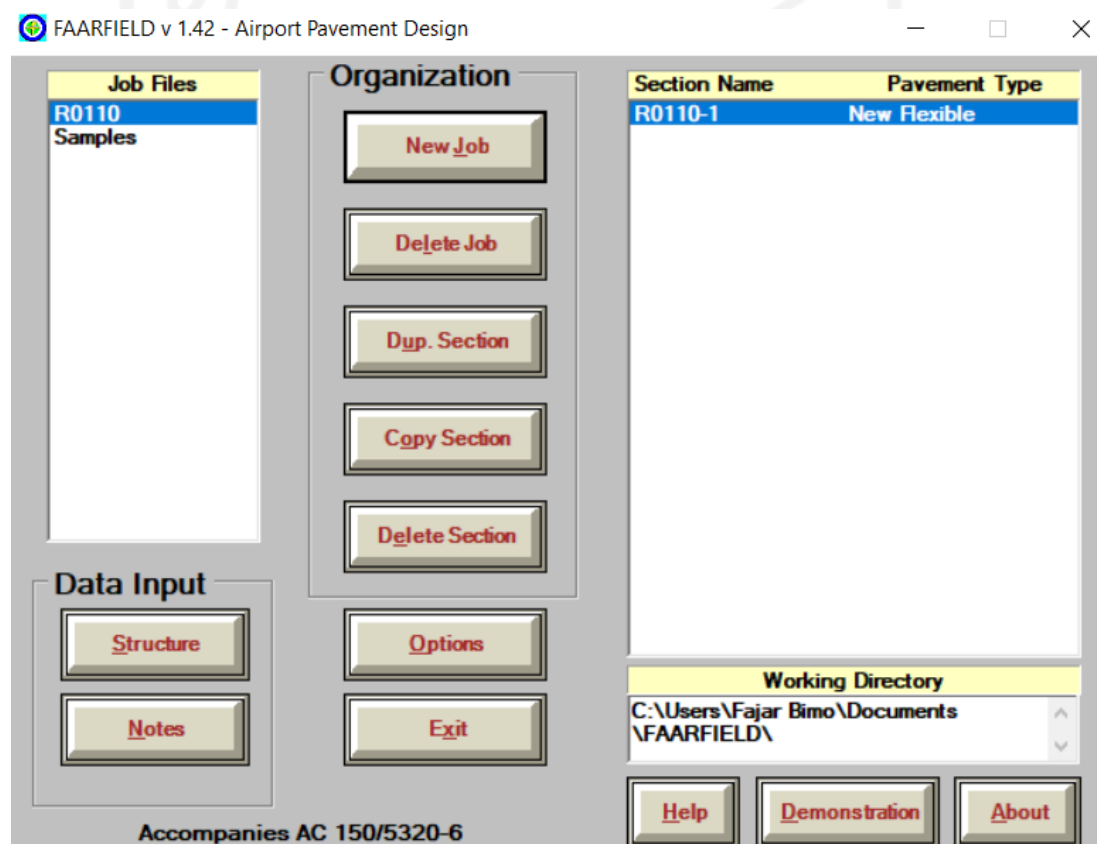
Perhitungan perkerasan struktur dibagi menjadi dua macam yaitu perkerasan lentur untuk bagian *runway*, dan perkerasan kaku untuk bagian *taxiway* dan *apron*. Digunakan perkerasan kaku dan lentur pada perhitungan ini adalah agar hasil dari dua metode dapat dibandingkan. Metode yang digunakan dalam perhitungan ini adalah metode ICAO (*International Civil Aviation Organization*) *United States of America Practice* secara manual dan Metode FAA dengan menggunakan *software FAARFIELD*.

5.2.1 Perhitungan Perkerasan Metode FAA dengan menggunakan *Software FAARFIELD* pada *Runway*

Berikut ini adalah langkah-langkah perhitungan dengan menggunakan metode FAA menggunakan *software FAARFIELD*.

1. Menghitung Perkerasan Lentur

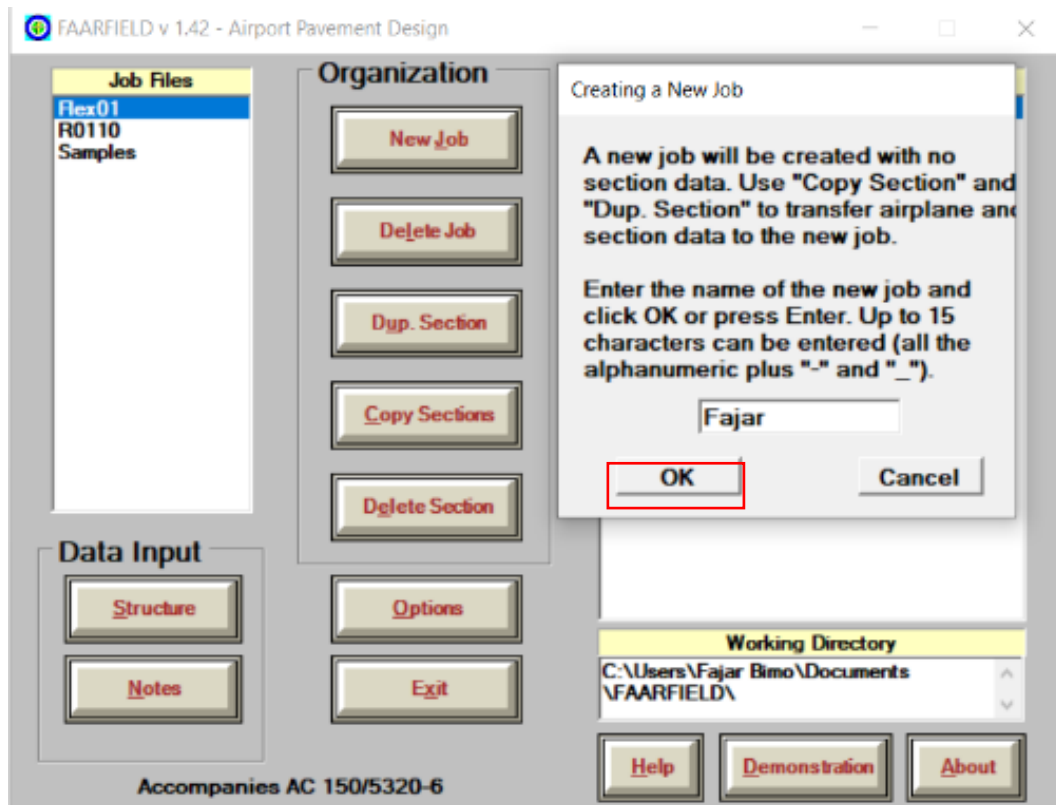
Mebuat *Job file* baru dengan cara membuka aplikasi *FAARFIELD* dan kemudian menekan tombol *new job* dan memberikan pada file pekerjaan yang kita desain.



Gambar 5.1 Tampilan awal pada *FAARFIELD*

Sumber: *FAARFIELD*

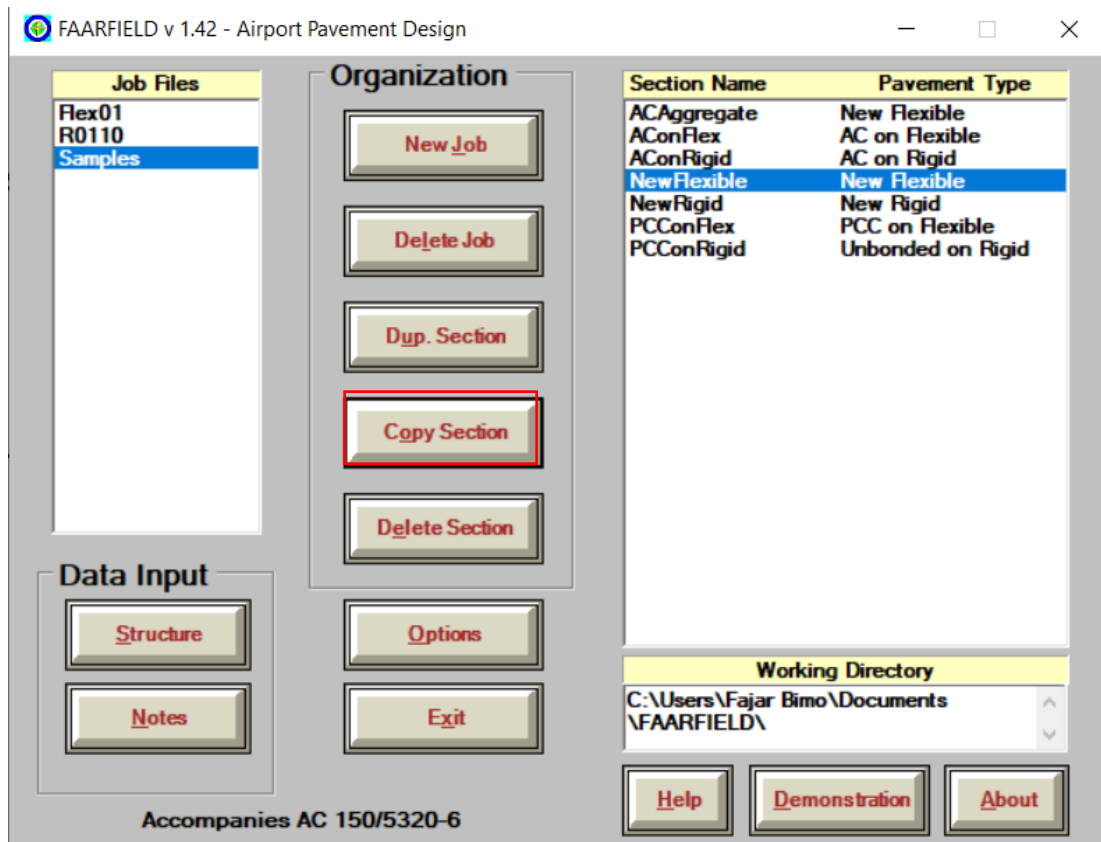
Setelah menekan tombol *New Job* maka muncul *window* seperti pada gambar di bawah, nama file pekerjaan pada desain ini diberi nama Fajar.



Gambar 5.2 Membuat *Job File* baru

Sumber: FAARFIELD

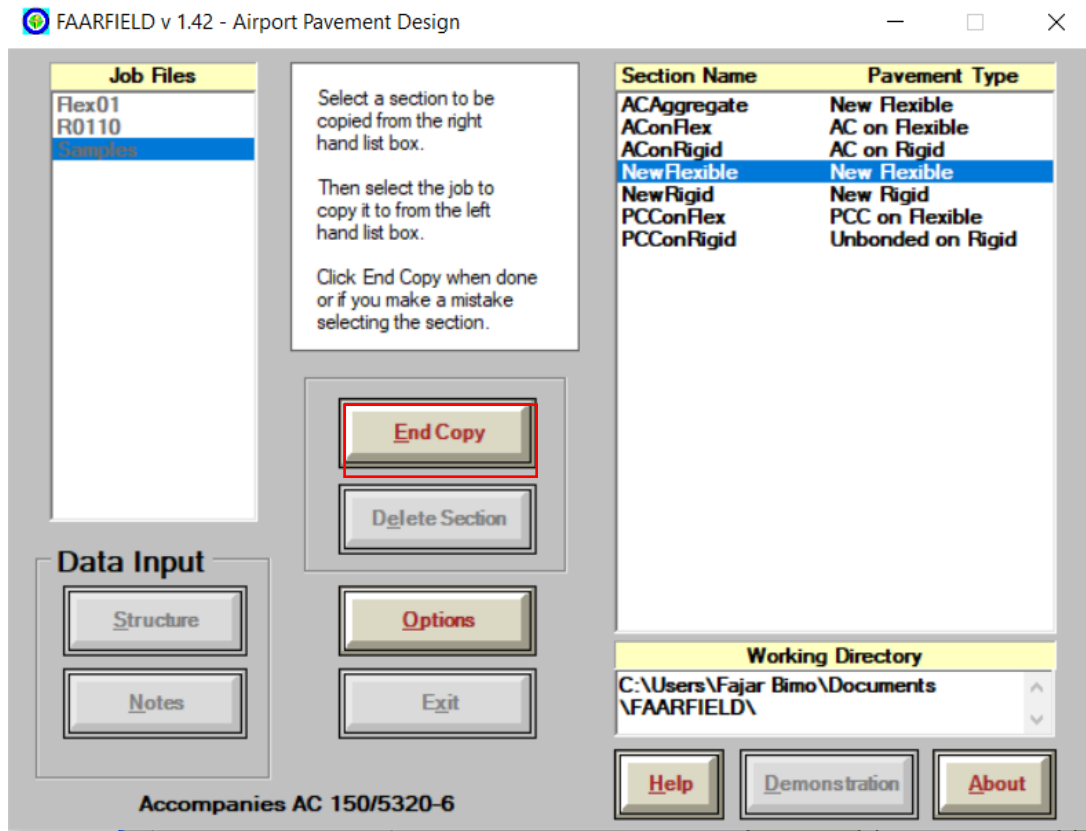
Setelah memberi nama klik *OK*, kemudian *copy section* perkerasan yang kita analisis pada *job file* yang sudah kita buat dengan memilih *section* perkerasan yang sudah tersedia pada *FAARFIELD* seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 5.3 Memilih *Section* Perkerasan yang tersedia pada *FAARFIELD*

Sumber: FAARFIELD

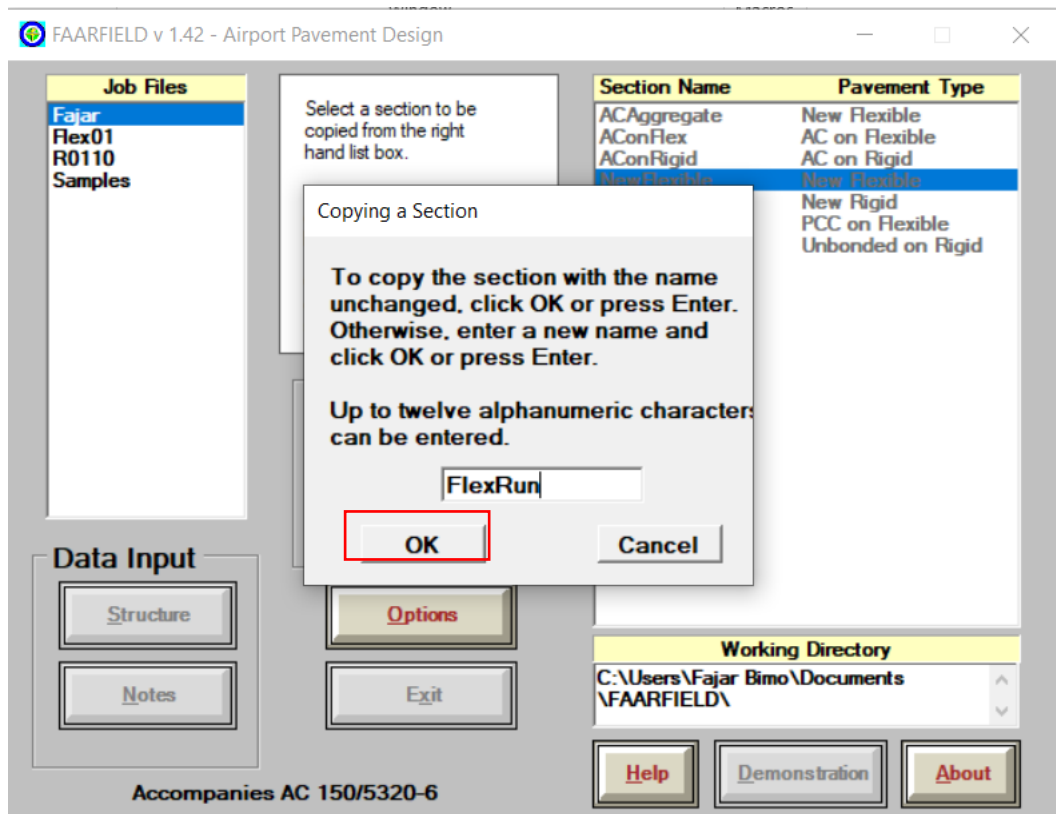
Setelah itu klik tombol *Copy section* dan pilih jenis perkerasan yang dilakukan, dalam hal ini dipilih *new flexible* untuk melakukan perhitungan perkerasan lentur.



Gambar 5.4 Melakukan *Copy* pada seksi perkerasan lentur

Sumber: FAARFIELD

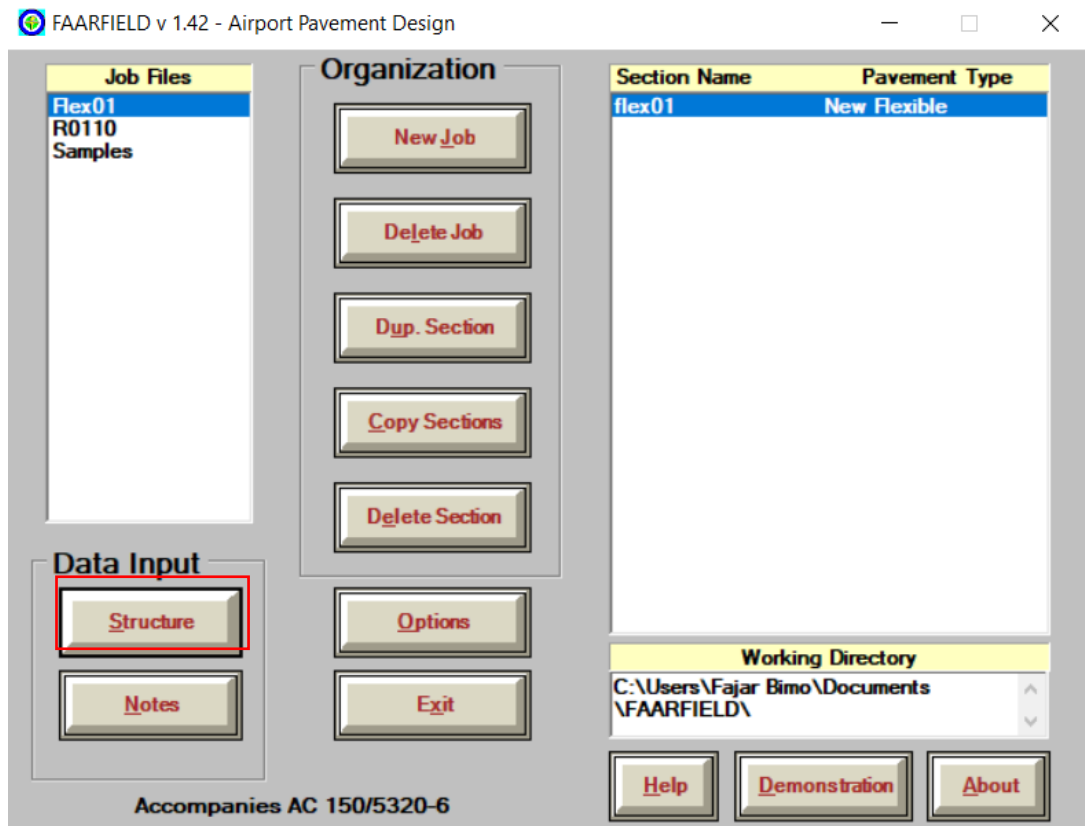
Setelah melakukan copy dan memilih perkerasan lentur klik *end copy*.



Gambar 5.5 Memberi nama pada seksi perkerasan lentur

Sumber: FAARFIELD

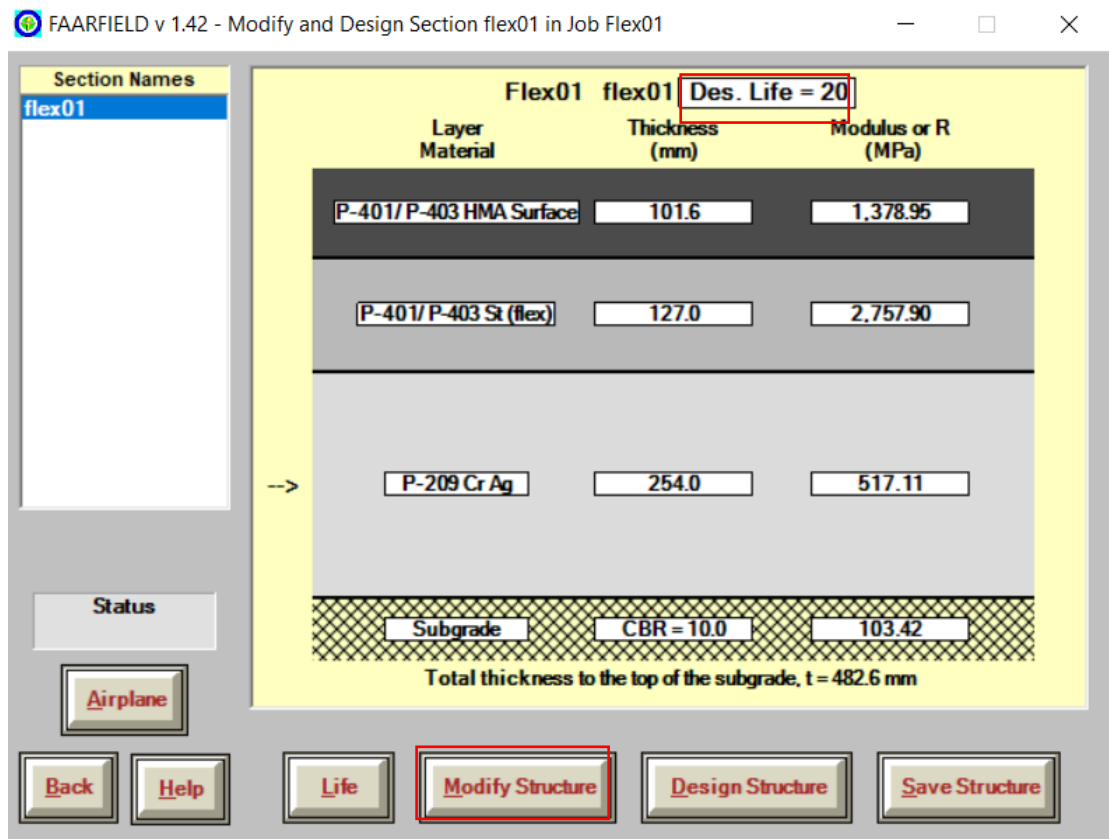
Setelah klik *end copy* maka akan muncul jendela yang bermaksud untuk memberikan nama pada seksi perkerasan lentur yang sudah kita *copy* sebelumnya disini diberikan nama *FlexRun*. Setelah itu klik *OK* kemudian dengan ini dapat melanjutkan ke tahap desain perkerasan lentur.



Gambar 5.6 klik tombol *structure* untuk masuk desain

Sumber: FAARFIELD

Untuk masuk jendela desain bisa dengan cara meng-*klik* tombol *structure* dan kemudian akan tampil jendela seperti gambar di bawah.

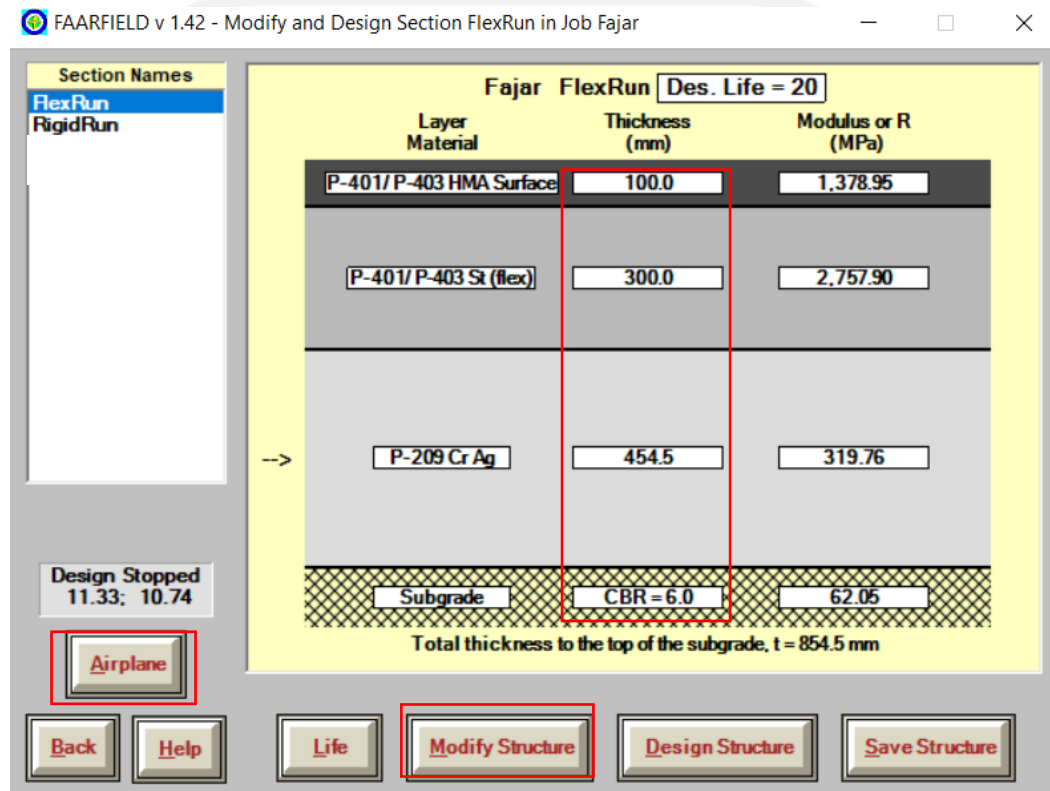


Gambar 5.7 Jendela awal desain struktur perkerasan

Sumber: FAARFIELD

Dalam gambar di atas dapat dilihat tampilan jendela awal *structure*, nilai-nilai yang terdapat digambar di atas adalah nilai yang otomatis dibuat oleh *faarfield* ketika membuka jendela *structure* dan dapat dilihat susunan lapis perkerasan yang sudah tersedia dalam *section new flexible*, dalam susunan tersebut terdapat lapisan *surface*, disini bahan material yang akan digunakan adalah P-401/P-403 HMA *Surface*, pada bagian *base* bahan yang digunakan adalah P-401/P-403 Stabilized (*flex*) pada bagian *subbase* bahan yang digunakan adalah P-209 *crushed aggregate*, dan juga dapat dilihat bahwa umur desain 20 tahun sesuai dengan standar FAA, dan juga untuk mengganti CBR menjadi 6% sesuai dengan parameter tanah dasar yang digunakan dalam desain ini. Untuk melakukan desain pada bagian memodifikasi tebal perkerasan pada bagian lapisan *surface* dan *base* disebabkan oleh pada *newflexible FAARFIELD* hanya akan memproses pada bagian *subbase* dalam hal ini dapat dilihat pada tanda panah yang berada pada

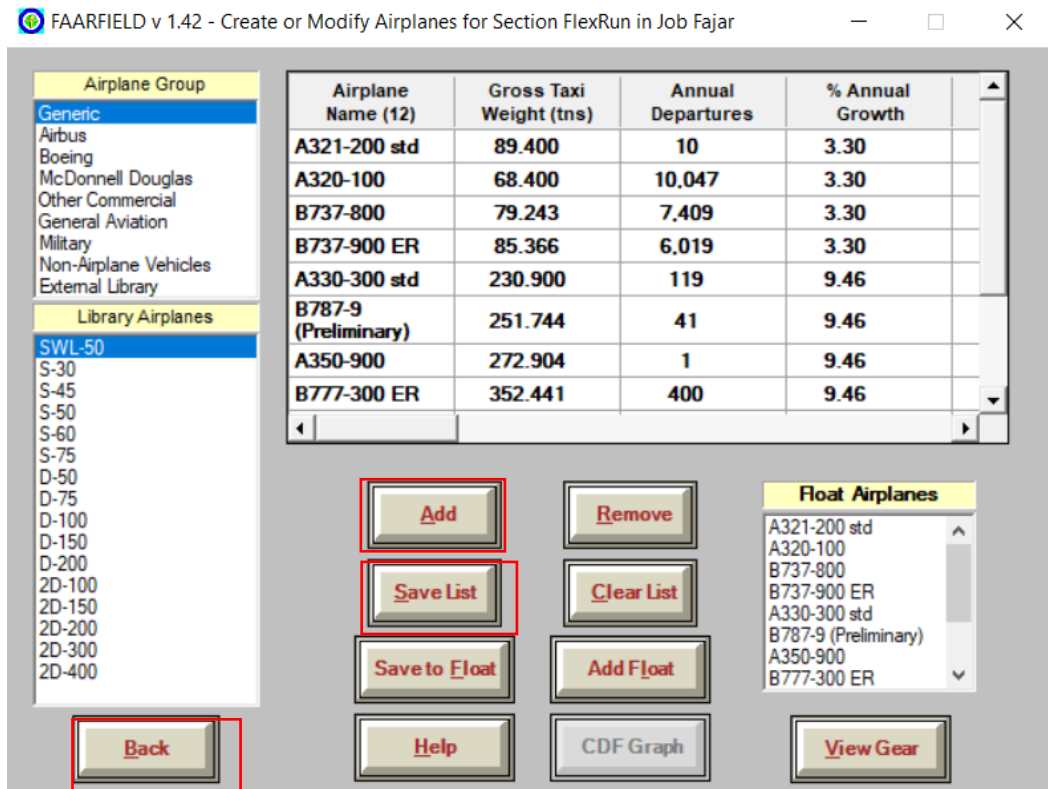
lapisan *subbase*, tebal lapisan lainnya juga nanti akan menyesuaikan pada saat setelah aplikasi melakukan proses *run*. Untuk memodifikasikan tebal lapisan dapat dilakukan dengan cara mengklik pada bagian *modify structure*, mengganti tebal lapisan dengan tebal yang memenuhi tebal minimum untuk perkerasan lentur dimana *surface* menjadi 100 mm, *base* menjadi 300 mm.



Gambar 5.8 Modifikasi Struktur

Sumber: FAARFIELD

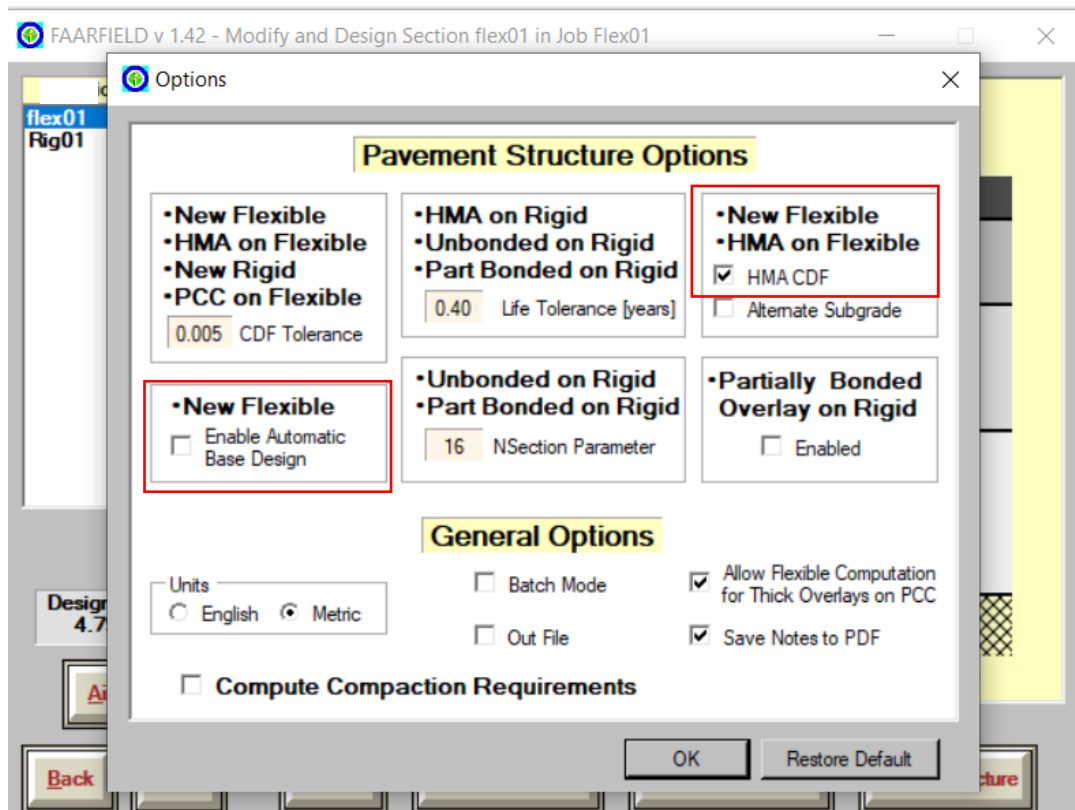
Setelah selesai melakukan modifikasi bisa langsung mengklik tombol *end modify*, setelah itu dilanjutkan dengan memasukkan data lalu lintas pesawat yang diperoleh dari PT. Angkasa Pura I (Persero) ke *FAARFIELD* dengan cara mengklik pada tombol *airplane*.



Gambar 5.9 Memasukan data lalu lintas pesawat

Sumber: FAARFIELD

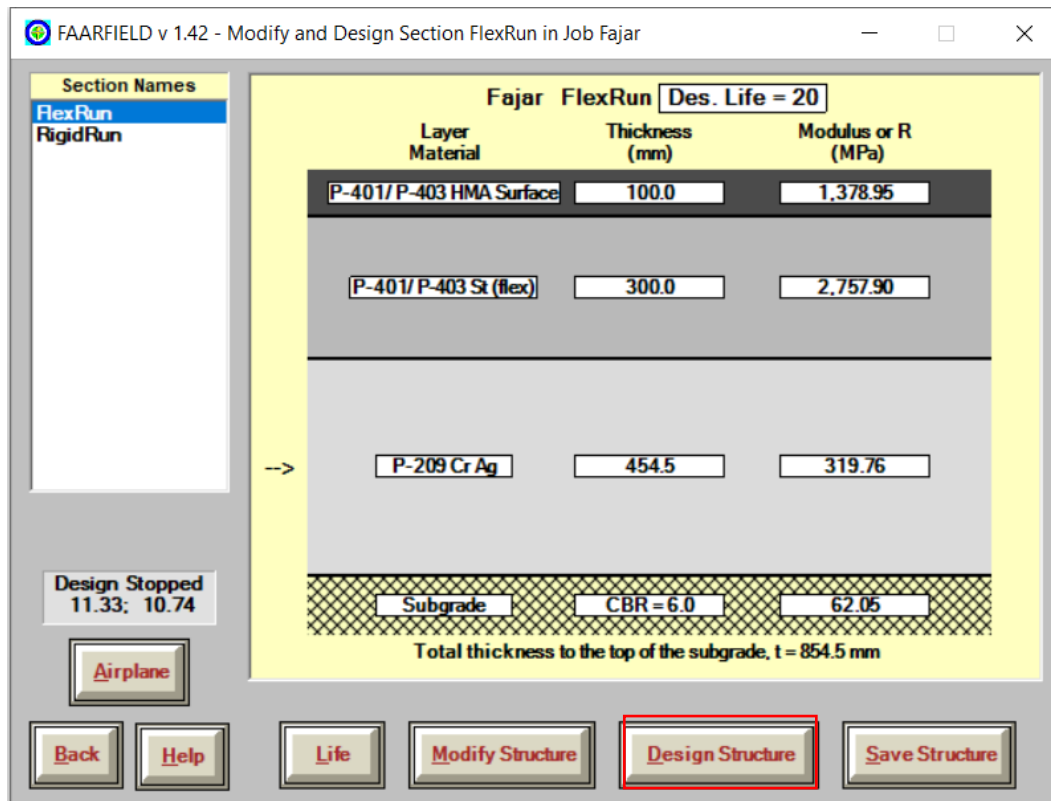
Memasukan data lalu lintas pesawat sesuai dengan data yang didapatkan, pesawat dimasukan dengan cara mencari jenis pesawat dan seri pesawat pada kolom *airplane group* dan *library airplane* kemudian klik tombol *add* untuk menambahkan pada daftar pesawat kemudian memodifikasi *annual departures* sesuai dengan data yang diperoleh, setelah semua pesawat sudah dimasukan klik *save list* untuk menyimpan list pesawat yang nantinya dapat digunakan pada saat desain perkerasan kaku, setelah itu klik *back*.



Gambar 5.10 Jendela *Option*

Sumber: FAARFIELD

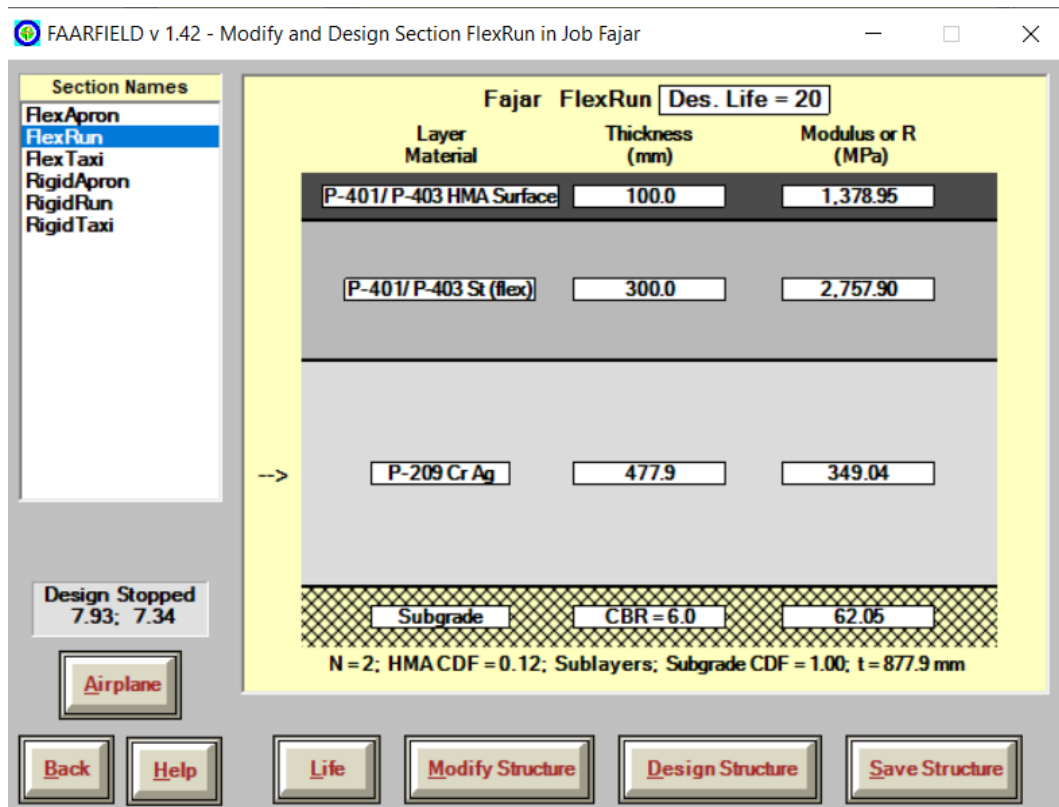
Setelah memasukkan data pesawat maka tahap selanjutnya adalah menuju *option* kemudian menonaktifkan *enable automatic base design* agar pada saat dilakukan *run* base tidak berubah seperti apa yang kita asumsikan sebelumnya dan mencentang HMA CDF (*Cumulative Damage Factor*) agar dapat dihitung oleh *faarfield*. Setelah itu klik tombol *ok* untuk menutup jendela *option*.



Gambar 5.11 Melakukan Desain Struktur

Sumber: FAARFIELD

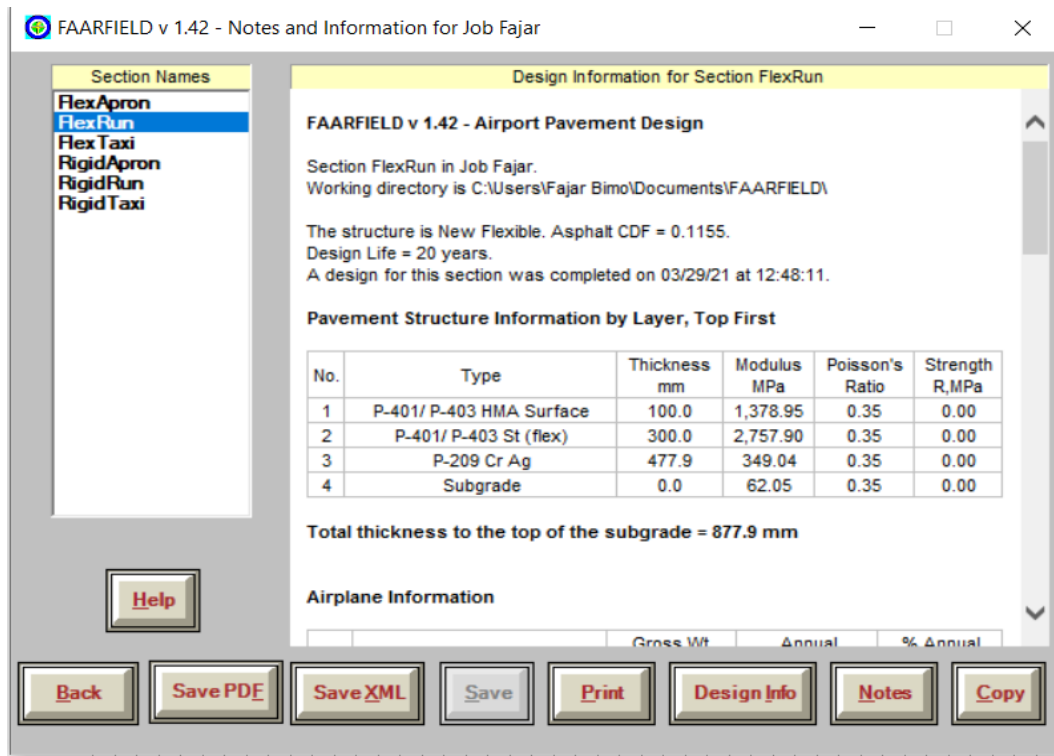
Kemudian menjalankan aplikasi dengan mengklik *design structure* untuk memulai proses desain. Proses desain akan dilakukan secara otomatis dalam beberapa menit dan hasil desain akan ditampilkan di layar.



Gambar 5.12 Hasil Desain Perkerasan Lentur *Runway*

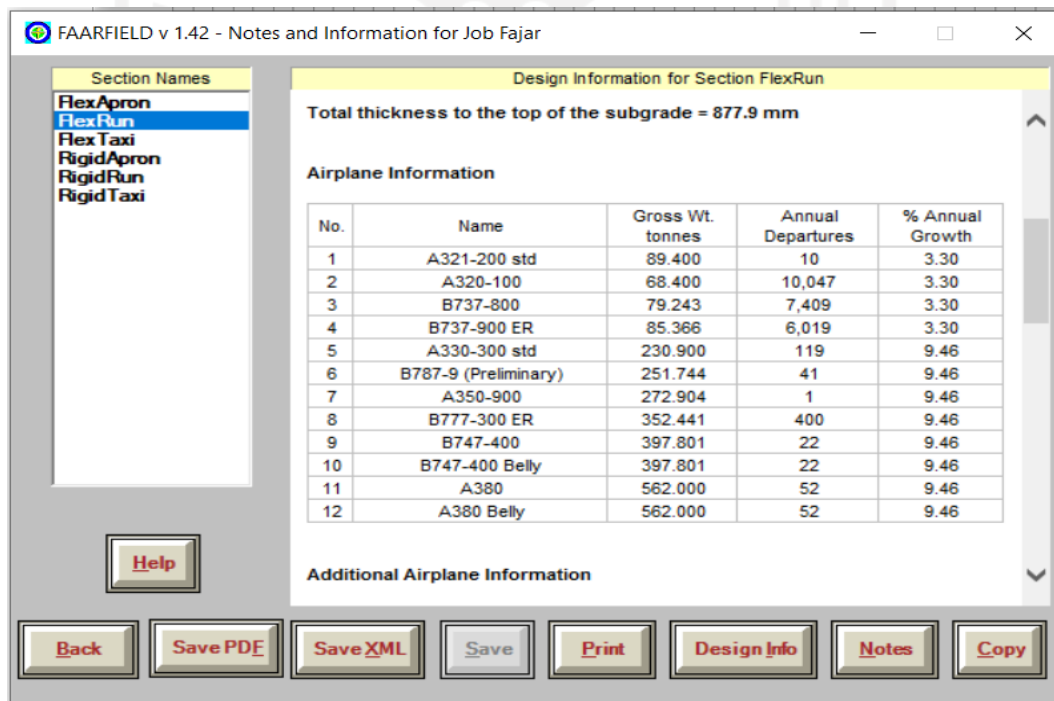
Sumber: FAARFIELD

Gambar di atas adalah hasil dari desain perkerasan lentur dan didapatkan hasil tebal lapis perkerasan yaitu pada lapisann *surface* sebesar 100 mm, lapisan *base* sebesar 300 mm, dan lapisan *subbase* sebesar 477,9 mm. Untuk melihat informasi desain atau *design report* yang baru saja diproses dapat dilihat dengan mengklik pada tombol *notes* pada jendela menu awal. Jendela informasi desain dapat dilihat seperti gambar di bawah berikut.



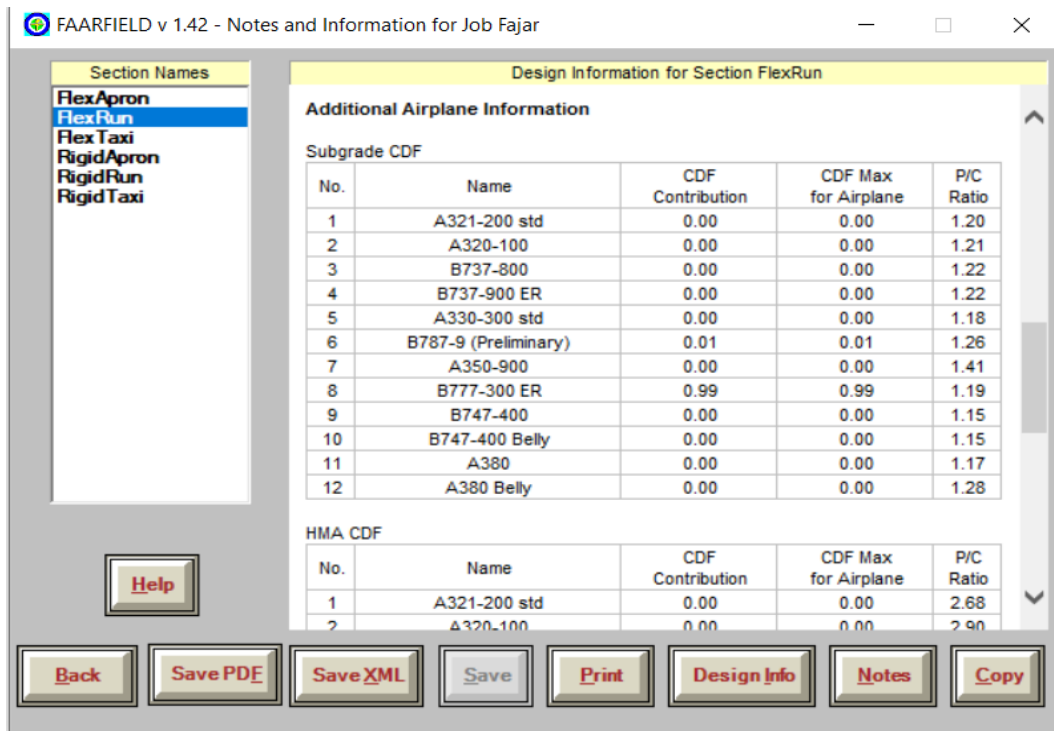
Gambar 5.13 Informasi Desain Perkerasan Lentur *Runway* bagian 1

Sumber: FAARFIELD



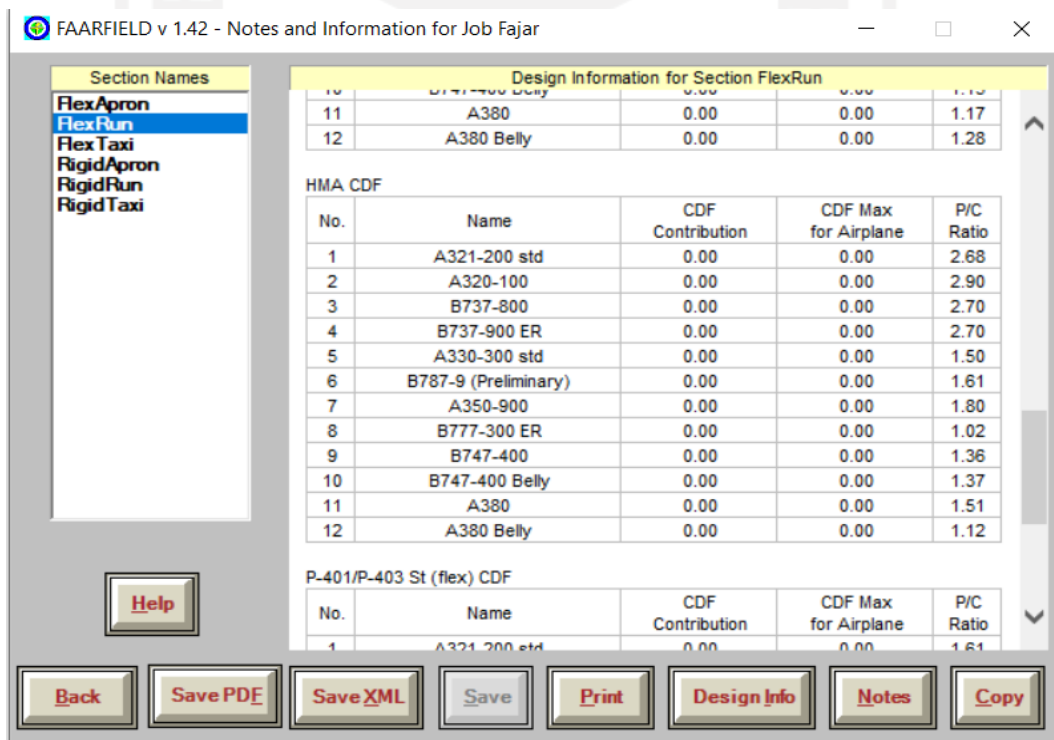
Gambar 5.14 Informasi Desain Perkerasan Lentur *Runway* bagian 2

Sumber: FAARFIELD



Gambar 5.15 Informasi Desain Perkerasan Lentur Runway bagian 3

Sumber: FAARFIELD



Gambar 5.16 Informasi Desain Perkerasan Lentur Runway bagian 4

Sumber: FAARFIELD

FAARFIELD v 1.42 - Notes and Information for Job Fajar

Section Names		Design Information for Section FlexRun				
FlexApron		7	A350-900	0.00	0.00	1.80
FlexRun		8	B777-300 ER	0.00	0.00	1.02
Flex Taxi		9	B747-400	0.00	0.00	1.36
RigidApron		10	B747-400 Belly	0.00	0.00	1.37
RigidRun		11	A380	0.00	0.00	1.51
RigidTaxi		12	A380 Belly	0.00	0.00	1.12

P-401/P-403 St (flex) CDF

No.	Name	CDF Contribution	CDF Max for Airplane	P/C Ratio
1	A321-200 std	0.00	0.00	1.61
2	A320-100	0.02	0.03	1.69
3	B737-800	0.04	0.04	1.61
4	B737-900 ER	0.05	0.05	1.61
5	A330-300 std	0.00	0.00	0.93
6	B787-9 (Preliminary)	0.00	0.00	1.00
7	A350-900	0.00	0.00	1.12
8	B777-300 ER	0.00	0.02	0.63
9	B747-400	0.00	0.00	0.84
10	B747-400 Belly	0.00	0.00	0.84
11	A380	0.00	0.00	0.93
12	A380 Belly	0.00	0.00	0.68

Buttons: Back, Save PDF, Save XML, Save, Print, Design Info, Notes, Copy

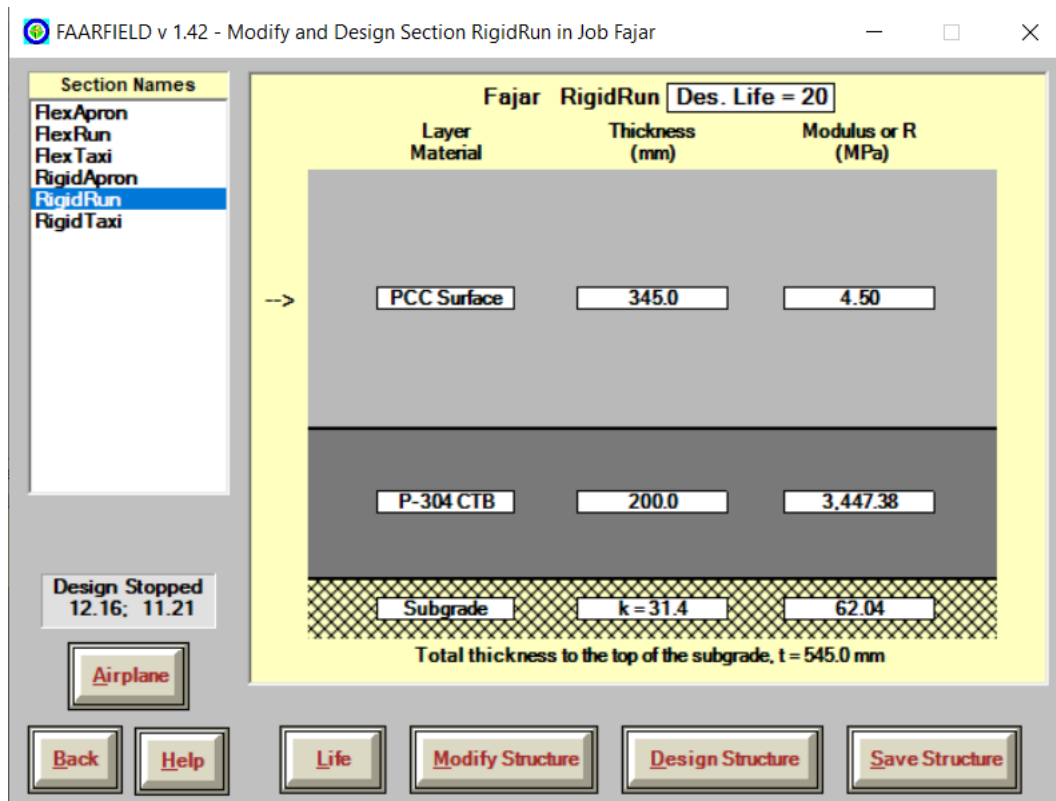
Gambar 5.17 Informasi Desain Perkerasan Lentur *Runway* bagian 5

Sumber: FAARFIELD

Hasil akhir dari desain tebal lapis perkerasan lentur menggunakan *FAARFIELD* adalah didapatkan tebal lapisan sebesar 100 mm pada lapisan *surface*, 300 mm pada lapisan *base* dan 477,9 mm pada lapisan *subbase* dengan tebal total 877,9 mm.

2. Menghitung Perkerasan Kaku

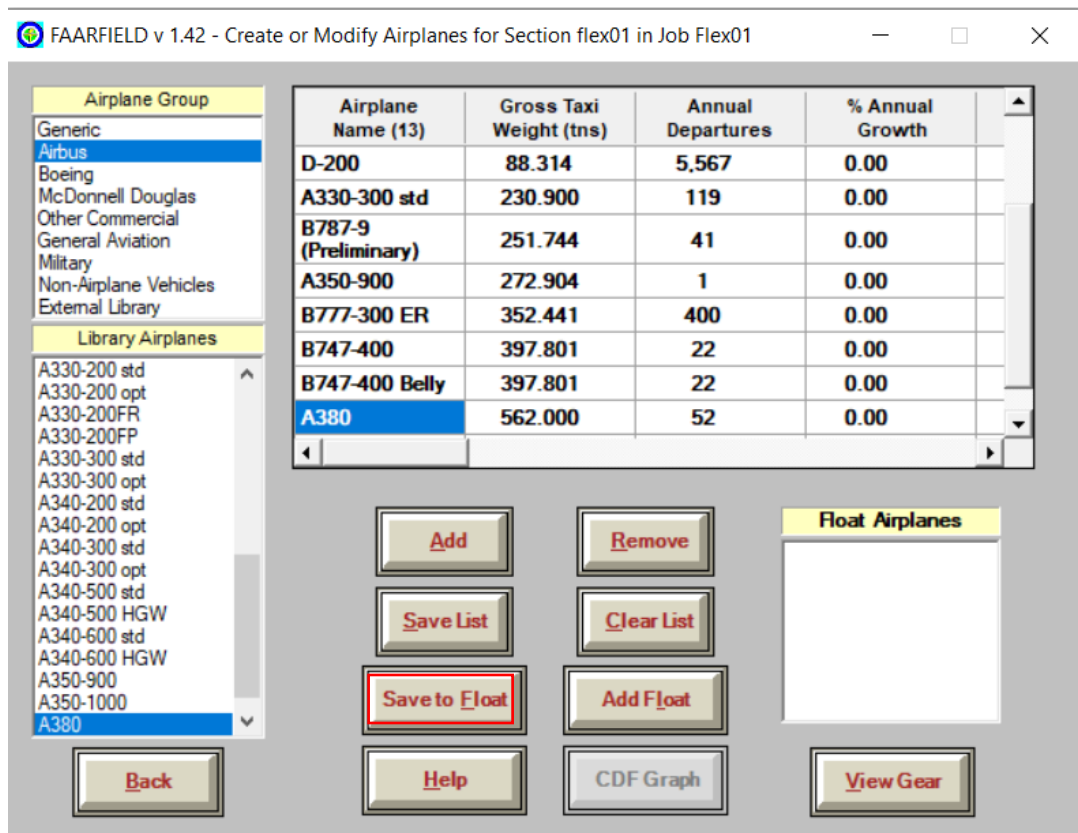
Untuk memulai menghitung perkerasan kaku pada *FAARFIELD* cara yang dilakukan sama dengan pada saat memulai menghitung perkerasan lentur, hanya saja pada *section job* yang dipilih adalah *new rigid*. Setelah memilih *new rigid* maka sudah bisa melanjutkan ke jendela *structure*.



Gambar 5.18 Jendela Awal *Structure* untuk Perkerasan Kaku

Sumber: FAARFIELD

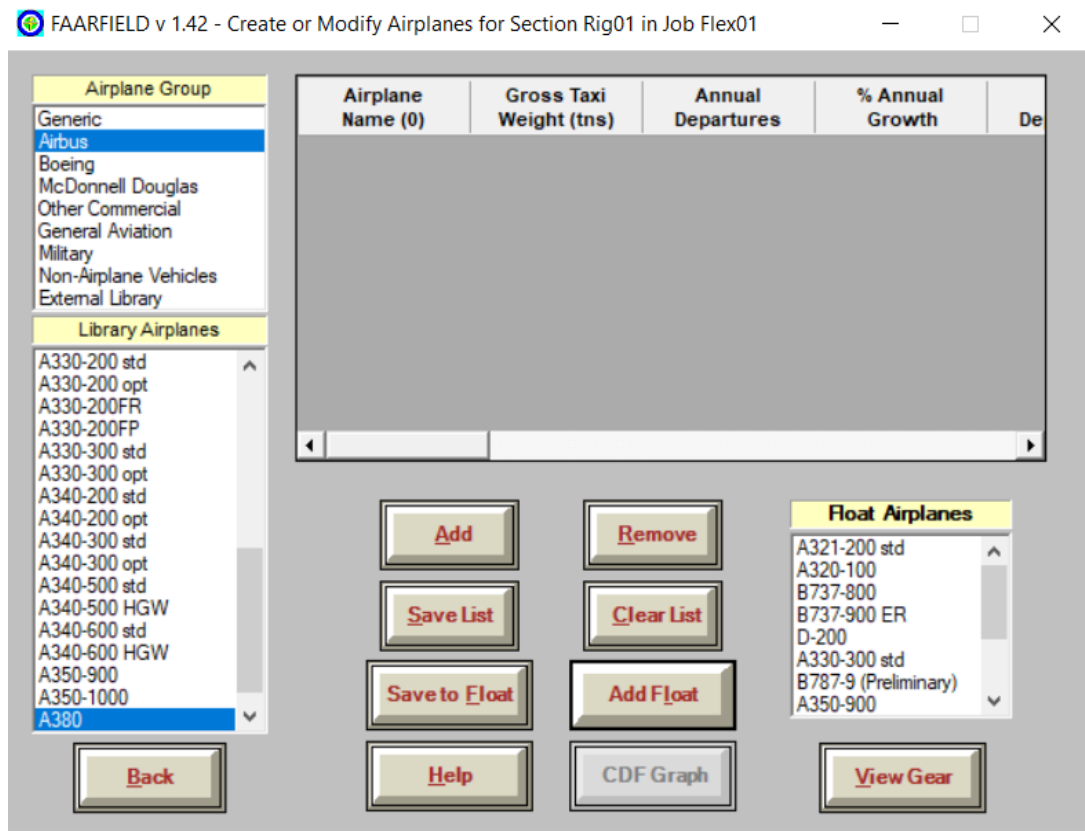
Dapat dilihat pada gambar di atas bahwa lapisan yang akan diproses otomatis dari aplikasi adalah lapisan *Plain cement concrete surface*, bagian yang dimodifikasi adalah nilai untuk lapisan lainnya yaitu 200 mm *subbase P-304 cement treated base*. Setelah selesai dimodifikasi struktur bisa disimpan dengan menekan tombol *save structure*, kemudian memasukkan list pesawat yang sudah tersedia pada perkerasan lentur dengan menyalin *list* yang tersedia. Cara melakukannya adalah dengan membuka list *airplane* pada *job file* perkerasan lentur kemudian menekan tombol *save to float*.



Gambar 5.19 Menyalin *List Airplane*

Sumber: FAARFIELD

Kemudian kembali ke *job file* perkerasan kaku dan buka menu *airplanes* setelah itu akan muncul seperti gambar di bawah ini.



Gambar 5.20 Memasukan *Airplanes List* pada Perkerasan Kaku

Sumber: FAARFIELD

Setelah itu seperti gambar diatas akan muncul list pesawat yang sudah simpan di kolom *float airplanes* kemudian untuk memasukan list ke dalam kolom yang tersedia adalah dengan cara menekan tombol *add float* maka akan muncul seperti gambar di bawah ini.

FAARFIELD v 1.42 - Create or Modify Airplanes for Section FlexRun in Job Fajar

Airplane Group	Airplane Name (12)	Gross Taxi Weight (tns)	Annual Departures	% Annual Growth
Generic	A321-200 std	89.400	10	3.30
Airbus	A320-100	68.400	10,047	3.30
Boeing	B737-800	79.243	7,409	3.30
McDonnell Douglas	B737-900 ER	85.366	6,019	3.30
Other Commercial	A330-300 std	230.900	119	9.46
General Aviation	B787-9 (Preliminary)	251.744	41	9.46
Military	A350-900	272.904	1	9.46
Non-Airplane Vehicles	B777-300 ER	352.441	400	9.46
External Library				

Library Airplanes

SWL-50

S-30
S-45
S-50
S-60
S-75
D-50
D-75
D-100
D-150
D-200
2D-100
2D-150
2D-200
2D-300
2D-400

Buttons: Add, Remove, Save List, Clear List, Save to Float, Add Float, Back, Help, CDF Graph, View Gear

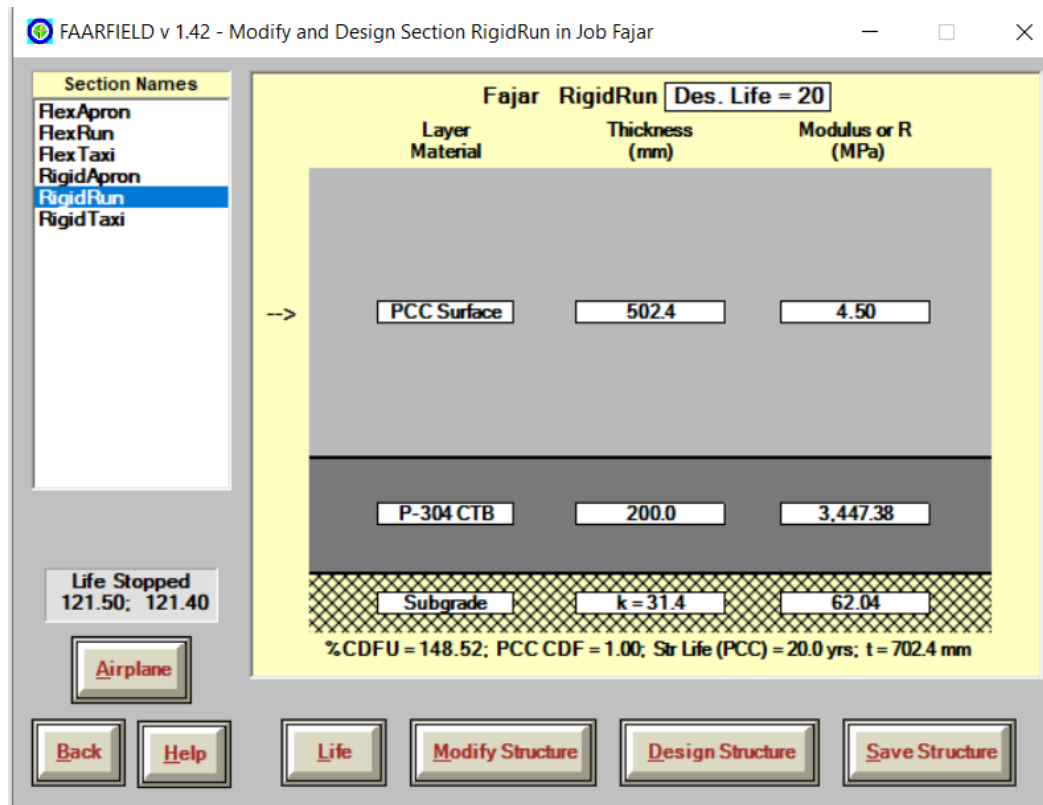
Float Airplanes

A321-200 std
A320-100
B737-800
B737-900 ER
A330-300 std
B787-9 (Preliminary)
A350-900
B777-300 ER

Gambar 5.21 List Pesawat yang Sudah Dimasukan ke Desain Perkerasan Kaku

Sumber: FAARFIELD

Setelah semua list pesawat sudah dimasukan bisa menekan tombol *save list* untuk menyimpan dan kembali ke jendela *structure* setelah itu dapat dilakukan proses desain struktur.



Gambar 5.22 Hasil Desain Tebal Lapis Perkerasan Kaku

Sumber: FAARFIELD

Kemudian setelah itu klik tombol *life/compaction* agar *faarfield* dapat memasukkan tabel tanah dasar yang dipadatkan dan yang tidak dipadatkan. Berikut ini adalah informasi desain atau *design report* untuk perkerasan kaku.

FAARFIELD v 1.42 - Notes and Information for Job Fajar

Section Names

- FlexApron
- FlexRun
- FlexTaxi
- RigidApron
- RigidRun**
- RigidTaxi

Help

Design Information for Section RigidRun

9	B747-400	397.801	22	9.46
10	B747-400 Belly	397.801	22	9.46
11	A380	562.000	52	9.46
12	A380 Belly	562.000	52	9.46

Additional Airplane Information

No.	Name	CDF Contribution	CDF Max for Airplane	P/C Ratio
1	A321-200 std	0.00	0.00	3.46
2	A320-100	0.00	0.00	3.84
3	B737-800	0.00	0.00	3.52
4	B737-900 ER	0.00	0.00	3.53
5	A330-300 std	0.00	0.00	1.88
6	B787-9 (Preliminary)	0.00	0.00	4.05
7	A350-900	0.00	0.00	2.25
8	B777-300 ER	1.00	1.00	3.87
9	B747-400	0.00	0.00	3.46
10	B747-400 Belly	0.00	0.00	3.48
11	A380	0.00	0.00	3.82
12	A380 Belly	0.00	0.01	4.24

Back
Save PDF
Save XML
Save
Print
Design Info
Notes
Copy

Gambar 5.25 Informasi Desain Perkerasan Kaku *Runway* bagian 3

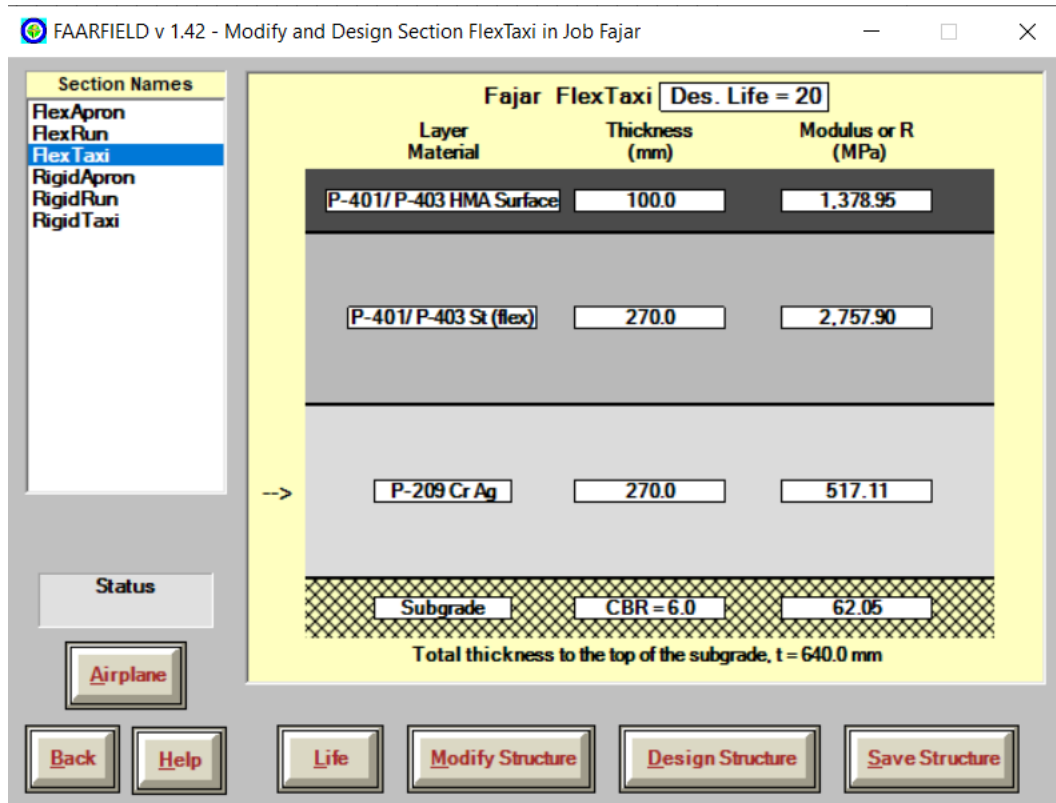
Sumber: FAARFIELD

Hasil akhir dari desain tebal lapis perkerasan kaku menggunakan *FAARFIELD* adalah didapatkan tebal lapisan sebesar 502,4 mm pada lapisan *surface*, dan 200 mm pada lapisan *subbase* dengan tebal total 702,4 mm.

5.2.2 Perhitungan Perkerasan Metode FAA dengan menggunakan *Software FAARFIELD* pada *Taxiway*

1. Menghitung Perkerasan Lentur

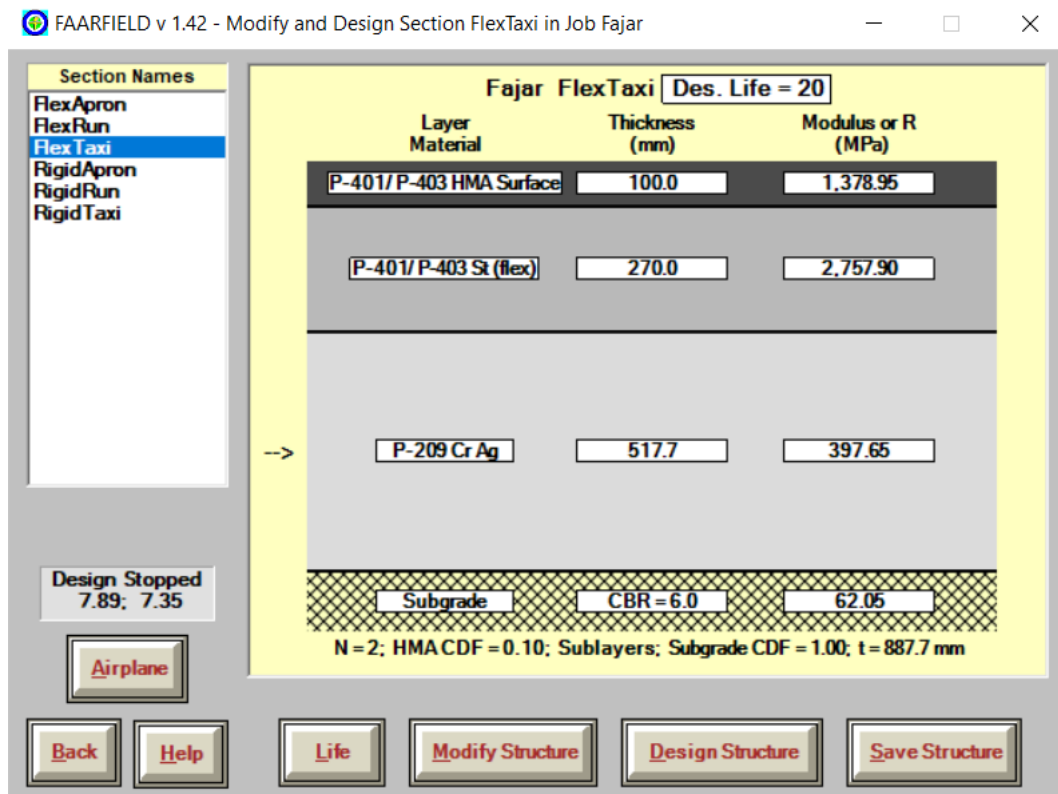
Cara perhitungan perkerasan lentur pada *Taxiway* sama seperti cara perhitungan pada *Runway* dengan membuat file *job* terlebih dahulu kemudian memodifikasi struktur tebal lapis perkerasan dan memasukan data lalu lintas pesawat sama seperti data yang dimasukkan ke dalam desain runway. Disini digunakan CBR spesifikasi 6% sama seperti pada *Runway* dan mengganti tebal lapisan *surface* menjadi 100 mm dan mengganti tebal lapisan *base* menjadi 270 mm seperti pada gambar di bawah berikut.



Gambar 5.26 Tampilan Jendela Desain Perkerasan Lentur *Taxiway*

Sumber: FAARFIELD

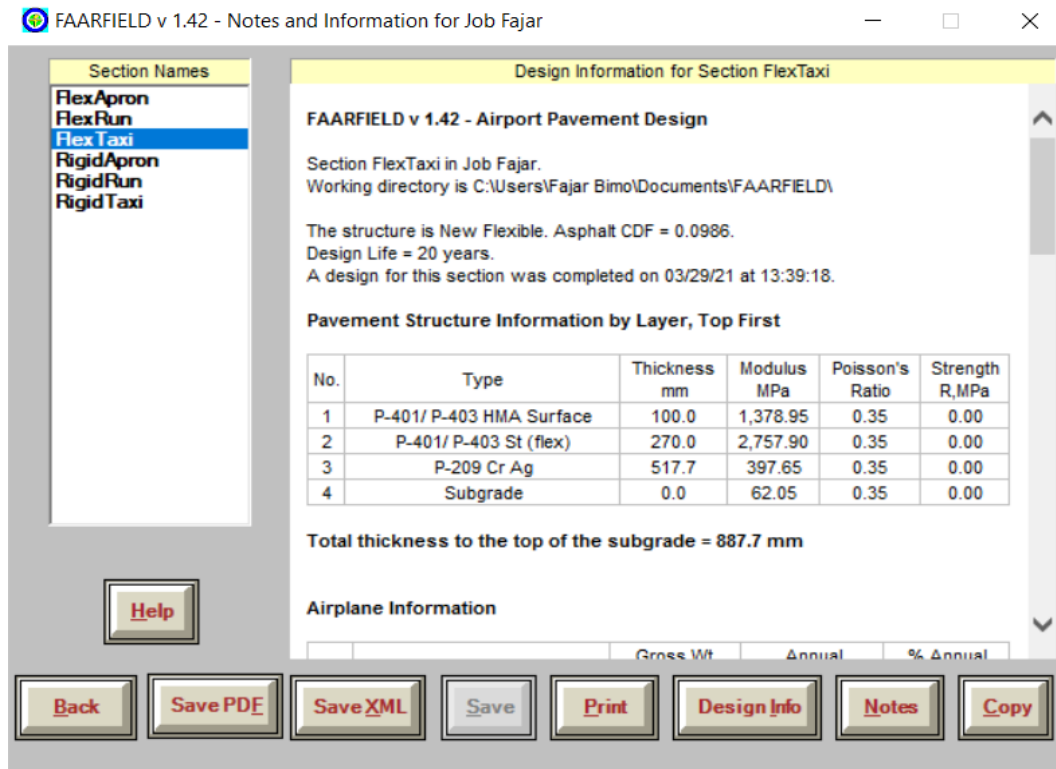
Setelah selesai memodifikasi dan memasukkan data lalu lintas pesawat maka dapat dilakukan *Design Structure* sehingga didapatkan tebal lapis perkerasan pada *Taxiway* sebagai berikut.



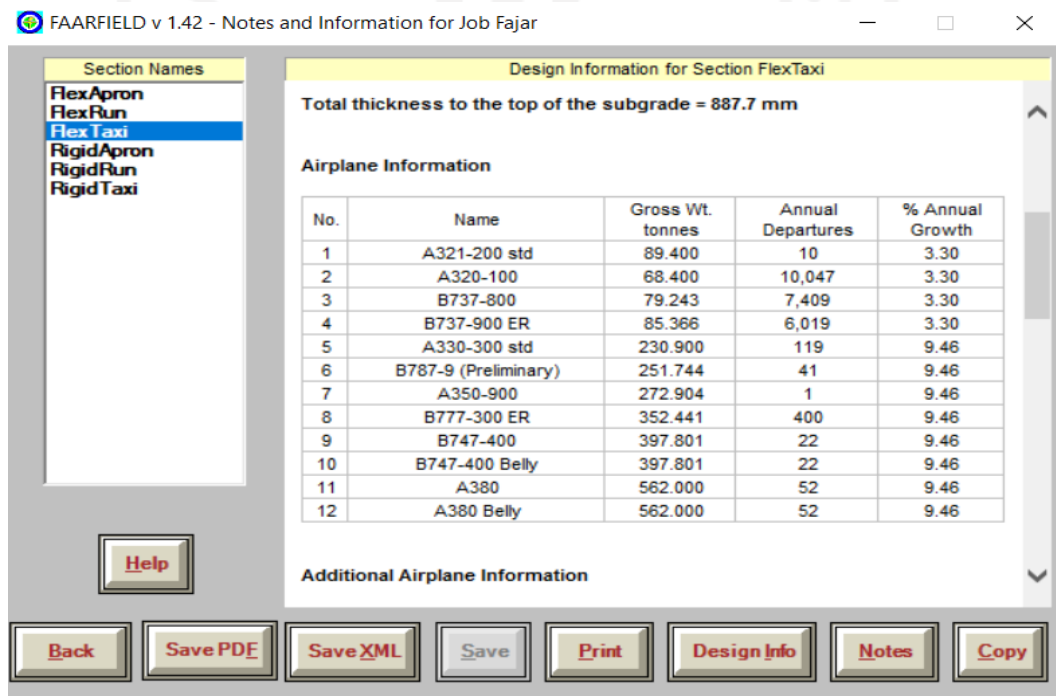
Gambar 5.27 Hasil Desain Perkerasan Lentur pada *Taxiway*

Sumber: FAARFIELD

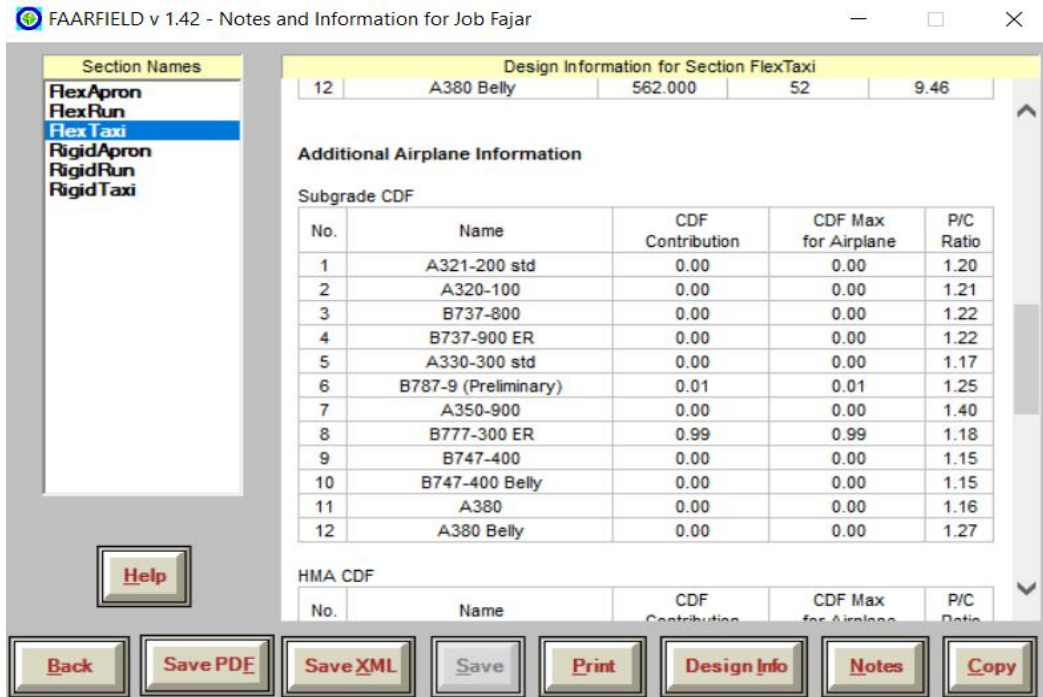
Berikut ini adalah informasi desain dari desain perkerasan lentur pada *Taxiway*.

Gambar 5.28 Informasi Desain pada Perkerasan Lentur *Taxiway* bagian 1

Sumber: FAARFIELD

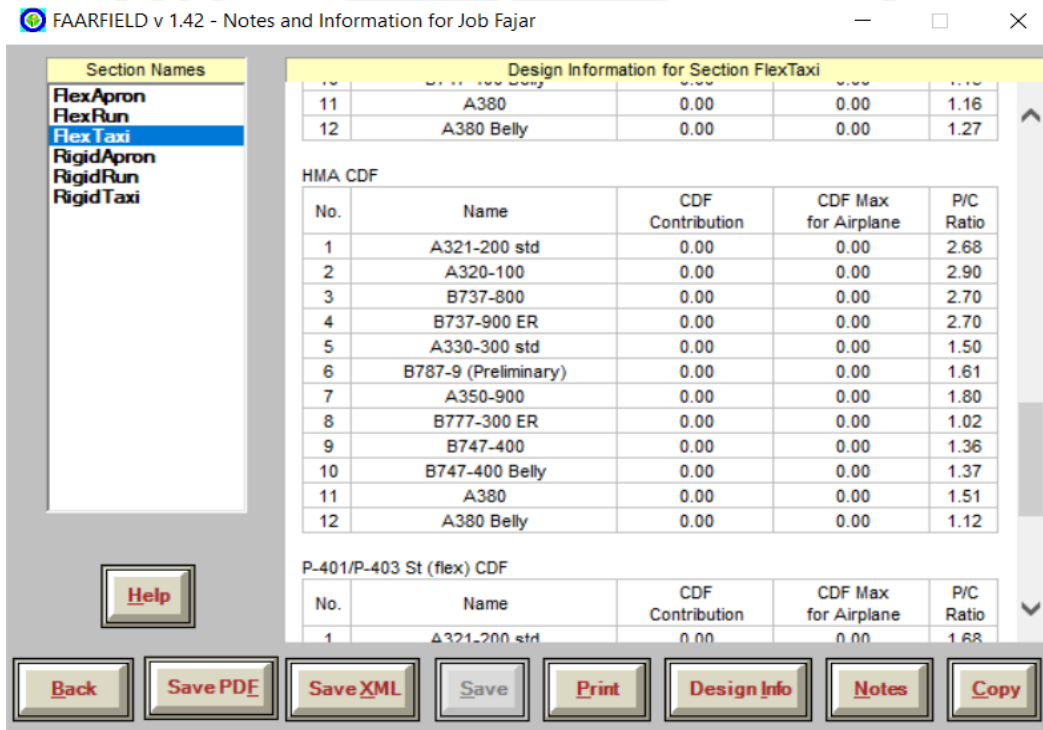
Gambar 5.29 Informasi Desain pada Perkerasan Lentur *Taxiway* bagian 2

Sumber: FAARFIELD



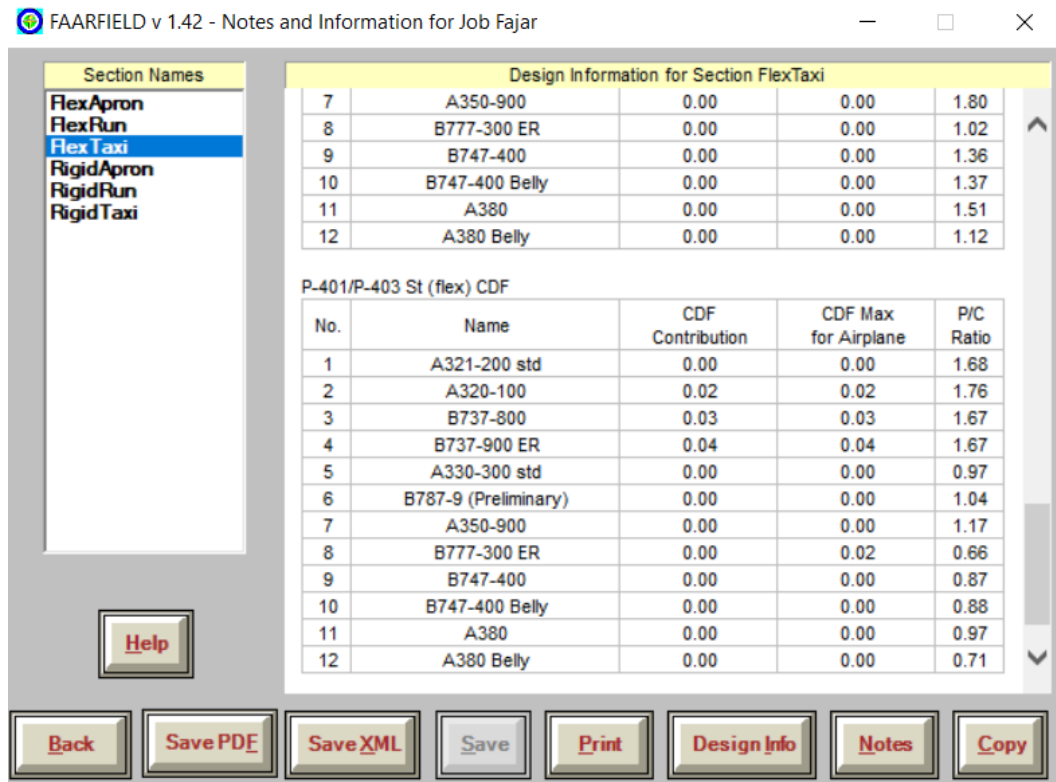
Gambar 5.30 Informasi Desain pada Perkerasan Lentur Taxiway bagian 3

Sumber: FAARFIELD



Gambar 5.31 Informasi Desain pada Perkerasan Lentur Taxiway bagian 4

Sumber: FAARFIELD



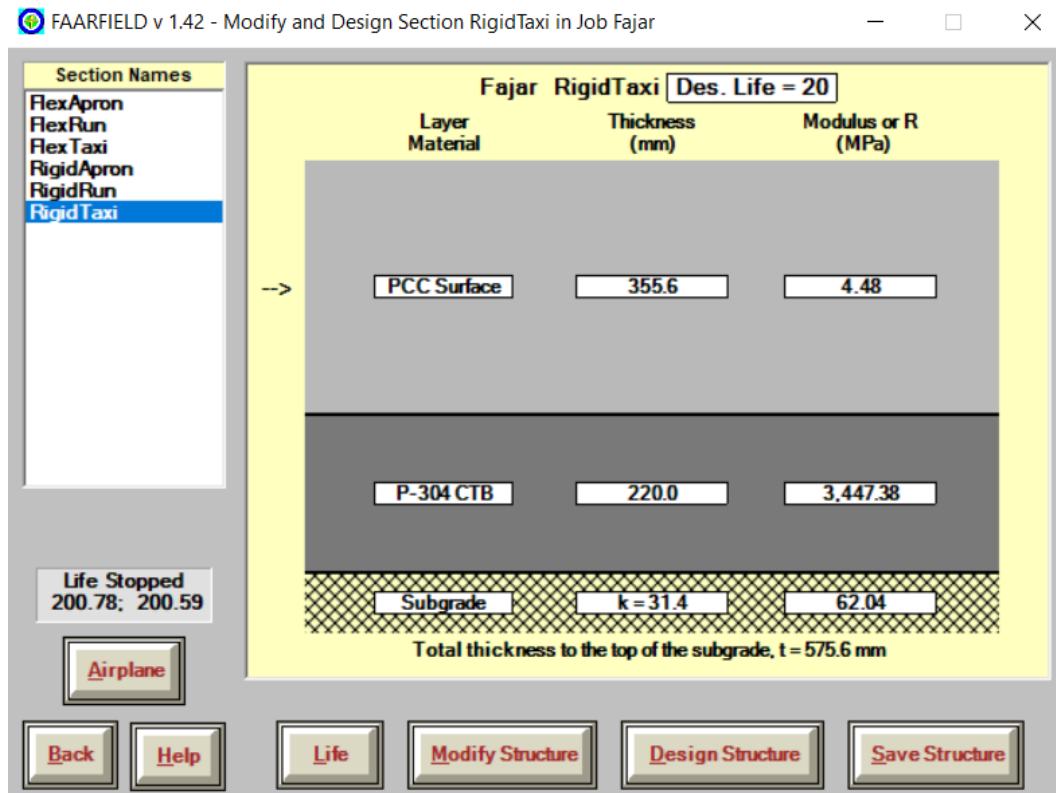
Gambar 5.32 Informasi Desain pada Perkerasan Lentur *Taxiway* bagian 5

Sumber: FAARFIELD

Hasil akhir dari desain tebal lapis perkerasan lentur menggunakan *FAARFIELD* adalah didapatkan tebal lapisan sebesar 100 mm pada lapisan *surface*, 270 mm pada lapisan *base* dan 517,7 mm pada lapisan *subbase* dengan tebal total 887,7 mm.

2. Menghitung Perkerasan Kaku

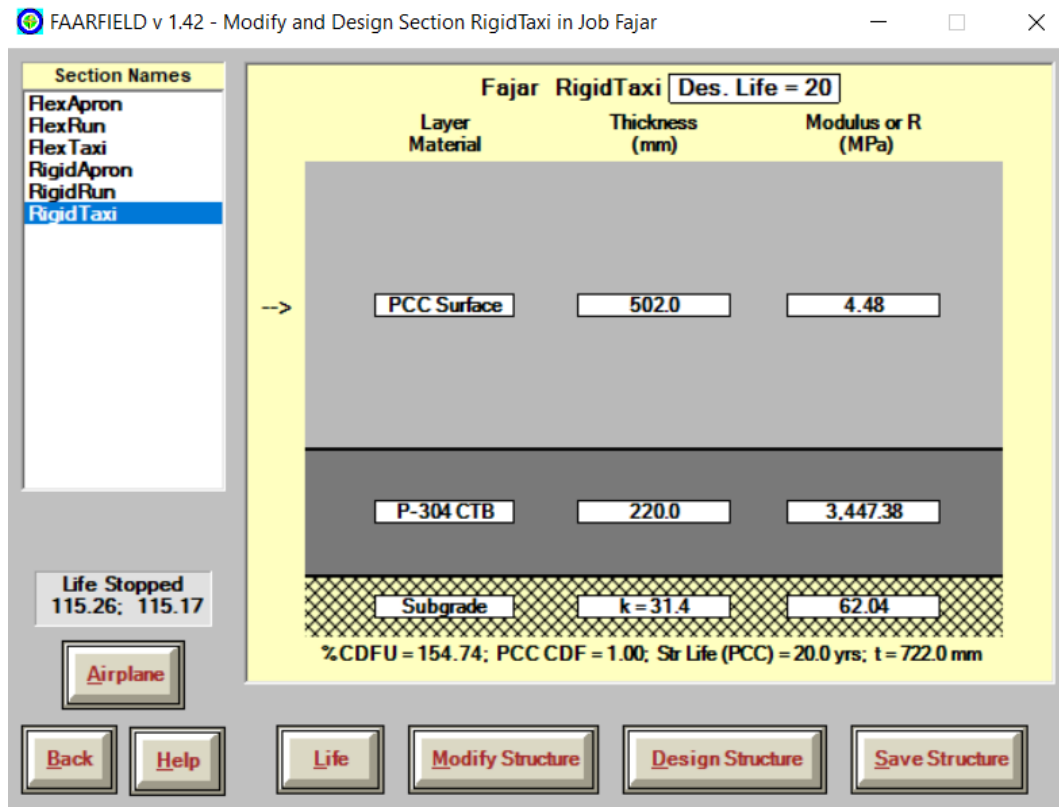
Menghitung perkerasan kaku pada *Taxiway* memiliki tahapan yang sama seperti pada *Runway*. Dalam hal ini memodifikasi tebal lapisan *subbase* menjadi 220 mm, dan nilai k yaitu 31,4 KN/m³ dengan E sebesar 62,04 Mpa seperti gambar di bawah berikut.



Gambar 5.33 Tampilan Jendela Desain Perkerasan Kaku *Taxiway*

Sumber: FAARFIELD

Setelah selesai memodifikasi dan memasukkan data lalu lintas pesawat maka dapat dilakukan *Design Structure* sehingga didapatkan tebal lapis perkerasan pada *Taxiway* sebagai berikut.



Gambar 5.34 Hasil Desain Perkerasan Kaku *Taxiway*

Sumber: FAARFIELD

Berikut ini adalah informasi desain dari desain perkerasan lentur pada *Taxiway*.

FAARFIELD v 1.42 - Notes and Information for Job Fajar

Section Names

- FlexApron
- FlexRun
- FlexTaxi
- RigidApron
- RigidRun
- Rigid Taxi

Design Information for Section RigidTaxi

FAARFIELD v 1.42 - Airport Pavement Design

Section RigidTaxi in Job Fajar.
Working directory is C:\Users\Fajar Bimo\Documents\FAARFIELD\

The structure is New Rigid.
Design Life = 20 years.
A design for this section was completed on 03/29/21 at 13:47:22.

Pavement Structure Information by Layer, Top First

No.	Type	Thickness mm	Modulus MPa	Poisson's Ratio	Strength R, MPa
1	PCC Surface	502.0	27,579.03	0.15	4.48
2	P-304 CTB	220.0	3,447.38	0.20	0.00
3	Subgrade	0.0	62.04	0.40	0.00

Total thickness to the top of the subgrade = 722.0 mm

Airplane Information

No.	Name	Gross Wt. tonnes	Annual Departures	% Annual Growth

Help

Back
Save PDE
Save XML
Save
Print
Design Info
Notes
Copy

Gambar 5.35 Informasi Desain pada Perkerasan Kaku *Taxiway* bagian 1

Sumber: FAARFIELD

FAARFIELD v 1.42 - Notes and Information for Job Fajar

Section Names

- FlexApron
- FlexRun
- FlexTaxi
- RigidApron
- RigidRun
- Rigid Taxi

Design Information for Section RigidTaxi

Total thickness to the top of the subgrade = 722.0 mm

Airplane Information

No.	Name	Gross Wt. tonnes	Annual Departures	% Annual Growth
1	A321-200 std	89.400	10	3.30
2	A320-100	68.400	10,047	3.30
3	B737-800	79.243	7,409	3.30
4	B737-900 ER	85.366	6,019	3.30
5	A330-300 std	230.900	119	9.46
6	B787-9 (Preliminary)	251.744	41	9.46
7	A350-900	272.904	1	9.46
8	B777-300 ER	352.441	400	9.46
9	B747-400	397.801	22	9.46
10	B747-400 Belly	397.801	22	9.46
11	A380	562.000	52	9.46
12	A380 Belly	562.000	52	9.46

Additional Airplane Information

No.	Name	CDF	CDF Max	P/C

Help

Back
Save PDE
Save XML
Save
Print
Design Info
Notes
Copy

Gambar 5.36 Informasi Desain pada Perkerasan Kaku *Taxiway* bagian 2

Sumber: FAARFIELD

FAARFIELD v 1.42 - Notes and Information for Job Fajar

Section Names		Design Information for Section RigidTaxi				
FlexApron		9	B747-400	397.801	22	9.46
FlexRun		10	B747-400 Belly	397.801	22	9.46
FlexTaxi		11	A380	562.000	52	9.46
RigidApron		12	A380 Belly	562.000	52	9.46
RigidRun						
RigidTaxi						

Additional Airplane Information				
No.	Name	CDF Contribution	CDF Max for Airplane	P/C Ratio
1	A321-200 std	0.00	0.00	3.46
2	A320-100	0.00	0.00	3.84
3	B737-800	0.00	0.00	3.52
4	B737-900 ER	0.00	0.00	3.53
5	A330-300 std	0.00	0.00	1.88
6	B787-9 (Preliminary)	0.00	0.00	4.05
7	A350-900	0.00	0.00	2.25
8	B777-300 ER	1.00	1.00	3.87
9	B747-400	0.00	0.00	3.46
10	B747-400 Belly	0.00	0.00	3.48
11	A380	0.00	0.00	3.82
12	A380 Belly	0.00	0.01	4.24

Buttons: Back, Save PDF, Save XML, Save, Print, Design Info, Notes, Copy

Gambar 5.37 Informasi Desain pada Perkerasan Kaku *Taxiway* bagian 3

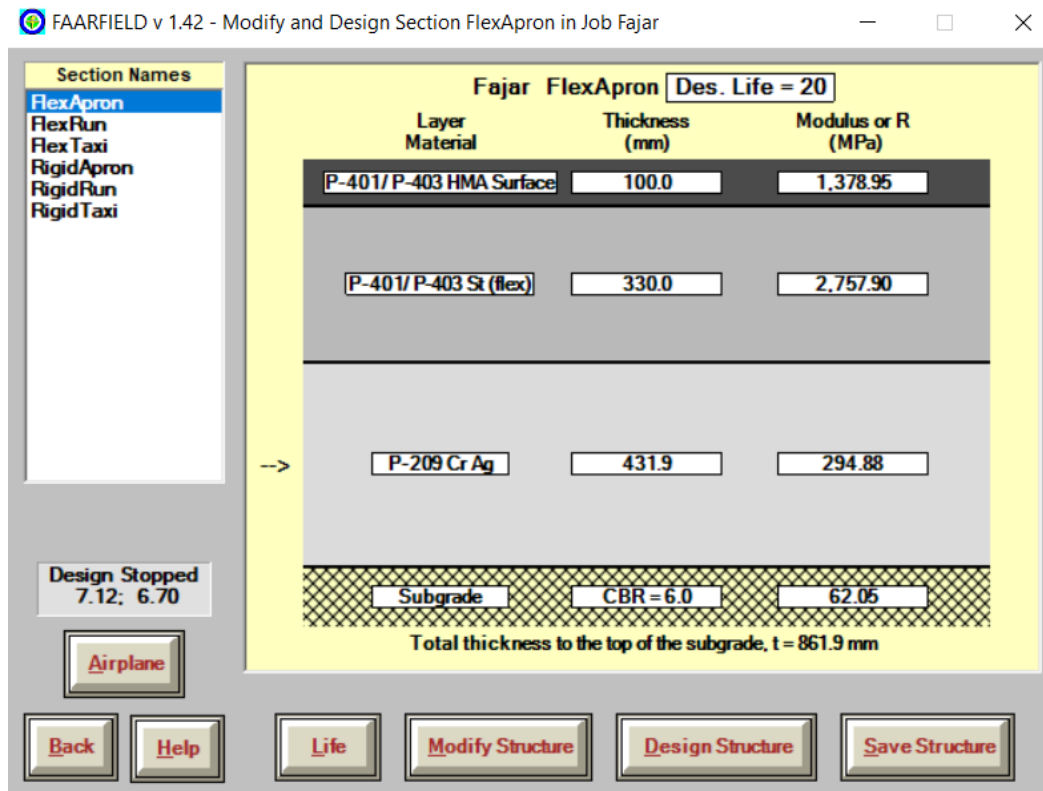
Sumber: FAARFIELD

Hasil akhir dari desain tebal lapis perkerasan kaku menggunakan *FAARFIELD* adalah didapatkan tebal lapisan sebesar 502 mm pada lapisan *surface*, dan 220 mm pada lapisan *subbase* dengan tebal total 722 mm.

5.2.3 Perhitungan Perkerasan Metode FAA dengan menggunakan *Software FAARFIELD* pada *Apron*

1. Menghitung Perkerasan Lentur

Cara perhitungan perkerasan lentur pada *Apron* sama seperti cara perhitungan pada *Runway* dengan membuat file *job* terlebih dahulu kemudian memodifikasi struktur tebal lapis perkerasan dan memasukan data lalu lintas pesawat sama seperti data yang dimasukkan ke dalam desain *runway*. Disini digunakan CBR spesifikasi 6% sama seperti pada *Runway* dan *Taxiway*, kemudian mengganti tebal lapisan *surface* menjadi 100 mm dan mengganti tebal lapisan *base* menjadi 330 mm seperti pada gambar di bawah berikut.



Gambar 5.26 Tampilan Jendela Desain Perkerasan Lentur *Apron*

Sumber: FAARFIELD

Setelah selesai memodifikasi dan memasukkan data lalu lintas pesawat maka dapat dilakukan *Design Structure* sehingga didapatkan tebal lapis perkerasan pada *Apron* sebagai berikut.

FAARFIELD v 1.42 - Modify and Design Section FlexApron in Job Fajar

Section Names

- FlexApron
- FlexRun
- FlexTaxi
- RigidApron
- RigidRun
- RigidTaxi

Design Stopped
5.66; 1.89

Airplane

Back Help Life Modify Structure Design Structure Save Structure

Fajar FlexApron Des. Life = 20

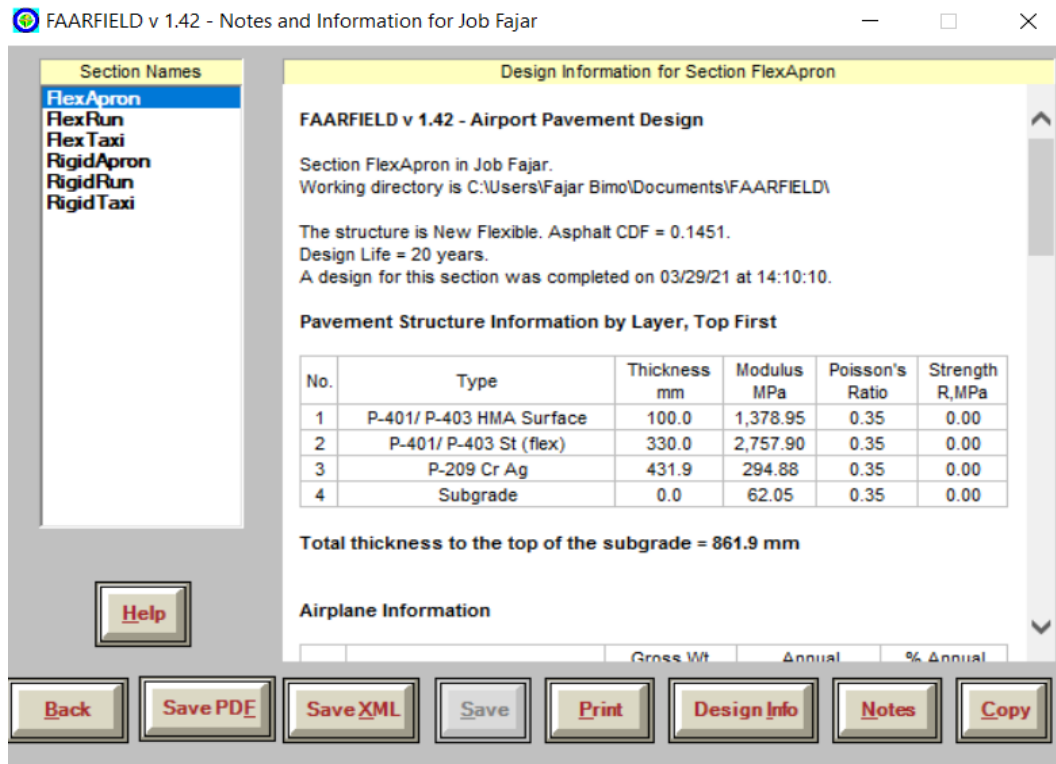
Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
P-401/P-403 HMA Surface	100.0	1,378.95
P-401/P-403 St (flex)	330.0	2,757.90
P-209 Cr Ag	431.9	294.88
Subgrade	CBR = 6.0	62.05

N = 0; HMA CDF = 0.15; Sublayers; Subgrade CDF = 1.00; t = 861.9 mm

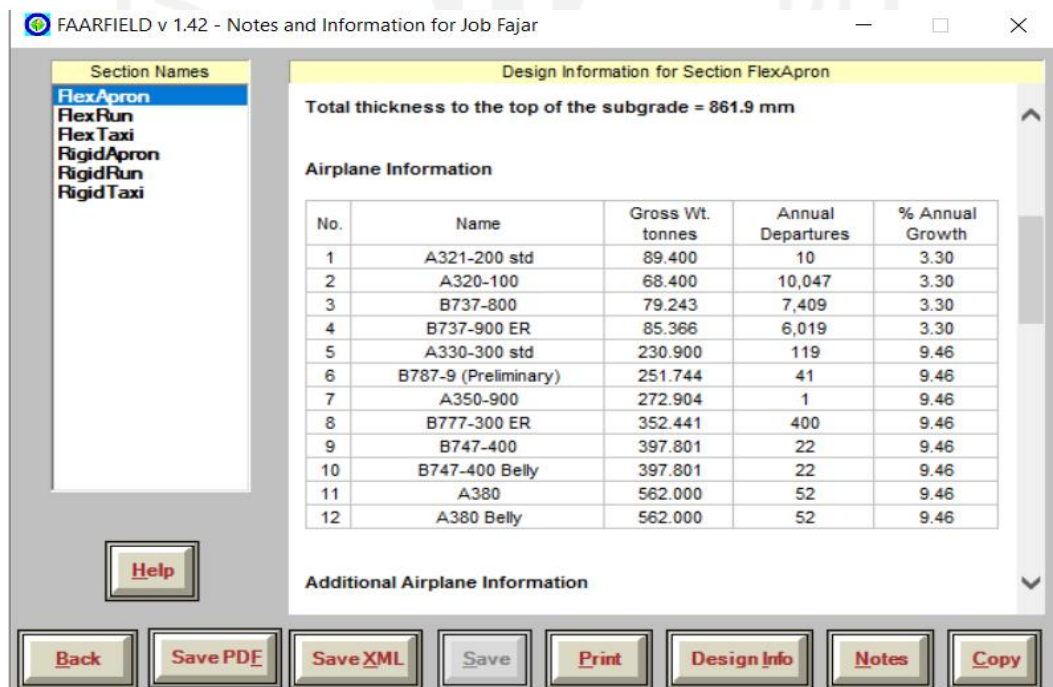
Gambar 5.27 Hasil Desain Perkerasan Lentur pada Apron

Sumber: FAARFIELD

Berikut ini adalah informasi desain dari desain perkerasan lentur pada Taxiway.

Gambar 5.28 Informasi Desain pada Perkerasan Lentur *Apron* bagian 1

Sumber: FAARFIELD

Gambar 5.29 Informasi Desain pada Perkerasan Lentur *Apron* bagian 2

Sumber: FAARFIELD

FAARFIELD v 1.42 - Notes and Information for Job Fajar

Section Names

- FlexApron
- FlexRun
- FlexTaxi
- RigidApron
- RigidRun
- RigidTaxi

Help

Design Information for Section FlexApron

No.	Name	CDF Contribution	CDF Max for Airplane	P/C Ratio
12	A380 Belly	562.000	52	9.46

Additional Airplane Information

Subgrade CDF

No.	Name	CDF Contribution	CDF Max for Airplane	P/C Ratio
1	A321-200 std	0.00	0.00	1.20
2	A320-100	0.00	0.00	1.21
3	B737-800	0.00	0.00	1.23
4	B737-900 ER	0.00	0.00	1.23
5	A330-300 std	0.00	0.00	1.19
6	B787-9 (Preliminary)	0.01	0.01	1.27
7	A350-900	0.00	0.00	1.43
8	B777-300 ER	0.99	0.99	1.21
9	B747-400	0.00	0.00	1.15
10	B747-400 Belly	0.00	0.00	1.15
11	A380	0.00	0.00	1.19
12	A380 Belly	0.00	0.00	1.29

HMA CDF

No.	Name	CDF	CDF Max	P/C
-----	------	-----	---------	-----

Back
Save PDF
Save XML
Save
Print
Design Info
Notes
Copy

Gambar 5.30 Informasi Desain pada Perkerasan Lentur Apron bagian 3

Sumber: FAARFIELD

FAARFIELD v 1.42 - Notes and Information for Job Fajar

Section Names

- FlexApron
- FlexRun
- FlexTaxi
- RigidApron
- RigidRun
- RigidTaxi

Help

Design Information for Section FlexApron

No.	Name	CDF Contribution	CDF Max for Airplane	P/C Ratio
10	B747-400 Belly	0.00	0.00	1.15
11	A380	0.00	0.00	1.19
12	A380 Belly	0.00	0.00	1.29

HMA CDF

No.	Name	CDF Contribution	CDF Max for Airplane	P/C Ratio
1	A321-200 std	0.00	0.00	2.68
2	A320-100	0.00	0.00	2.90
3	B737-800	0.00	0.00	2.70
4	B737-900 ER	0.00	0.00	2.70
5	A330-300 std	0.00	0.00	1.50
6	B787-9 (Preliminary)	0.00	0.00	1.61
7	A350-900	0.00	0.00	1.80
8	B777-300 ER	0.00	0.00	1.02
9	B747-400	0.00	0.00	1.36
10	B747-400 Belly	0.00	0.00	1.37
11	A380	0.00	0.00	1.51
12	A380 Belly	0.00	0.00	1.12

P-401/P-403 St (flex) CDF

No.	Name	CDF Contribution	CDF Max for Airplane	P/C Ratio
-----	------	------------------	----------------------	-----------

Back
Save PDF
Save XML
Save
Print
Design Info
Notes
Copy

Gambar 5.31 Informasi Desain pada Perkerasan Lentur Apron bagian 4

Sumber: FAARFIELD

FAARFIELD v 1.42 - Notes and Information for Job Fajar

Section Names		Design Information for Section FlexApron				
FlexApron		7	A350-900	0.00	0.00	1.80
FlexRun		8	B777-300 ER	0.00	0.00	1.02
Flex Taxi		9	B747-400	0.00	0.00	1.36
RigidApron		10	B747-400 Belly	0.00	0.00	1.37
RigidRun		11	A380	0.00	0.00	1.51
RigidTaxi		12	A380 Belly	0.00	0.00	1.12

P-401/P-403 St (flex) CDF

No.	Name	CDF Contribution	CDF Max for Airplane	P/C Ratio
1	A321-200 std	0.00	0.00	1.55
2	A320-100	0.03	0.03	1.62
3	B737-800	0.05	0.05	1.55
4	B737-900 ER	0.06	0.06	1.55
5	A330-300 std	0.00	0.00	0.90
6	B787-9 (Preliminary)	0.00	0.00	0.96
7	A350-900	0.00	0.00	1.08
8	B777-300 ER	0.00	0.02	0.61
9	B747-400	0.00	0.00	0.81
10	B747-400 Belly	0.00	0.00	0.81
11	A380	0.00	0.00	0.90
12	A380 Belly	0.00	0.00	0.66

Buttons: Back, Save PDF, Save XML, Save, Print, Design Info, Notes, Copy

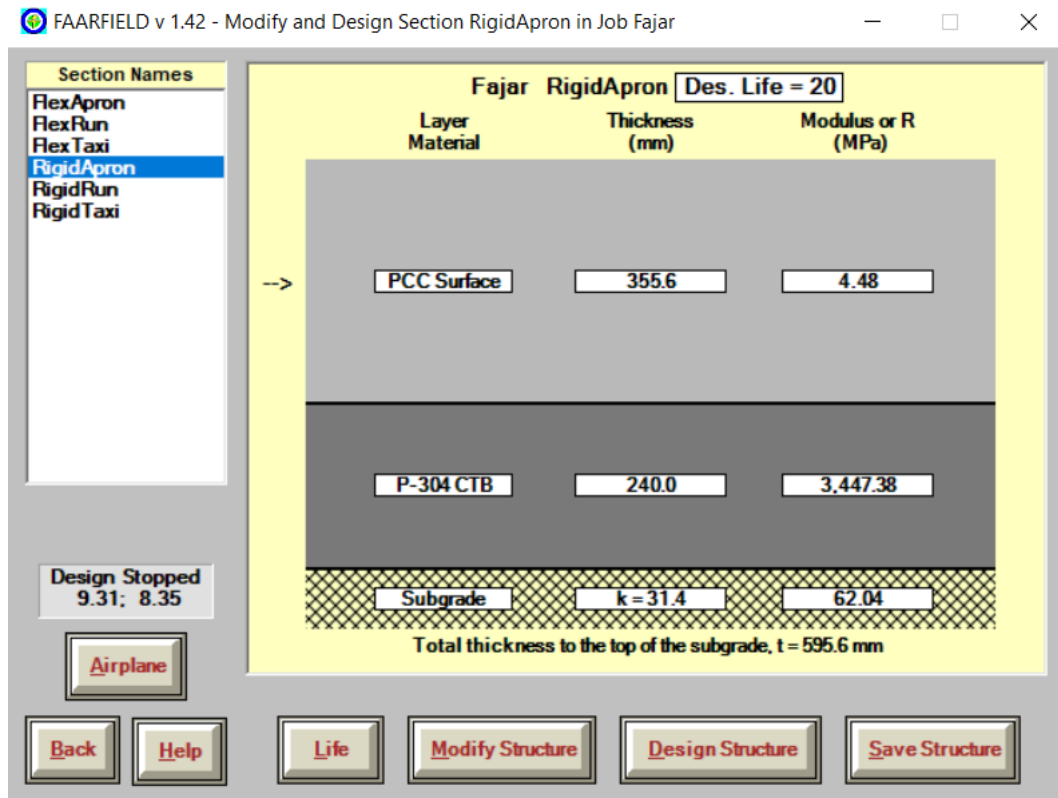
Gambar 5.32 Informasi Desain pada Perkerasan Lentur *Apron* bagian 5

Sumber: FAARFIELD

Hasil akhir dari desain tebal lapis perkerasan lentur menggunakan *FAARFIELD* adalah didapatkan tebal lapisan sebesar 100 mm pada lapisan *surface*, 330 mm pada lapisan *base* dan 431,9 mm pada lapisan *subbase* dengan tebal total 861,9 mm.

3. Menghitung Perkerasan Kaku

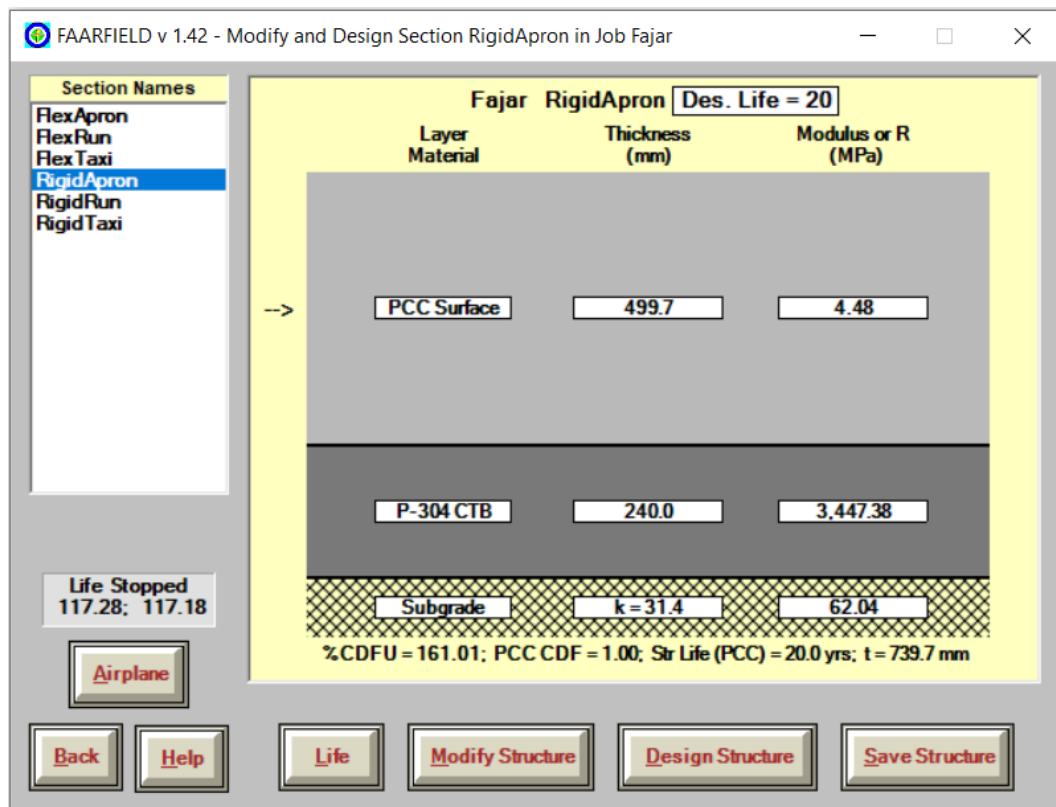
Menghitung perkerasan kaku pada *Apron* memiliki tahapan yang sama seperti pada *Runway* dan *Taxiway*. Dalam hal ini memodifikasi tebal lapisan *subbase* menjadi 240 mm, dan nilai k yaitu 31,4 KN/m³ dengan E sebesar 62,04 Mpa seperti gambar di bawah berikut.



Gambar 5.33 Tampilan Jendela Desain Perkerasan Kaku Apron

Sumber: FAARFIELD

Setelah selesai memodifikasi dan memasukkan data lalu lintas pesawat maka dapat dilakukan *Design Structure* sehingga didapatkan tebal lapis perkerasan pada Apron sebagai berikut.



Gambar 5.34 Hasil Desain Perkerasan Kaku *Apron*

Sumber: FAARFIELD

Berikut ini adalah informasi desain dari desain perkerasan lentur pada *Apron*.

FAARFIELD v 1.42 - Notes and Information for Job Fajar

Design Information for Section RigidApron				
0	D111-300 CR	352.441	400	9.46
9	B747-400	397.801	22	9.46
10	B747-400 Belly	397.801	22	9.46
11	A380	562.000	52	9.46
12	A380 Belly	562.000	52	9.46

Additional Airplane Information

No.	Name	CDF Contribution	CDF Max for Airplane	P/C Ratio
1	A321-200 std	0.00	0.00	3.46
2	A320-100	0.00	0.00	3.84
3	B737-800	0.00	0.00	3.52
4	B737-900 ER	0.00	0.00	3.53
5	A330-300 std	0.00	0.00	1.88
6	B787-9 (Preliminary)	0.00	0.00	4.05
7	A350-900	0.00	0.00	2.25
8	B777-300 ER	1.00	1.00	3.87
9	B747-400	0.00	0.00	3.46
10	B747-400 Belly	0.00	0.00	3.48
11	A380	0.00	0.00	3.82
12	A380 Belly	0.00	0.01	4.24

Help

Back
Save PDF
Save XML
Save
Print
Design Info
Notes
Copy

Gambar 5.37 Informasi Desain pada Perkerasan Kaku *Apron* bagian 3

Sumber: FAARFIELD

Hasil akhir dari desain tebal lapis perkerasan kaku menggunakan *FAARFIELD* adalah didapatkan tebal lapisan sebesar 497,7 mm pada lapisan *surface*, dan 240 mm pada lapisan *subbase* dengan tebal total 739,7 mm.

5.2.4 Perhitungan Perkerasan Menggunakan Metode ICAO (*International Civil Aviation Organization*) *United States of America Practice* pada *Runway*

Untuk metode ini pertama-tama adalah memilih pesawat rencana disini pesawat rencana yang dipilih adalah pesawat A321-200 std yang memiliki *gear type dual wheel*. Berikut ini adalah tabel konfigurasi roda gear masing-masing pesawat pada Tabel 5.2 dan juga faktor pengali untuk masing masing konfigurasi roda gear pada Tabel 5.3.

Tabel 5.2 Konfigurasi Roda *Gear* Pesawat

No.	Nama	<i>Gear type</i>
1	A321-200 std	<i>Dual Wheel</i>
2	A320-100	<i>Dual Wheel</i>
3	B737-800	<i>Dual Wheel</i>
4	B737-900 ER	<i>Dual Wheel</i>
5	A330-300 std	<i>Dual Tandem</i>
6	B787-9 (Preliminary)	<i>Dual Wheel</i>
7	A350-900	<i>Dual Tandem</i>
8	B777-300 ER	<i>Dual Tandem</i>
9	B747-400	<i>Double Dual Tandem</i>
10	B747-400 Belly	<i>Double Dual Tandem</i>
11	A380	<i>Double Dual Tandem</i>
12	A380 Belly	<i>Double Dual Tandem</i>

Sumber : PT. Angkasa Pura I (Persero)

Tabel 5.3 Faktor Pengali Konfigurasi Roda *Gear* Pesawat

Konversi dari	Ke	Faktor Pengali
<i>Single Wheel</i>	<i>Dual Wheel</i>	0,8
<i>Single Wheel</i>	<i>Dual Tandem</i>	0,5
<i>Dual Wheel</i>	<i>Dual Tandem</i>	0,6
<i>Dual Wheel</i>	<i>Single Wheel</i>	1,3
<i>Dual Tandem</i>	<i>Single Wheel</i>	2,0
<i>Dual Tandem</i>	<i>Dual Wheel</i>	1,7
<i>Double Dual Tandem</i>	<i>Dual Tandem</i>	1,0
<i>Double Dual Tandem</i>	<i>Dual Wheel</i>	1,7

Sumber : International Civil Aviation Organization (ICAO), "Aerodrome Design Manual", Part 3 Pavements, Second Edition, 1983

Dengan begitu semua konfigurasi roda pesawat akan dikonversi ke *Dual Wheel* sehingga bisa mendapatkan *annual departures* pesawat campuran. *Annual departures* pesawat campuran dapat didapatkan dengan cara pertama-tama dengan mencari nilai R2 atau *annual departures* pesawat-pesawat campuran dinyatakan dalam roda pendaratan pesawat rencana, yang berarti semua konfigurasi roda pesawat akan dikonversikan ke konfigurasi roda pesawat rencana yaitu pesawat A321-200 std, konversi roda pesawat dapat dilakukan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Pesawat A321-200 std} = R2 &= \text{annual departures} \times \text{Faktor pengali} \\
 &= 10 \times 1 \\
 &= 10
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Pesawat A330-300 std} = R2 &= 119 \times 1,7 \\
 &= 202,3
 \end{aligned}$$

Untuk pesawat selanjutnya dapat dilihat pada tabel 5.5. Selanjutnya adalah mencari W2 atau beban roda dari pesawat yang di tanyakan, cara mencarinya adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Pesawat A321-200 std} = W2 &= \text{Beban} \times 0,95 \times 0,25 \\
 &= 89,4 \times 0,95 \times 0,25 \\
 &= 21,2325 \text{ ton} = 21232,5 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Pesawat A330-300 std} = W2 &= 23 \times 0,95 \times 0,125 \\
 &= 27,4194 \text{ ton} = 27419,4 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Untuk pesawat selanjutnya dapat dilihat pada tabel 5.4. Selanjutnya adalah mencari W1 atau Beban roda pesawat rencana yaitu dengan cara sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Pesawat A321-200 std} = W1 &= \text{Beban} \times 0,95 \times 0,25 \\
 &= 89,4 \times 0,95 \times 0,25 \\
 &= 21,2325 \text{ ton} = 21232,5 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Selanjutnya adalah mencari R1 atau equivalent annual departure pesawat rencana yaitu dengan cara sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Pesawat A330-300 std} = \log R1 &= \log R2 \times \left(\frac{W2}{W1}\right)^{0,5} \\
 &= \log 10 \times \left(\frac{27419,4}{21232,5}\right)^{0,5} \\
 R1 &= 417,365
 \end{aligned}$$

Berikut ini adalah tabel 5.4 Susunan beban pesawat udara maksimum dan Konfigurasi roda pendaratan utama dan tabel 5.5 *Annual departures* pesawat campuran

Tabel 5.4 Susunan Beban Pesawat Udara Maksimum dan Konfigurasi Roda Pendaratan Utama

No.	Nama	Berat Maksimum Pesawat	Gear type	W2		W1
		Ton		Ton	Kg	Kg
1	A321-200 std	89,4	<i>Dual Wheel</i>	21,2	21232,5	21232,5
2	A320-100	68,4	<i>Dual Wheel</i>	16,2	16245	21232,5
3	B737-800	79	<i>Dual Wheel</i>	18,8	18820,2	21232,5
4	B737-900 ER	85	<i>Dual Wheel</i>	20,3	20274,4	21232,5
5	A330-300 std	231	<i>Dual Tandem</i>	27,4	27419,4	21232,5
6	B787-9 (Preliminary)	252	<i>Dual Wheel</i>	59,8	59789,2	21232,5
7	A350-900	273	<i>Dual Tandem</i>	32,4	32407,4	21232,5
8	B777-300 ER	352	<i>Dual Tandem</i>	41,9	41852,4	21232,5
9	B747-400	398	<i>Double Dual Tandem</i>	23,6	23619,4	21232,5
10	B747-400 Belly	398	<i>Double Dual Tandem</i>	23,6	23619,4	21232,5
11	A380	562	<i>Double Dual Tandem</i>	33,4	33368,8	21232,5
12	A380 Belly	562	<i>Double Dual Tandem</i>	33,4	33368,8	21232,5

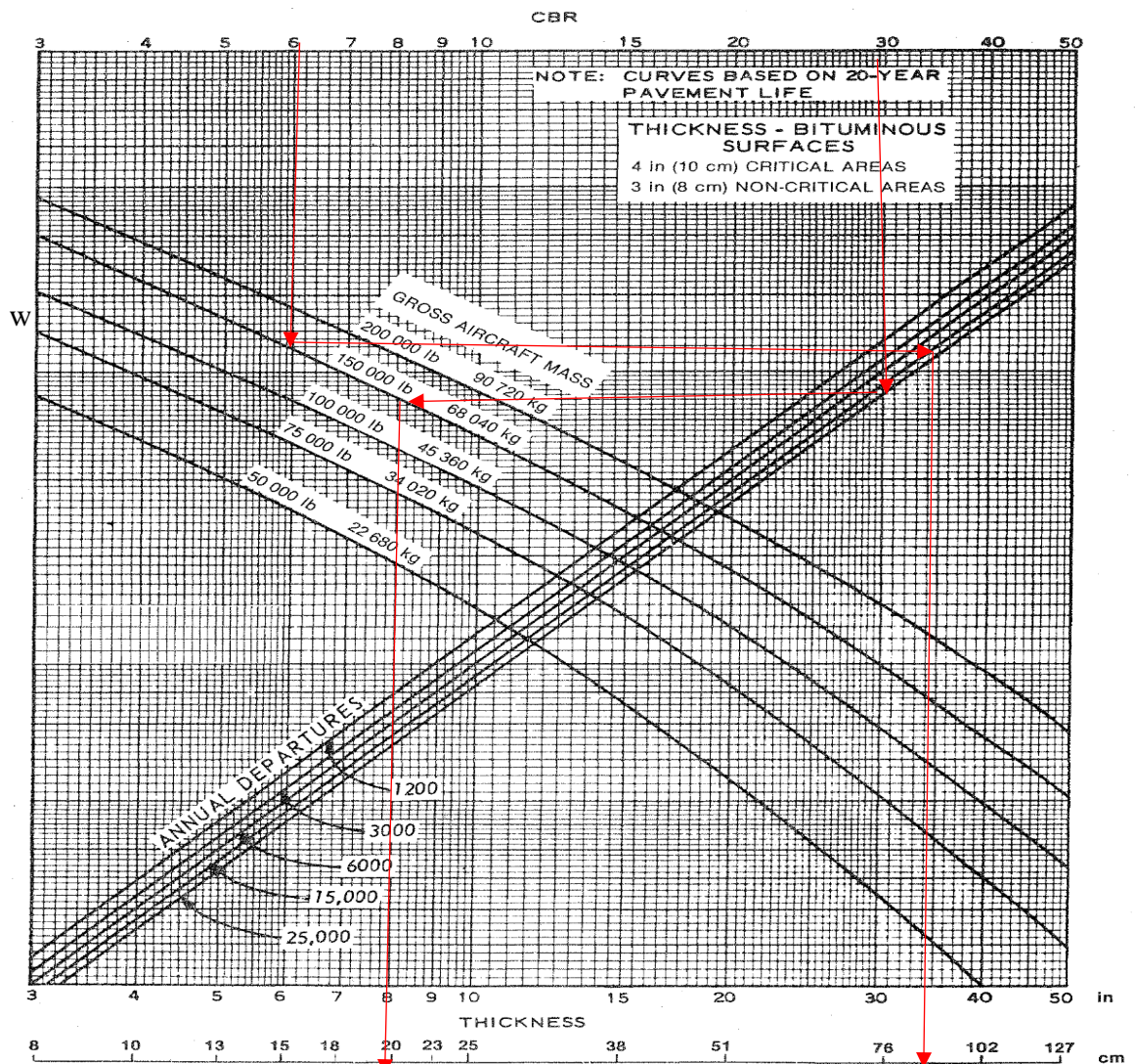
Tabel 5.5 *Annual Departures* Pesawat Campuran

No.	Nama	Annual Departures	Beban Roda (W2)	Beban Roda Pesawat Udara Rencana (W1)	R2	R1
			Kg	Kg		
1	A321-200 std	10	21232,5	21232,5	10	10
2	A320-100	10.047	16245	21232,5	10047	3166,52
3	B737-800	7.409	18820,2	21232,5	7409	4398,52
4	B737-900 ER	6.019	20274,4	21232,5	6019	4934,79
5	A330-300 std	119	27419,4	21232,5	202,3	417,365
6	B787-9 (Preliminary)	41	59789,2	21232,5	41	508,591
7	A350-900	1	32407,4	21232,5	1,7	1,9262
8	B777-300 ER	400	41852,4	21232,5	680	9479,22
9	B747-400	22	23619,4	21232,5	37,4	45,5961
10	B747-400 <i>Belly</i>	22	23619,4	21232,5	37,4	45,5961
11	A380	52	33368,8	21232,5	88,4	275,506
12	A380 <i>Belly</i>	52	33368,8	21232,5	88,4	275,506
Total <i>Annual Departure</i> Campuran						23559,1

Berdasarkan Tabel 5.5 di atas *Annual Departures* campuran yang didapat adalah 23559,1 dan beban pesawat rencana adalah 89,4 ton.

1. Menghitung Perkerasan Lentur

Menghitung perkerasan lentur adalah dengan menggunakan grafik perkerasan lentur untuk konfigurasi roda *dual wheel* dengan CBR subgrade 6% dan CBR subbase 30%.



Gambar 5.38 perhitungan perkerasan lentur grafik *dual wheel* pada Runway

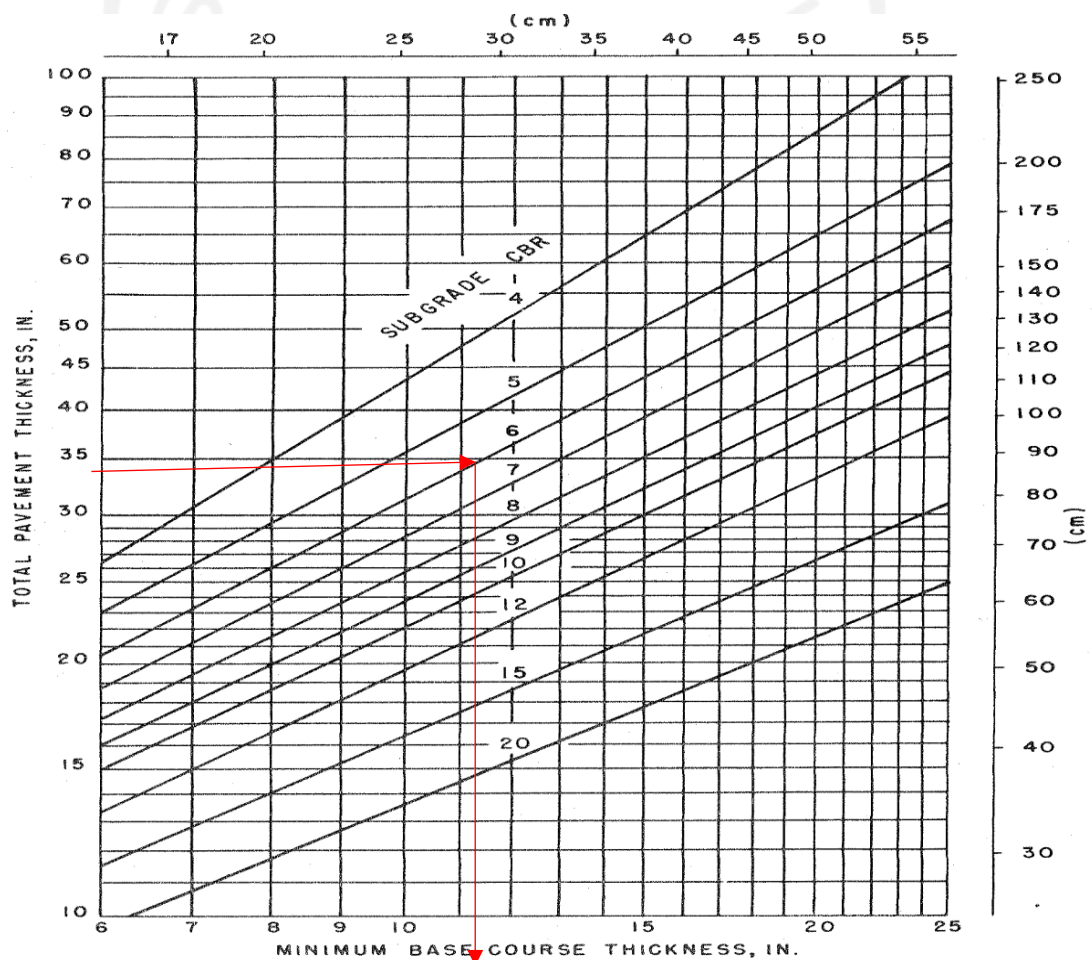
Sumber : International Civil Aviation Organization (ICAO), "Aerodrome Design Manual", Part 3 Pavements, Second Edition, 1983

Berdasarkan dari grafik maka didapatkan tebal total 34,5 inch atau sama dengan 87.6 cm, dan juga dari grafik yang sama dengan menggunakan CBR subbase

30% didapatkan tebal 8 inch atau sama dengan 20,32 cm, maka dari sini kita bisa mendapatkan tebal subbase dengan cara sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Tebal subbase} &= \text{tebal total} - \text{tebal CBR 30\%} \\ &= 34,5 - 8 = 26,5 \text{ inch} \end{aligned}$$

Tebal lapisan aspal berdasarkan grafik adalah 4 inch atau 10 cm, kemudian tebal lapisan *base* minimum didapatkan dari grafik *minimum base course* CBR 6% adalah sebagai berikut.



Gambar 5.39 minimum *base course thickness* pada Runway

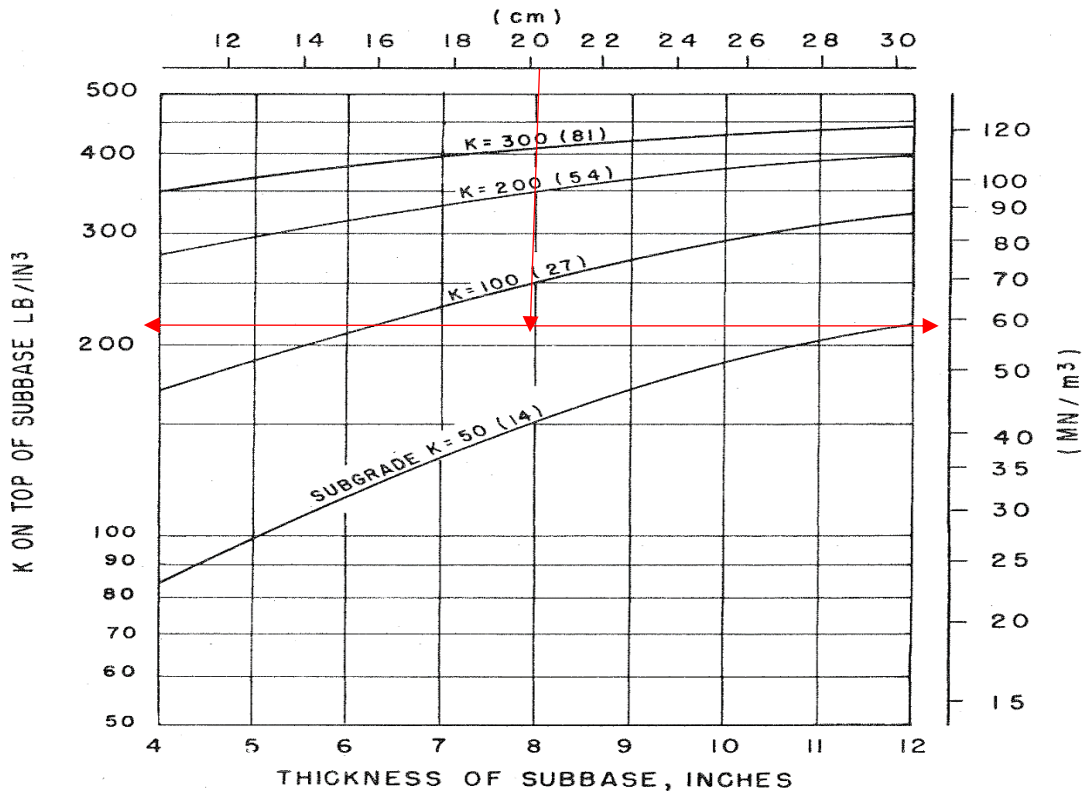
Sumber : International Civil Aviation Organization (ICAO), "Aerodrome Design Manual", Part 3 Pavements, Second Edition, 1983

Dari grafik diatas didapatkan tebal lapisan base minimum adalah 11,2 inch atau sama dengan 28,5 cm. Untuk memperoleh tebal lapisan base adalah dengan mengurangi tebal CBR 30% dengan tebal aspal sehingga didapatkan tebal lapisan

base adalah 4 inch namun karena berdasarkan tebal base minimum adalah 11,2 inch maka kekurangan 7,2 inch dari lapisan diambil dari tebal lapisan subbase sehingga hasil akhir tebal lapis perkerasan lentur adalah lapisan surface setebal 4 inch atau 10 cm, lapisan base setebal 11,2 inch atau 28,5 cm, dan tebal lapisan subbase adalah 19,3 inch atau sebesar 49,1 cm dengan total tebal perkerasan lentur adalah 87.6 cm

2. Menghitung perkerasan kaku

Nilai CBR yang digunakan pada perkerasan ini adalah 6%, dari nilai CBR didapatkan nilai k sebesar 115,8 pci atau 31,4 KN/m³, dan E sebesar 8998,8 psi atau 62,05 Mpa. Langkah pertama yang dilakukan adalah dengan menentukan modulus pondasi bawah dengan stabilisasi dikarenakan oleh beban dari pesawat, disini diasumsikan bahwa tebal lapisan *subbase* dengan menggunakan bahan semen yang distabilisasi dengan ketebelan setebal 20 cm untuk dimasukkan dalam grafik mencari modulus pondasi sebagai berikut.



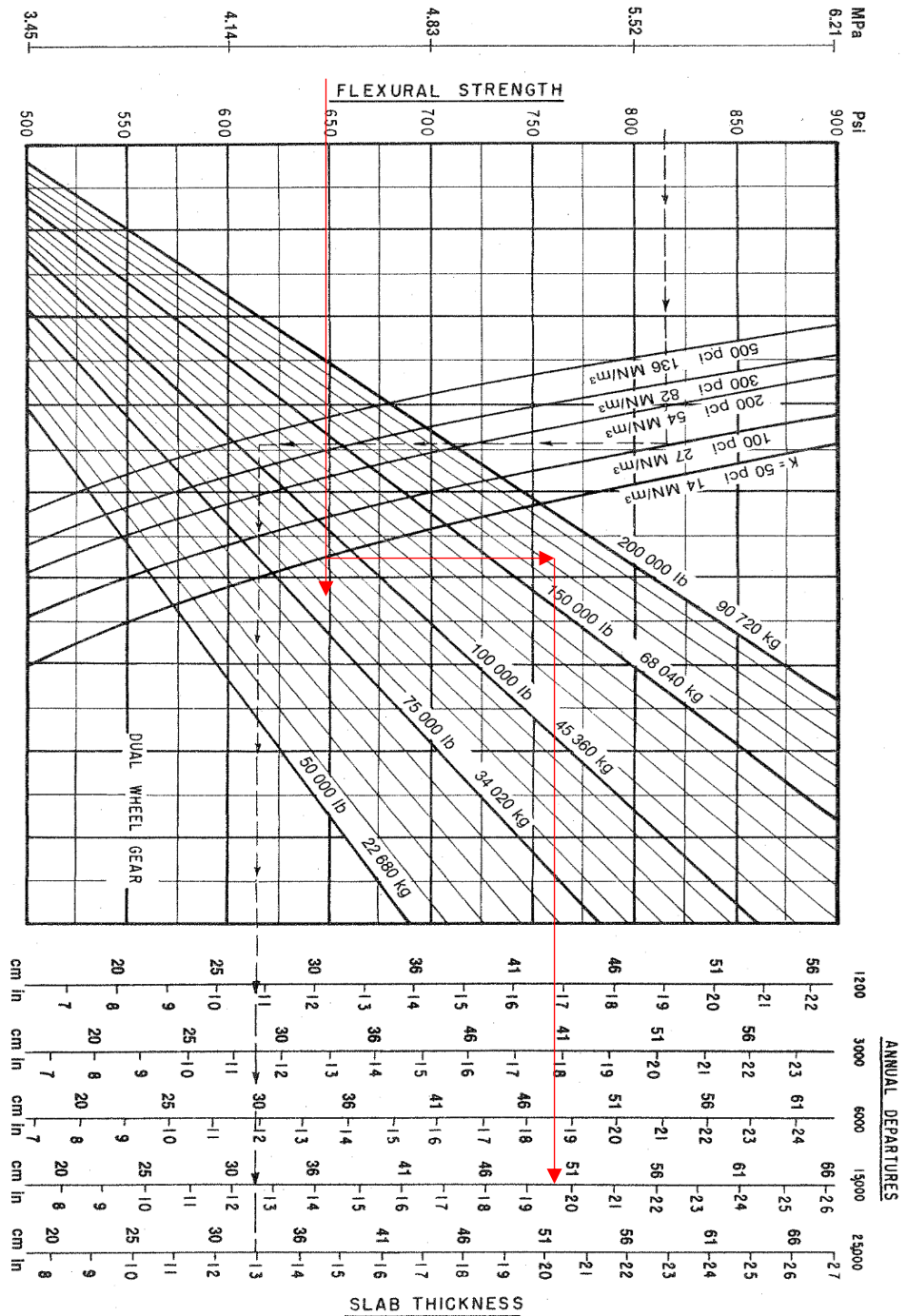
Gambar 5.40 Grafik modulus pondasi pada *Runway*

Sumber : International Civil Aviation Organization (ICAO), "Aerodrome Design Manual", Part 3 Pavements, Second Edition, 1983

Berdasarkan dari grafik diatas maka didapatkan modulus pondasi sebesar 70 MN/m³ atau sebesar 250 pci. Berdasarkan FAA AC 150/5370-10F standards for specifying construction of Airport penggunaan *cement treated base course* (CTB) dibawah permukaan perkerasan kaku (*rigid pavement*) mempunyai kuat tekan minimal 500 psi dan maksimal 1000 psi, dan untuk E yang digunakan adalah sekitar 600.000 sampai 2.000.000 psi. Dalam perencanaan ini digunakan kuat tekan ($f'c$) sebesar 650 psi atau 45,69 Kg/cm² dan E sebesar 600.000 psi atau 4.410 Mpa sehingga didapatkan nilai k sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 k &= 0,0964 \times E^{0,7788} \\
 &= 0.0964 \times 4410^{0,7788} \\
 &= 66,4509 \text{ pci}
 \end{aligned}$$

Setelah itu dilanjutkan dengan mencari tebal lapis beton dengan *flexural strength* sebesar 4,5 Mpa menggunakan grafik perkerasan kaku untuk *Dual Wheel* sebagai berikut.



Gambar 5.41 Grafik perkerasan kaku dual wheel pada Runway

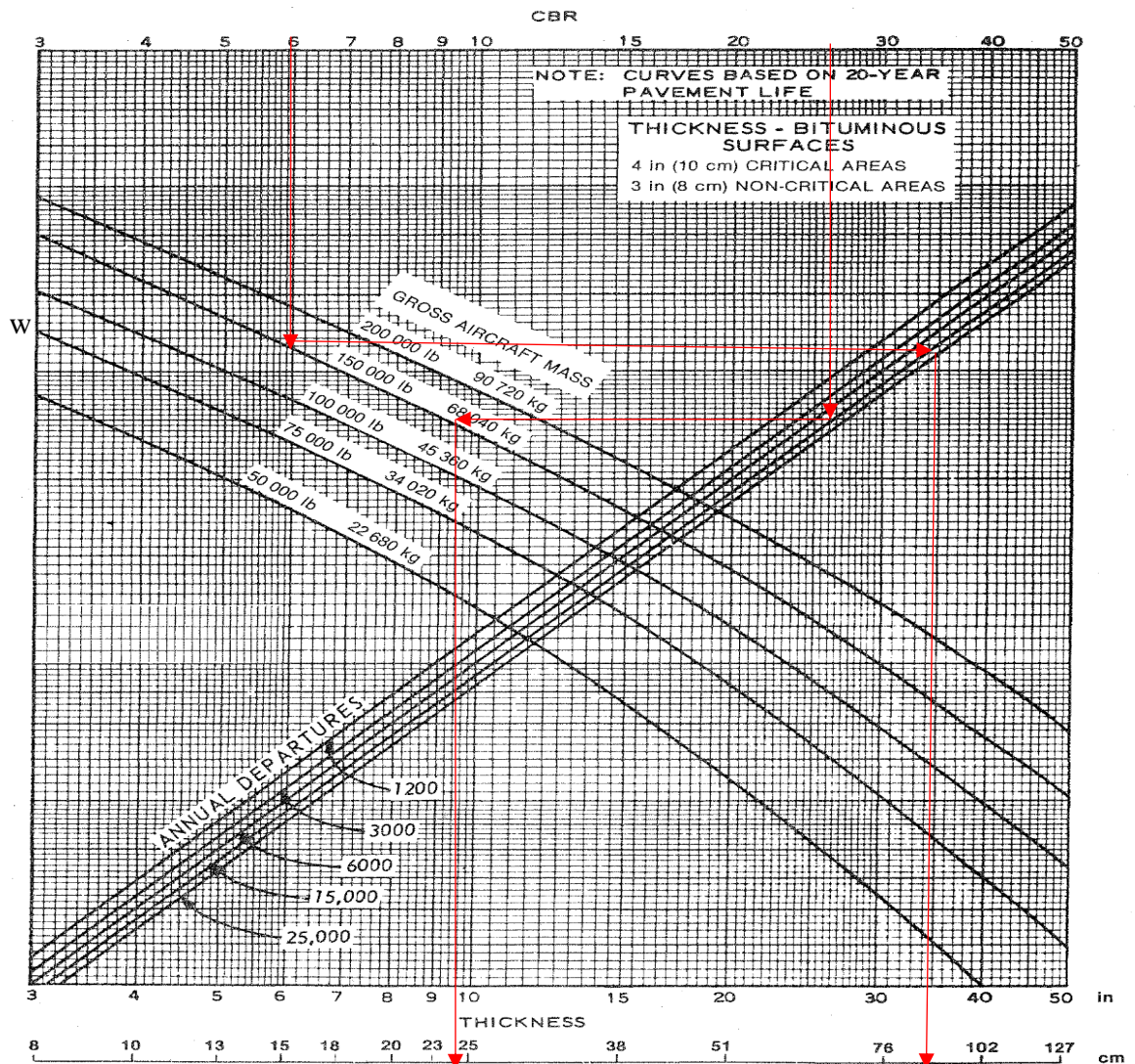
Sumber : International Civil Aviation Organization (ICAO), "Aerodrome Design Manual", Part 3 Pavements, Second Edition, 1983

Dari grafik diatas didapatkan hasil dari tebal lapis beton dengan ketebalan sebesar 19,7 inch atau sama dengan 50 cm. sehingga dengan ini didapatkan hasil akhir tebal lapis perkerasan kaku yang diperoleh adalah pada lapis surface sebesar 50 cm dan pada base sebesar 20 cm, dengan total tebal perkerasan kaku adalah 70 cm.

5.2.5 Perhitungan Perkerasan Menggunakan Metode ICAO (*International Civil Aviation Organization*) *United States of America Practice* pada Taxiway

1. Menghitung Perkerasan Lentur

Menghitung perkerasan lentur pada *Taxiway* memiliki langkah yang sama dengan perhitungan pada *Runway* adalah dengan menggunakan grafik perkerasan lentur untuk konfigurasi roda *dual wheel* dengan CBR subgrade 6% dan CBR subbase 27%.



Gambar 5.42 perhitungan perkerasan lentur grafik *dual wheel* pada *Taxiway*

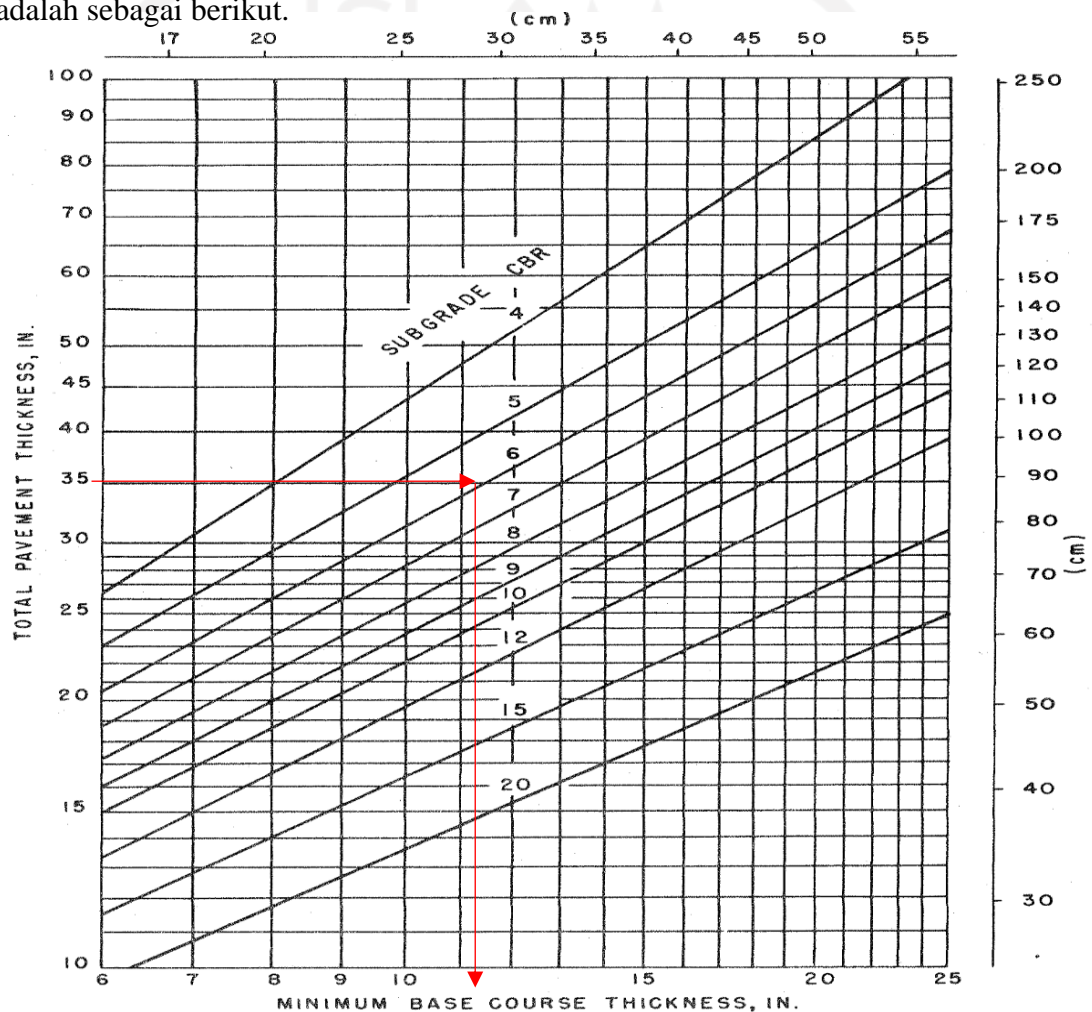
Sumber : *International Civil Aviation Organization (ICAO), "Aerodrome Design Manual", Part 3 Pavements, Second Edition, 1983*

Berdasarkan dari grafik maka didapatkan tebal total 34,5 inch atau sama dengan 87.6 cm, dan juga dari grafik yang sama dengan menggunakan CBR subbase

27% didapatkan tebal 9,6 inch atau sama dengan 24,38 cm, maka dari sini kita bisa mendapatkan tebal subbase dengan cara sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Tebal subbase} &= \text{tebal total} - \text{tebal CBR 30\%} \\ &= 34,5 - 9,6 = 24,9 \text{ inch} \end{aligned}$$

Tebal lapisan aspal berdasarkan grafik adalah 4 inch atau 10 cm, kemudian tebal lapisan *base* minimum didapatkan dari grafik *minimum base course* CBR 6% adalah sebagai berikut.



Gambar 5.43 minimum *base course thickness* pada *Taxiway*

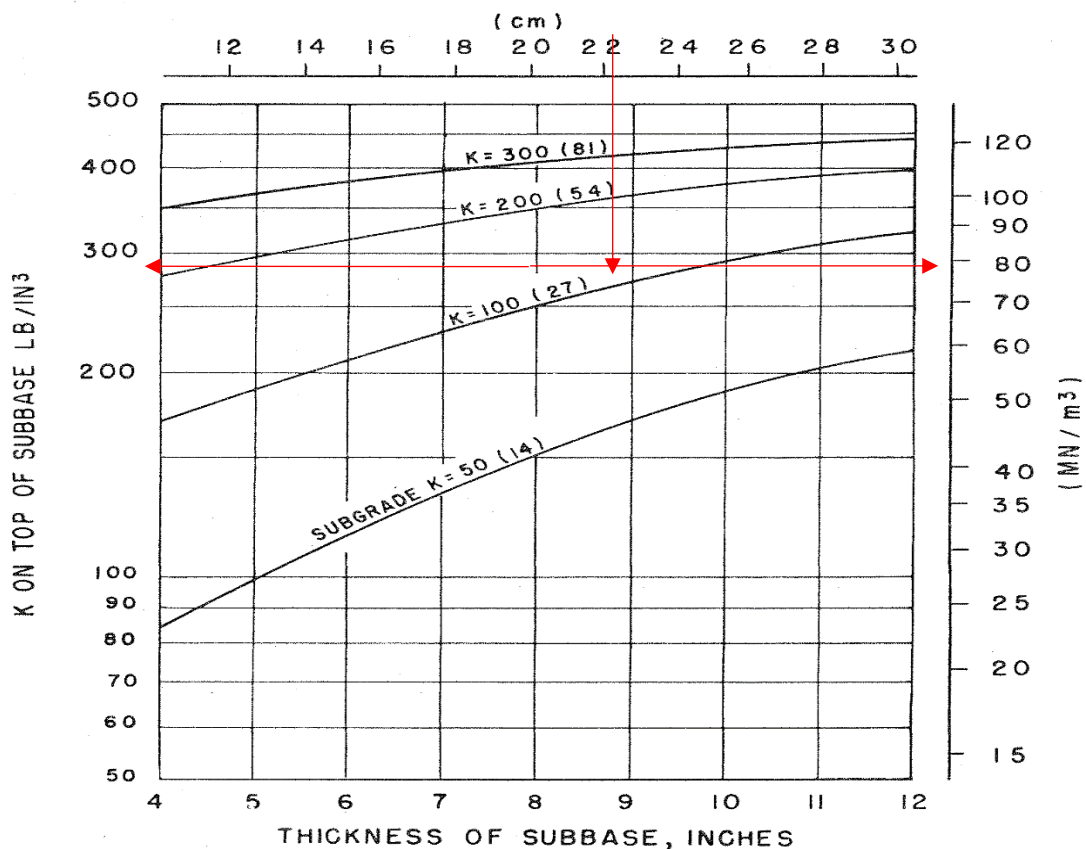
Sumber : International Civil Aviation Organization (ICAO), "Aerodrome Design Manual", Part 3 Pavements, Second Edition, 1983

Dari grafik diatas didapatkan tebal lapisan base minimum adalah 11,2 inch atau sama dengan 28,5 cm. Untuk memperoleh tebal lapisan base adalah dengan mengurangi tebal CBR 27% dengan tebal aspal sehingga didapatkan tebal lapisan

base adalah 4 inch namun karena berdasarkan tebal *base* minimum adalah 11,2 inch maka kekurangan 5,6 inch dari lapisan diambil dari tebal lapisan *subbase* sehingga hasil akhir tebal lapis perkerasan lentur adalah lapisan *surface* setebal 4 inch atau 10 cm, lapisan base setebal 11,2 inch atau 28,5 cm, dan tebal lapisan *subbase* adalah 19,3 inch atau sebesar 49.1 cm dengan total tebal perkerasan lentur adalah 87.6 cm

2. Menghitung perkerasan kaku

Nilai CBR yang digunakan pada perkerasan ini adalah 6%, dari nilai CBR didapatkan nilai k sebesar 115,8 pci atau 31,4 KN/m³, dan E sebesar 8998,8 psi atau 62,05 Mpa. Langkah pertama yang dilakukan adalah dengan menentukan modulus pondasi bawah dengan stabilisasi dikarenakan oleh beban dari pesawat, disini diasumsikan bahwa tebal lapisan subbase dengan menggunakan bahan semen yang distabilisasi dengan ketebelan setebal 22 cm untuk dimasukkan dalam grafik mencari modulus pondasi sebagai berikut.



Gambar 5.44 Grafik modulus pondasi pada *Taxiway*

Sumber : International Civil Aviation Organization (ICAO), "Aerodrome Design Manual", Part 3 Pavements, Second Edition, 1983

Berdasarkan dari grafik diatas maka didapatkan modulus pondasi sebesar 73 MN/m³ atau sebesar 270 pci Berdasarkan FAA AC 150/5370-10F standards for specifying construction of Airport penggunaan *cement treated base course* (CTB) dibawah permukaan perkerasan kaku (*rigid pavement*) mempunyai kuat tekan minimal 500 psi dan maksimal 1000 psi, dan untuk E yang digunakan adalah sekitar 600.000 sampai 2.000.000 psi. Dalam perencanaan ini digukan kuat tekan ($f'c$) sebesar 650 psi atau 45,69 Kg/cm² dan E sebesar 650.000 psi atau 4.482 Mpa sehingga didapatkan nilai k sebagai berikut.

$$\begin{aligned} k &= 0,0964 \times E^{0,7788} \\ &= 0.0964 \times 4482^{0,7788} \\ &= 67,2687 \text{ pci} \end{aligned}$$

Setelah itu dilanjutkan dengan mencari tebal lapis beton dengan *flexural strength* sebesar 4,5 Mpa menggunakan grafik perkerasan kaku untuk *Dual Wheel* sebagai berikut.

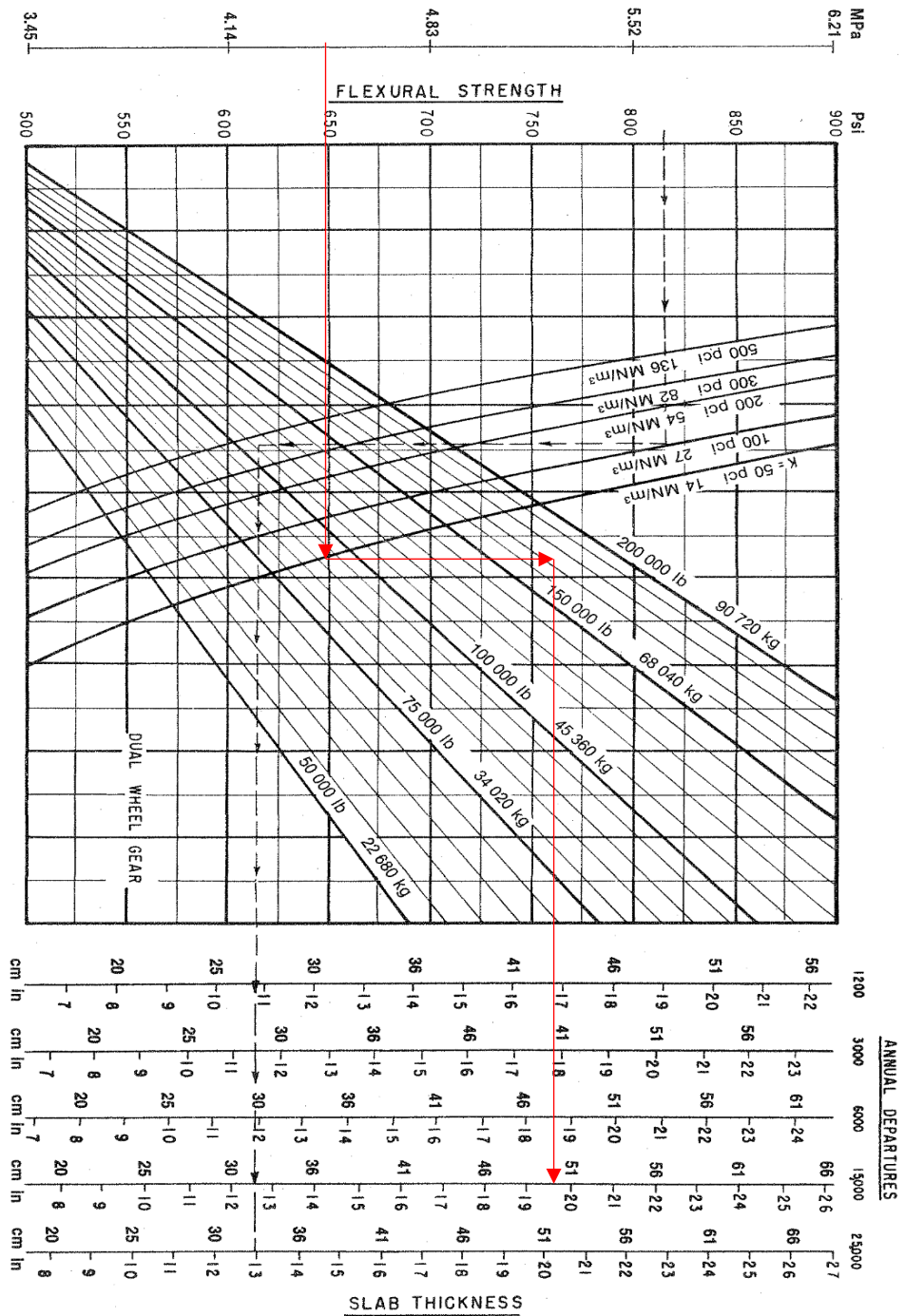


Figure 4-47. Rigid pavement design curves - dual wheel gear

Gambar 5.45 Grafik perkerasan kaku *dual wheel* pada *Taxiway*

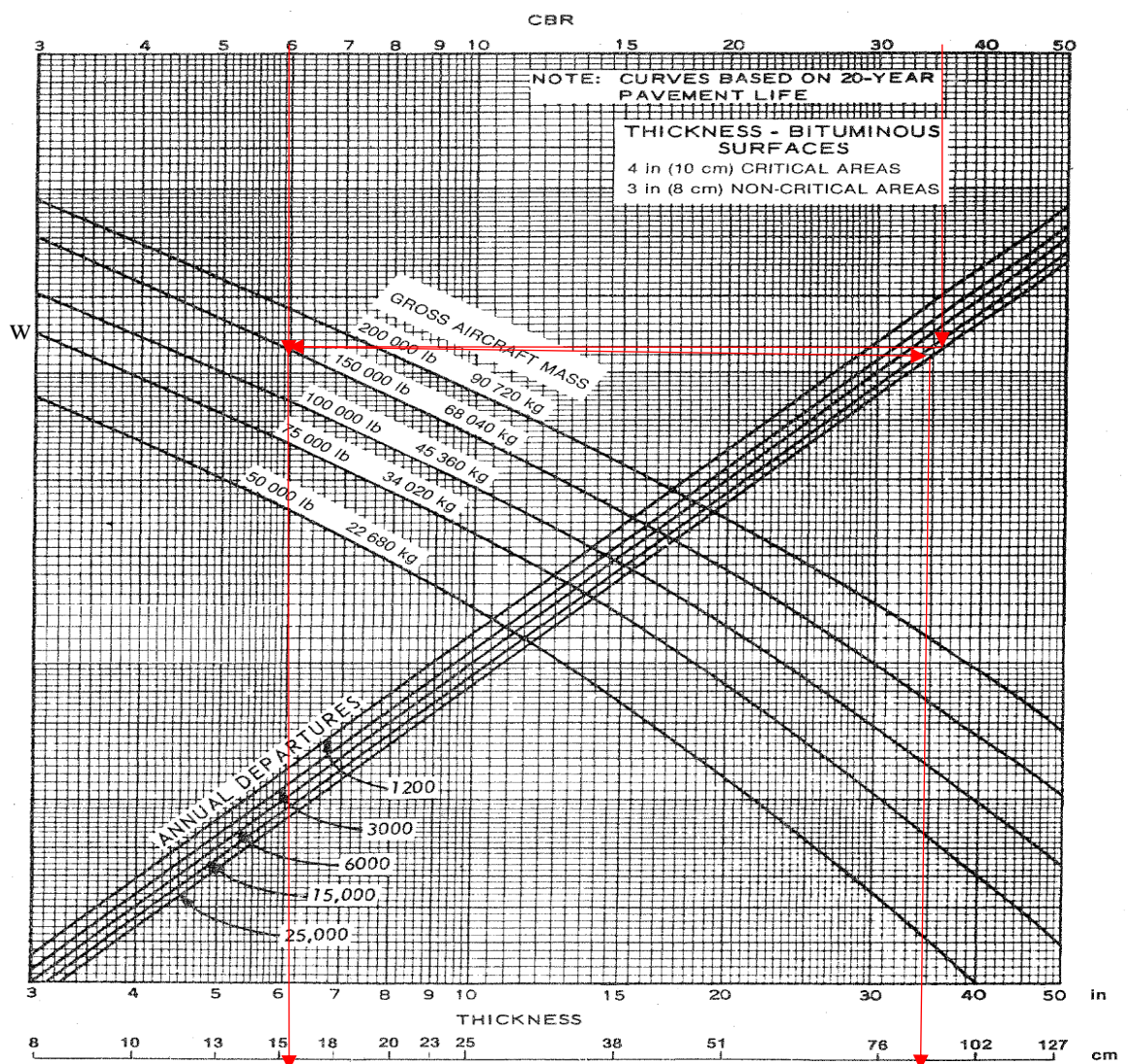
Sumber : International Civil Aviation Organization (ICAO), "Aerodrome Design Manual", Part 3 Pavements, Second Edition, 1983

Dari grafik diatas didapatkan hasil dari tebal lapis beton dengan ketebelan sebesar 19,7 inch atau sama dengan 50 cm. sehingga dengan ini didapatkan hasil akhir tebal lapis perkerasan kaku yang diperoleh adalah pada lapis *surface* sebesar 50 cm dan pada *base* sebesar 22 cm, dengan total tebal perkerasan kaku adalah 72 cm.

5.2.6 Perhitungan Perkerasan Menggunakan Metode ICAO (*International Civil Aviation Organization*) *United States of America Practice* pada Apron

1. Menghitung Perkerasan Lentur

Menghitung perkerasan lentur pada *Taxiway* memiliki langkah yang sama dengan perhitungan pada *Runway* adalah dengan menggunakan grafik perkerasan lentur untuk konfigurasi roda *dual wheel* dengan CBR subgrade 6% dan CBR subbase 35%.



Gambar 5.46 perhitungan perkerasan lentur grafik *dual wheel* pada Apron

Sumber : *International Civil Aviation Organization (ICAO), "Aerodrome Design Manual", Part 3 Pavements, Second Edition, 1983*

Berdasarkan dari grafik maka didapatkan tebal total 34,5 inch atau sama dengan 87.6 cm, dan juga dari grafik yang sama dengan menggunakan CBR subbase 35% didapatkan tebal 6 inch atau sama dengan 15,24 cm, maka dari sini kita bisa mendapatkan tebal subbase dengan cara sebagai berikut.

$$\text{Tebal subbase} = \text{tebal total} - \text{tebal CBR 30\%}$$

$$= 34,5 - 6 = 28,5 \text{ inch}$$

Tebal lapisan aspal berdasarkan grafik adalah 4 inch atau 10 cm, kemudian tebal lapisan *base* minimum didapatkan dari grafik *minimum base course* CBR 6% adalah sebagai berikut.

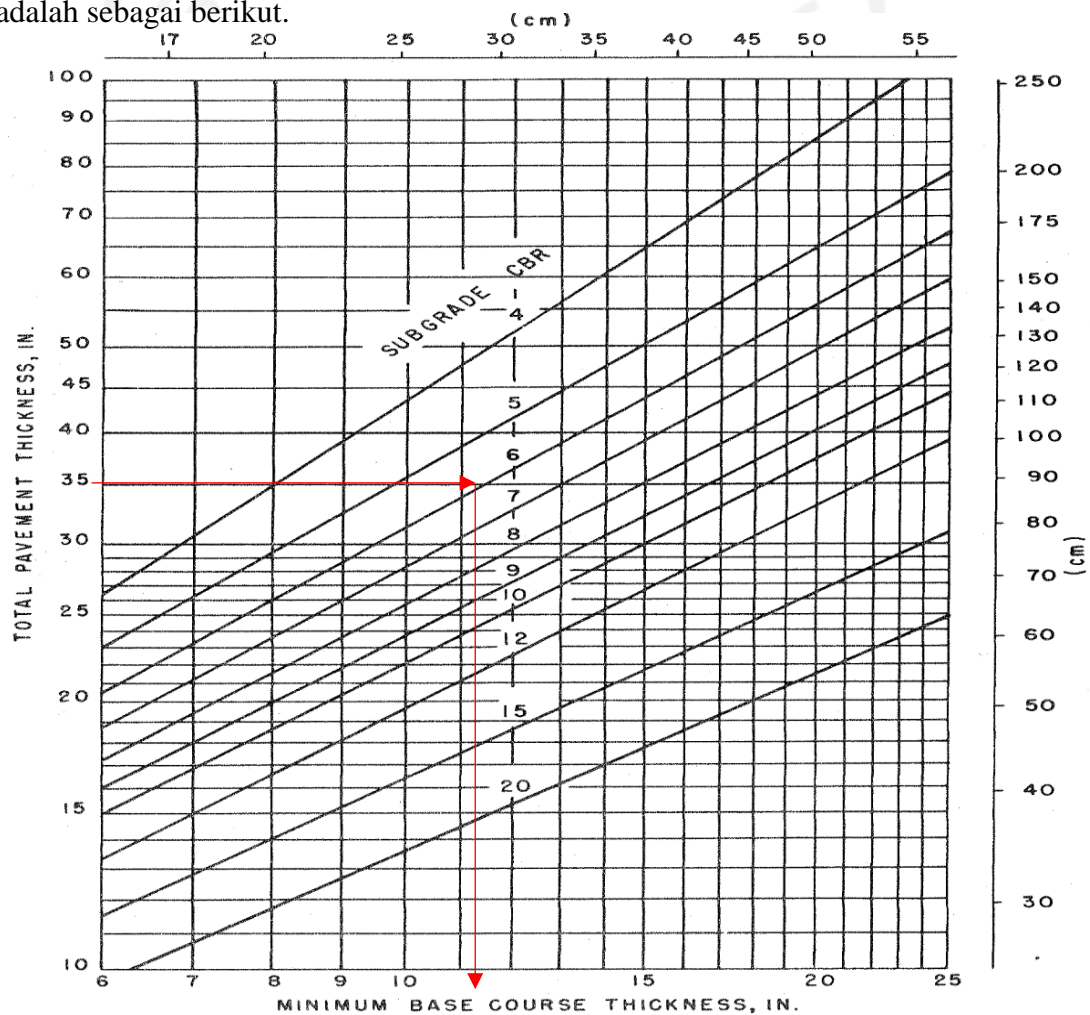


Figure 4-45. Minimum base course thickness requirements

Gambar 5.47 minimum *base course thickness* pada *Apron*

Sumber : International Civil Aviation Organization (ICAO), "Aerodrome Design Manual", Part 3 Pavements, Second Edition, 1983

Dari grafik diatas didapatkan tebal lapisan base minimum adalah 11,2 inch atau sama dengan 28,5 cm. Untuk memperoleh tebal lapisan base adalah dengan mengurangi tebal CBR 35% dengan tebal aspal sehingga didapatkan tebal lapisan base adalah 4 inch namun karena berdasarkan tebal *base* minimum adalah 11,2 inch maka kekurangan 9,2 inch dari lapisan diambil dari tebal lapisan *subbase* sehingga hasil akhir tebal lapis perkerasan lentur adalah lapisan *surface* setebal 4 inch atau 10 cm, lapisan base setebal 11,2 inch atau 28,5 cm, dan tebal lapisan *subbase* adalah 19,3 inch atau sebesar 49.1 cm dengan total tebal perkerasan lentur adalah 87.6 cm

2. Menghitung perkerasan kaku

Nilai CBR yang digunakan pada perkerasan ini adalah 6%, dari nilai CBR didapatkan nilai k sebesar 115,8 pci atau 31,4 KN/m³, dan E sebesar 8998,8 psi atau 62,05 Mpa. Langkah pertama yang dilakukan adalah dengan menentukan modulus pondasi bawah dengan stabilisasi dikarenakan oleh beban dari pesawat, disini diasumsikan bahwa tebal lapisan subbase dengan menggunakan bahan semen yang distabilisasi dengan ketebelan setebal 24 cm untuk dimasukkan dalam grafik mencari modulus pondasi sebagai berikut.

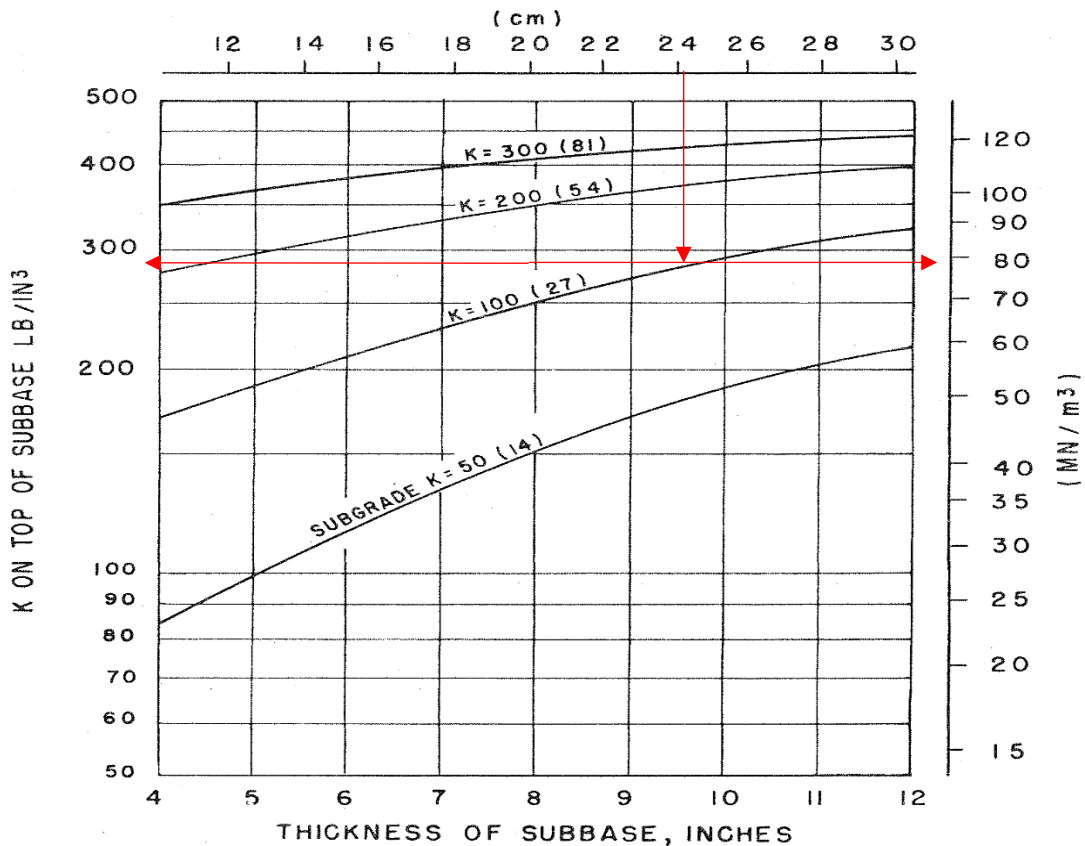


Figure 4-55. Effect of stabilized sub-base on subgrade modulus

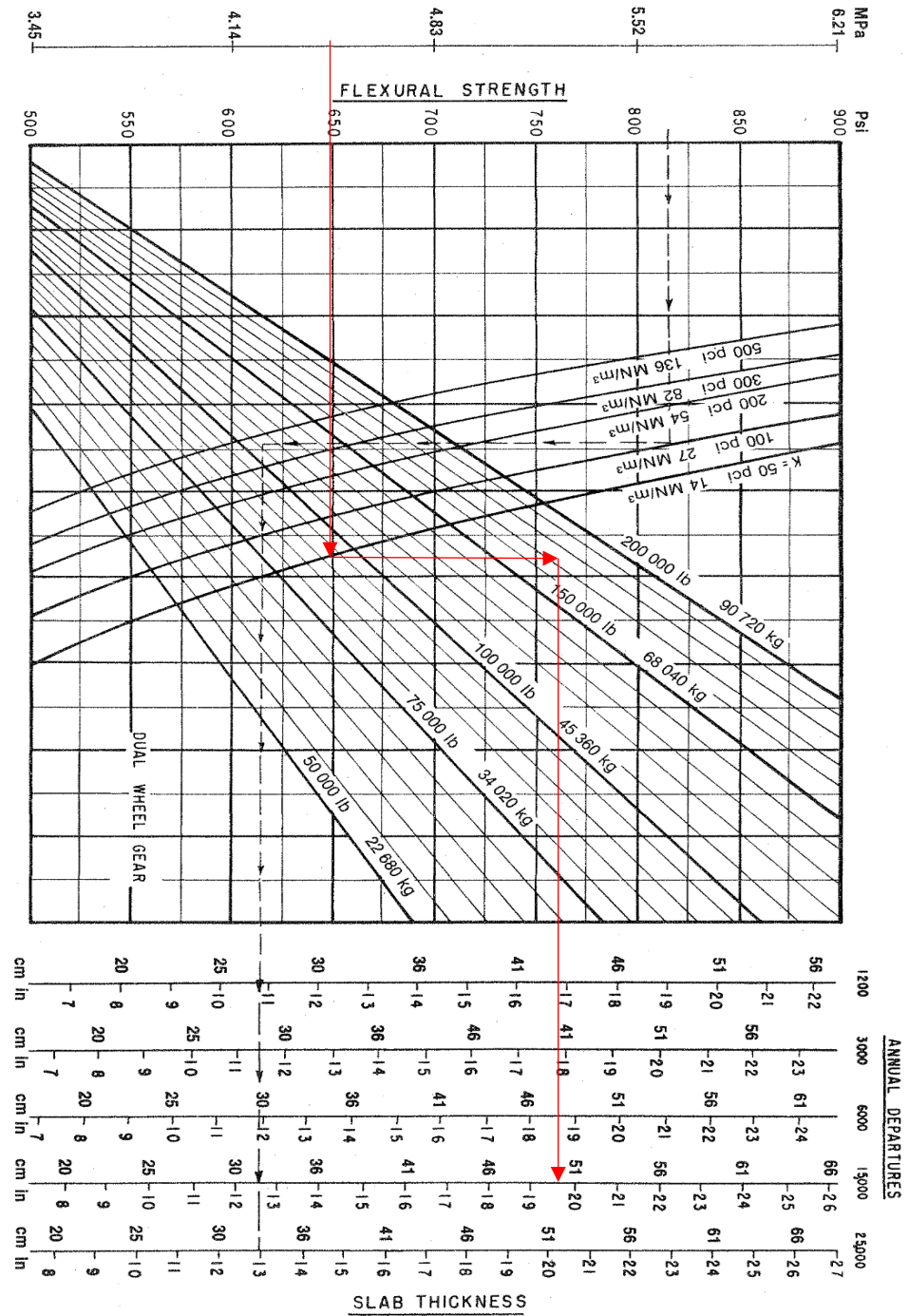
Gambar 5.48 Grafik modulus pondasi pada Apron

Sumber : International Civil Aviation Organization (ICAO), "Aerodrome Design Manual", Part 3 Pavements, Second Edition, 1983

Berdasarkan dari grafik diatas maka didapatkan modulus pondasi sebesar 79 MN/m³ atau sebesar 290 pci Berdasarkan FAA AC 150/5370-10F standards for specifying construction of Airport penggunaan cement treated base course (CTB) dibawah permukaan perkerasan kaku (*rigid pavement*) mempunyai kuat tekan minimal 500 psi dan maksimal 1000 psi, dan untuk E yang digunakan adalah sekitar 600.000 sampai 2.000.000 psi. Dalam perencanaan ini digukan kuat tekan ($f'c$) sebesar 650 psi atau 45,69 Kg/cm² dan E sebesar 700.000 psi atau 4.482 Mpa sehinga didapatkan nilai k sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 k &= 0,0964 \times E^{0,7788} \\
 &= 0.0964 \times 4826^{0,7788} \\
 &= 71,2615 \text{ pci}
 \end{aligned}$$

Setelah itu dilanjutkan dengan mencari tebal lapis beton dengan *flexural strength* sebesar 4,5 Mpa menggunakan grafik perkerasan kaku untuk *Dual Wheel* sebagai berikut.



Gambar 5.49 Grafik perkerasan kaku *dual wheel* pada *Apron*

Sumber : International Civil Aviation Organization (ICAO), "Aerodrome Design Manual", Part 3 Pavements, Second Edition, 1983

Dari grafik diatas didapatkan hasil dari tebal lapis beton dengan ketebelan sebesar 19,7 inch atau sama dengan 50 cm. sehingga dengan ini didapatkan hasil akhir tebal lapis perkerasan kaku yang diperoleh adalah pada lapis *surface* sebesar 50 cm dan pada *base* sebesar 24 cm, dengan total tebal perkerasan kaku adalah 74 cm.

5.3 Pembahasan

Berdasarkan perhitungan tebal perkerasan dengan dua metode diatas maka didapatkan hasil seperti pada tabel tabel berikut.

Tabel 5.6 Tebal Lapis Perkerasan Hasil Perhitungan *FAARFIELD* pada *Runway*

Perkerasan Lentur		Perkerasan Kaku	
Lapisan	Tebal (cm)	Lapisan	Tebal (cm)
<i>Surface</i>	10	<i>Surface (PCC)</i>	50,24
<i>Base</i>	30	<i>Base</i>	20
<i>Subbase</i>	47,79		
Total	87,79	Total	70,24

Tabel 5.7 Tebal Lapis Perkerasan Hasil Perhitungan *FAARFIELD* pada *Taxiway*

Perkerasan Lentur		Perkerasan Kaku	
Lapisan	Tebal (cm)	Lapisan	Tebal (cm)
<i>Surface</i>	10	<i>Surface (PCC)</i>	50,2
<i>Base</i>	27	<i>Base</i>	22
<i>Subbase</i>	51,77		
Total	88,77	Total	72,2

Tabel 5.8 Tebal Lapis Perkerasan Hasil Perhitungan *FAARFIELD* pada *Apron*

Perkerasan Lentur		Perkerasan Kaku	
Lapisan	Tebal (cm)	Lapisan	Tebal (cm)
<i>Surface</i>	10	<i>Surface (PCC)</i>	49,97
<i>Base</i>	33	<i>Base</i>	24
<i>Subbase</i>	43,19		
Total	86,19	Total	73,97

Tabel 5.9 Tebal Lapis Perkerasan Hasil Perhitungan ICAO *United States of America Practice* pada *Runway*

Perkerasan Lentur		Perkerasan Kaku	
Lapisan	Tebal (cm)	Lapisan	Tebal (cm)
<i>Surface</i>	10	<i>Surface (PCC)</i>	50
<i>Base</i>	28,5	<i>Base</i>	20
<i>Subbase</i>	49,1		
Total	87,6	Total	70

Tabel 5.10 Tebal Lapis Perkerasan Hasil Perhitungan ICAO *United States of America Practice* pada *Taxiway*

Perkerasan Lentur		Perkerasan Kaku	
Lapisan	Tebal (cm)	Lapisan	Tebal (cm)
<i>Surface</i>	10	<i>Surface (PCC)</i>	50
<i>Base</i>	28,5	<i>Base</i>	22
<i>Subbase</i>	49,1		
Total	87,6	Total	72

Tabel 5.11 Tebal Lapis Perkerasan Hasil Perhitungan ICAO *United States of America Practice* pada *Apron*

Perkerasan Lentur		Perkerasan Kaku	
Lapisan	Tebal (cm)	Lapisan	Tebal (cm)
<i>Surface</i>	10	<i>Surface (PCC)</i>	50
<i>Base</i>	28,5	<i>Base</i>	24
<i>Subbase</i>	49,1		
Total	87,6	Total	74

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa perbedaan hasil dari dua metode memiliki perbedaan antara satu sama lain. Kedua metode menggunakan CBR *subgrade* spesifikasi yang sama yaitu 6% dan juga menggunakan data lalu lintas pesawat yang sama. Pada metode ICAO *United States of America Practice* perhitungan menggunakan grafik atau secara manual dimana pertama dengan mencari nilai *annual departures* dari pesawat campuran kemudian mencari tebal lapis perkerasan pada grafik tebal lapis perkerasan, sedangkan untuk perhitungan menggunakan *FAARFIELD* hanya perlu memasukkan data lalu lintas pesawat campuran ke menu data pesawat yang disediakan oleh *FAARFIELD* dan kemudian memodifikasi tebal lapisan dan memulai proses desain sehingga didapatkan tebal lapis perkerasan sesuai dengan tabel 5.6 sampai dengan tabel 5.11.

Perbedaan hasil yang didapatkan dari kedua metode pada perkerasan lentur adalah karena pada metode ICAO total tebal perkerasan diambil dari grafik sedangkan pada *faarfield* berdasarkan hasil design akhir yang didapatkan setelah *running design* selain itu kita bisa memodifikasi lapisan *base* pada *faarfield* dan pada *faarfield* ketebalan minimum pada lapisan *base* adalah 8 inch atau 21 cm, sedangkan pada metode ICAO ketebalan minimum pada lapisan base didapatkan dari grafik tebal minimum lapisan *base* yang berdasarkan dari nilai CBR *subgrade* dan tebal lapis perkerasan total yang didapatkan sebelumnya. Sehingga hasil dari perhitungan tebal lapis perkerasan lentur sesuai dengan tabel-tabel diatas. Perbedaan hasil perhitungan tebal lapis perkerasan kaku adalah karena pada metode ICAO diasumsikan nilai modulus elastisitas (E) dan $f'c$ dimana penggunaan *Cement Treated Base course* (CTB) di bawah permukaan perkerasan kaku harus mempunyai kuat tekan ($f'c$) minimal 500 psi dan maksimal 1.000 psi. Untuk modulus Elastisitas (E) yang dianjurkan adalah 600.000-2000.000 psi yang nantinya akan mendapatkan nilai *modulus of soil reaction* (k) yang akan digunakan untuk mendapatkan tebal slab beton pada lapisan *surface*, sedangkan pada *FAARFIELD* langsung dihitung oleh *FAARFIELD* sendiri sehingga nilai yang *FAARFIELD* masukkan bisa berbeda dari yang dimasukkan sehingga ada perbedaan tidak jauh pada hasil perhitungan tebal lapis perkerasan kaku.

Hasil yang didapatkan juga berbeda dari hasil tebal perkerasan eksisting. Hasil tebal perkerasan eksisting didesain menggunakan *software* COMFAA dimana *software* ini merupakan *software* dibuat sebelum *FAARFIELD* sehingga konsep yang digunakan sedikit berbeda seperti yang sudah tertera pada *AC 150/5320-6F* bahwa pada konsep sebelumnya harus mencari beban pesawat rencana dan desain akan berdasarkan pada beban pesawat rencana, sedangkan *FAARFIELD* melakukan analisis secara terpisah terhadap tiap pesawat dan menentukan tebal lapis perkerasan dari total kumulatif kerusakan, Hasil data eksisting yang didapatkan tidak memperinci hasil tebal lapis perkerasan digunakan untuk *Runway*, *Taxiway* dan *Apron* sehingga disini diasumsikan bahwa data perkerasan lentur digunakan untuk *runway* dan data untuk perkerasan kaku digunakan untuk *taxiway* dan *apron* dimana beban yang diterima pada *apron* dan *taxiway* cenderung statis tidak seperti

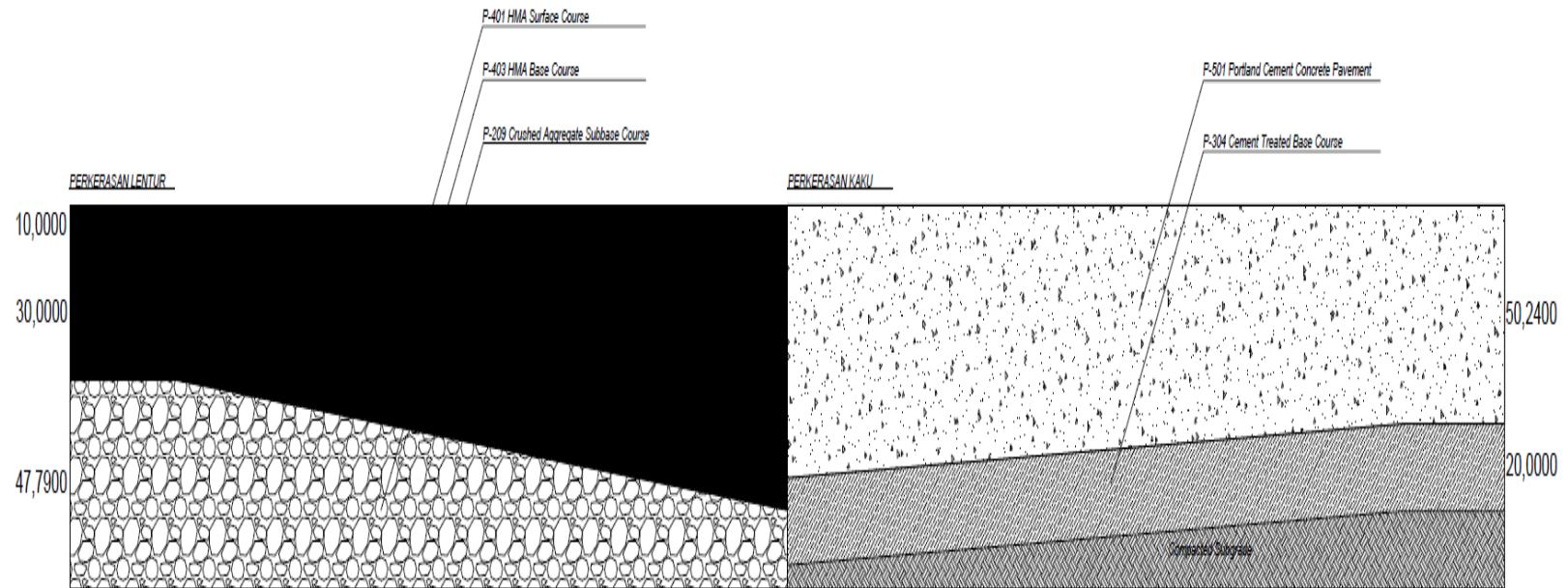
runway yang cenderung menerima beban dinamis. Dari semua metode yang sudah disebutkan, metode FAA dengan menggunakan bantuan FAARFIELD lebih memiliki keunggulan pada hasil desain maupun kemudahan dalam melakukan perhitungan desain dimana pada FAARFIELD hanya diperlukan untuk memasukkan data yang diperlukan dan struktur dapat dimodifikasi sesuai kebutuhan dan juga dengan menggunakan system *Cumulative Damage Factor* (CFD) dapat menentukan hasil desain yang lebih baik, sedangkan dibandingkan dengan menggunakan metode ICAO dimana perlu dilakukannya konversi untuk roda *gear* pesawat dan dilakukan *trial and error* untuk menentukan pesawat rencana pada *annual departures* dan pada COMFAA dimana metode yang digunakan sama yaitu metode FAA namun COMFAA berdasarkan pada *advisory circular* terdahulu sedangkan FAARFIELD menggunakan *advisory circular* terbaru sehingga hasil desain dari FAARFIELD lebih unggul dibandingkan hasil dari COMFAA. Di bawah ini adalah Tabel 5.12 hasil desain tebal lapis perkerasan dengan ICAO, FAARFIELD dan COMFAA dimana menyesuaikan sesuai dengan asumsi bahwa perkerasan lentur digunakan untuk *runway* karena cenderung menerima beban dinamis dan perkerasan kaku digunakan untuk *taxiway* dan *apron* karena cenderung menerima beban statis.

Tabel 5.12 Hasil Tebal Lapis Perkerasan dengan COMFAA, ICAO, dan FAARFIELD

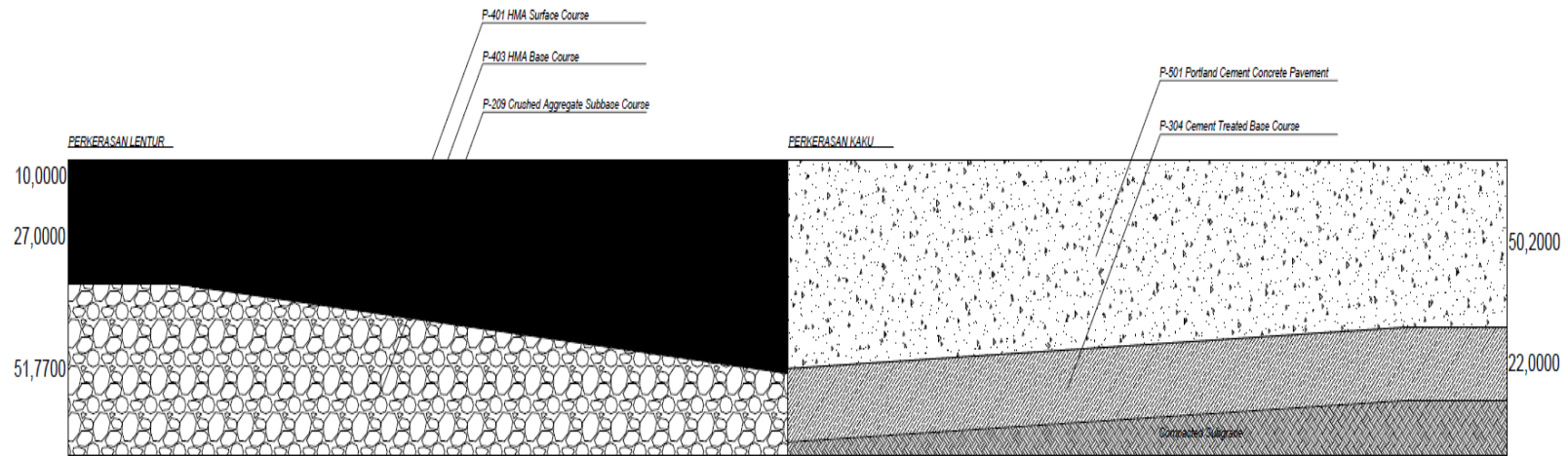
Metode	RUNWAY		TAXIWAY		APRON	
	Lapisan	Tebal (cm)	Lapisan	Tebal (cm)	Lapisan	Tebal (cm)
COMFAA	<i>Surface</i>	12,7	<i>Surface (PCC)</i>	50	<i>Surface (PCC)</i>	50
	<i>Base</i>	20,32	<i>Stabilized Base</i>	15	<i>Stabilized Base</i>	15
	<i>Subbase</i>	78,49	<i>Base</i>	15	<i>Base</i>	15
	Total	111,51	Total	80	Total	80
ICAO	<i>Surface</i>	10	<i>Surface (PCC)</i>	50	<i>Surface (PCC)</i>	50
	<i>Base</i>	28,5	<i>Base</i>	22	<i>Base</i>	24
	<i>Subbase</i>	49,1				
	Total	87,6	Total	72	Total	74
FAARFIELD	<i>Surface</i>	10	<i>Surface (PCC)</i>	50,2	<i>Surface (PCC)</i>	49,97
	<i>Base</i>	30	<i>Base</i>	22	<i>Base</i>	24
	<i>Subbase</i>	47,79				
	Total	87,79	Total	72,2	Total	73,97

5.4 Gambar Hasil Perhitungan Tebal Lapis Perkerasan

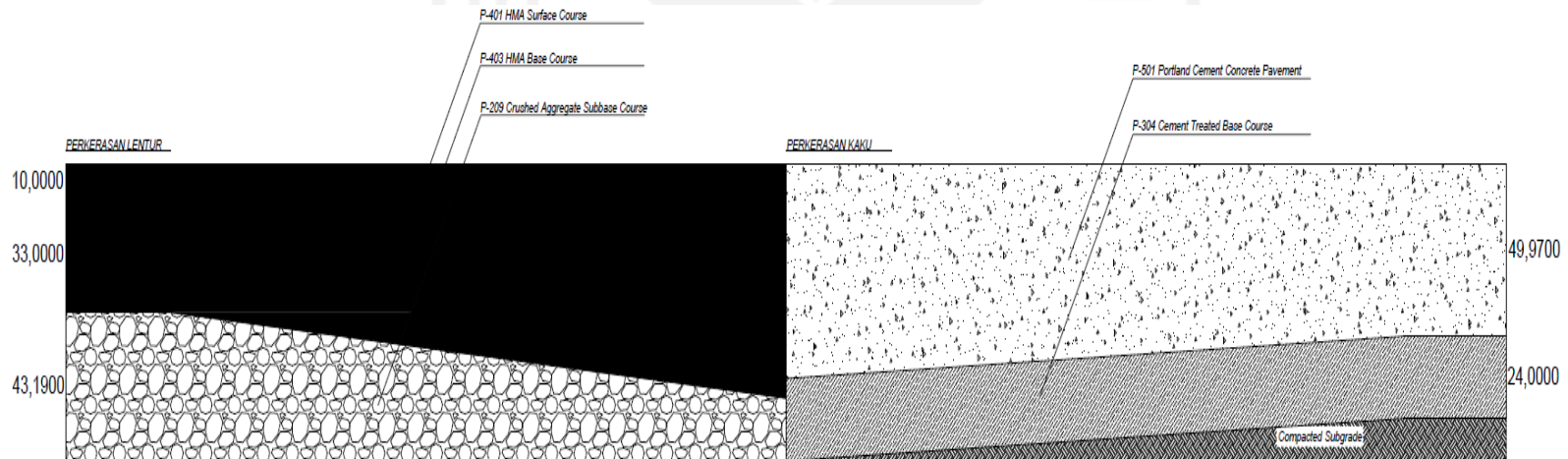
Berikut ini adalah gambar hasil tebal lapis perkerasan dari metode FAA dengan *FAARFIELD* dan metode ICAO *United States of America Practice*.



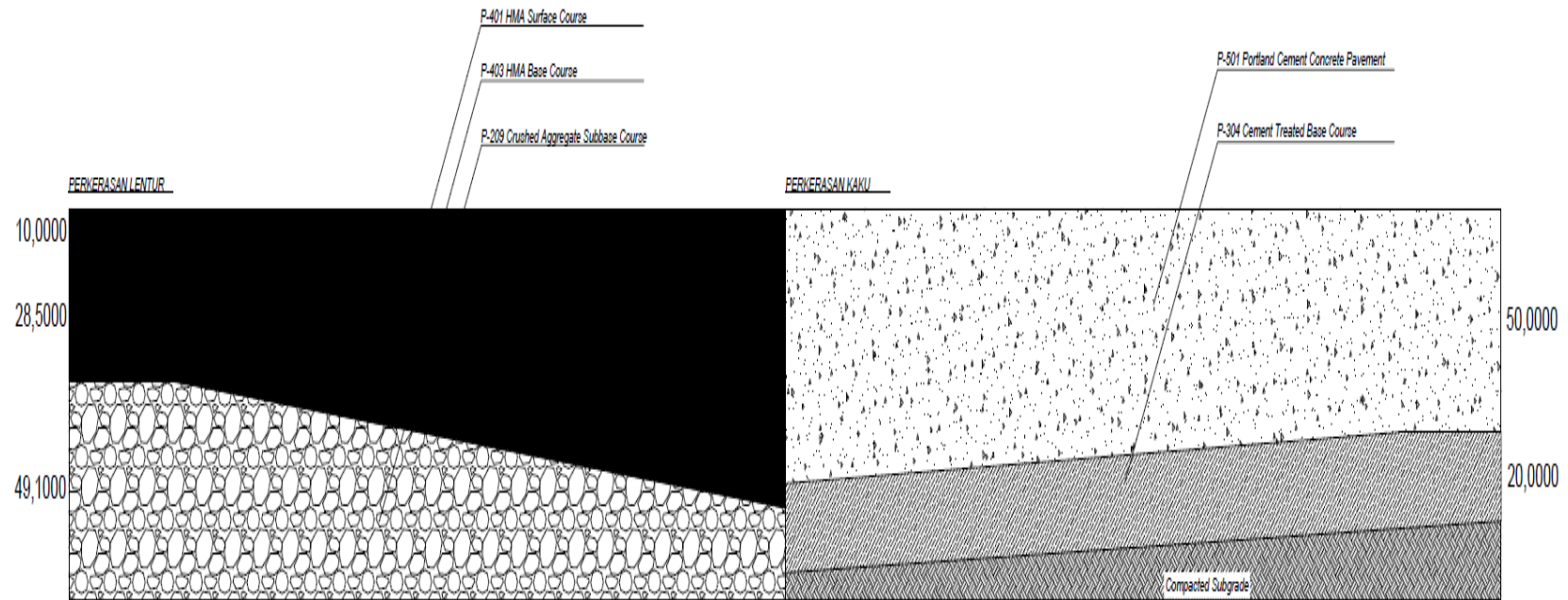
Gambar 5.50 Tebal Lapis Perkerasan *Runway* dengan metode FAA dengan menggunakan *FAARFIELD*



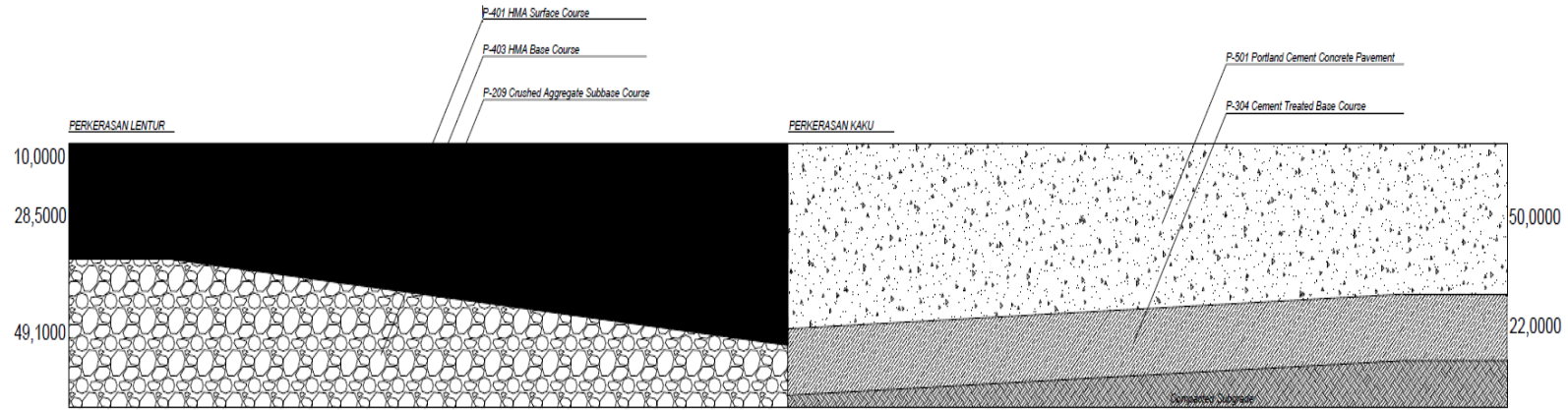
Gambar 5.51 Tebal Lapis Perkerasan *Taxiway* dengan metode FAA dengan menggunakan *FAARFIELD*



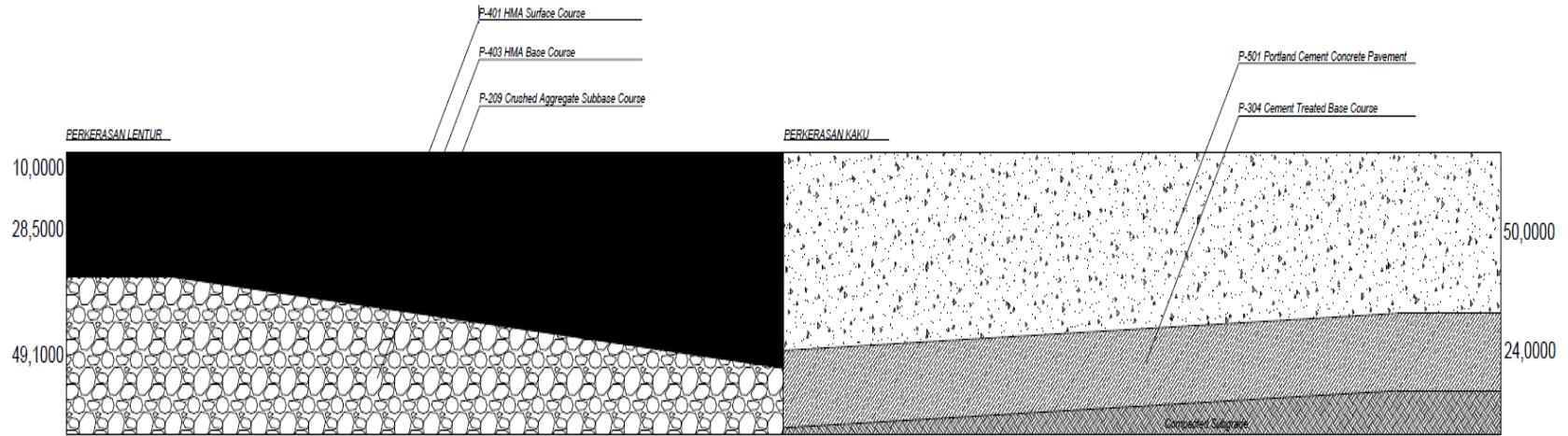
Gambar 5.52 Tebal Lapis Perkerasan *Apron* dengan metode FAA dengan menggunakan *FAARFIELD*



Gambar 5.53 Tebal Lapis Perkerasan *Runway* dengan Metode ICAO *United States of America Practice*



Gambar 5.54 Tebal Lapis Perkerasan *Taxiway* dengan Metode ICAO *United States of America Practice*



Gambar 5.55 Tebal Lapis Perkerasan *Apron* dengan Metode ICAO *United States of America Practice*



BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian ini dengan melakukan perencanaan tebal lapis perkerasan untuk *runway*, *taxiway*, dan *apron* maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Metode FAA dengan menggunakan bantuan FAARFIELD lebih memiliki keunggulan pada hasil desain maupun kemudahan dalam melakukan perhitungan desain dimana pada FAARFIELD hanya diperlukan untuk memasukkan data yang diperlukan dan struktur dapat dimodifikasi sesuai kebutuhan dan juga dengan menggunakan system *Cumulative Damage Factor* (CFD) dapat menentukan hasil desain yang lebih baik, sedangkan dibandingkan dengan menggunakan metode ICAO dimana perlu dilakukannya konversi untuk roda *gear* pesawat dan melakukan *trial and error* untuk menentukan pesawat rencana pada *annual departures*. Pada COMFAA dimana metode yang digunakan sama yaitu metode FAA namun COMFAA didasarkan pada *advisory circular* terdahulu sedangkan FAARFIELD menggunakan *advisory circular* terbaru sehingga hasil desain dari FAARFIELD lebih unggul dibandingkan hasil dari COMFAA
2. Hasil dari desain perencanaan perkerasan lentur digunakan untuk *Runway* dengan menggunakan metode FAA dengan bantuan *FAARFIELD* didapatkan tebal lapisan sebesar 10 cm pada lapisan *surface*, 30 cm pada lapisan *base* dan 47,79 cm pada lapisan *subbase* dengan tebal total 87,79 cm, sedangkan hasil desain perencanaan perkerasan lentur digunakan untuk *runway* dengan metode ICAO (*International Civil Aviation Organization*) *United States of America Practice* didapatkan tebal *surface* sebesar 10 cm, tebal *base* sebesar 28,5 cm, dan tebal *subbase* sebesar 49,1 cm dengan tebal total 87,6 cm. Hasil dari desain perencanaan perkerasan kaku digunakan untuk *Runway* dengan menggunakan metode FAA dengan bantuan *FAARFIELD* didapatkan tebal lapisan sebesar 50,24 cm pada lapisan *surface*, dan 20 cm pada lapisan *subbase* dengan tebal total 70,24 cm, sedangkan hasil desain perencanaan

perkerasan kaku digunakan untuk *runway* dengan metode ICAO (*International Civil Aviation Organization*) *United States of America Practice* didapatkan tebal *surface* sebesar 50 cm, dan tebal *subbase* sebesar 20 cm dengan tebal total 70 cm.

3. Hasil dari desain perencanaan perkerasan lentur digunakan untuk *Taxiway* dengan menggunakan metode FAA dengan bantuan *FAARFIELD* didapatkan tebal lapisan sebesar 10 cm pada lapisan *surface*, 27 cm pada lapisan *base* dan 51,77 cm pada lapisan *subbase* dengan tebal total 88,77 cm, sedangkan hasil desain perencanaan perkerasan lentur digunakan untuk *Taxiway* dengan metode ICAO (*International Civil Aviation Organization*) *United States of America Practice* didapatkan tebal *surface* sebesar 10 cm, tebal *base* sebesar 28,5 cm, dan tebal *subbase* sebesar 49,1 cm dengan tebal total 87,6 cm. Hasil dari desain perencanaan perkerasan kaku digunakan untuk *Taxiway* dengan menggunakan metode FAA dengan bantuan *FAARFIELD* didapatkan tebal lapisan sebesar 50,2 cm pada lapisan *surface*, dan 22 cm pada lapisan *subbase* dengan tebal total 72,2 cm, sedangkan hasil desain perencanaan perkerasan kaku digunakan untuk *Taxiway* dengan metode ICAO (*International Civil Aviation Organization*) *United States of America Practice* didapatkan tebal *surface* sebesar 50 cm, dan tebal *subbase* sebesar 22 cm dengan tebal total 72 cm.
4. Hasil dari desain perencanaan perkerasan lentur digunakan untuk *Apron* dengan menggunakan metode FAA dengan bantuan *FAARFIELD* didapatkan tebal lapisan sebesar 10 cm pada lapisan *surface*, 33 cm pada lapisan *base* dan 43,19 cm pada lapisan *subbase* dengan tebal total 86,19 cm, sedangkan hasil desain perencanaan perkerasan lentur digunakan untuk *Apron* dengan metode ICAO (*International Civil Aviation Organization*) *United States of America Practice* didapatkan tebal *surface* sebesar 10 cm, tebal *base* sebesar 28,5 cm, dan tebal *subbase* sebesar 49,1 cm dengan tebal total 87,6 cm. Hasil dari desain perencanaan perkerasan kaku digunakan untuk *Apron* dengan menggunakan metode FAA dengan bantuan *FAARFIELD* didapatkan tebal lapisan sebesar 49,97 cm pada lapisan *surface*, dan 24 cm pada lapisan

subbase dengan tebal total 739,7 mm, sedangkan hasil desain perencanaan perkerasan kaku digunakan untuk *Apron* dengan metode ICAO (*International Civil Aviation Organization*) *United States of America Practice* didapatkan tebal *surface* sebesar 50 cm, dan tebal *subbase* sebesar 24 cm dengan tebal total 74 cm.

6.2 Saran

Setelah melakukan penelitian ini berikut adalah beberapa saran yang diajukan untuk penelitian selanjutnya.

1. Penelitian dapat dikembangkan untuk mengetahui lebih dalam tentang metode-metode yang digunakan untuk melakukan desain pada *runway*, *taxiway*, dan *apron*.
2. Penelitian ini juga dapat dikembangkan untuk mengetahui penggunaan metode dan konsep yang lebih mendalam pada FAARFIELD dikarenakan kemudahan dalam penggunaan yang diberikan oleh FAARFIELD dibandingkan metode metode lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

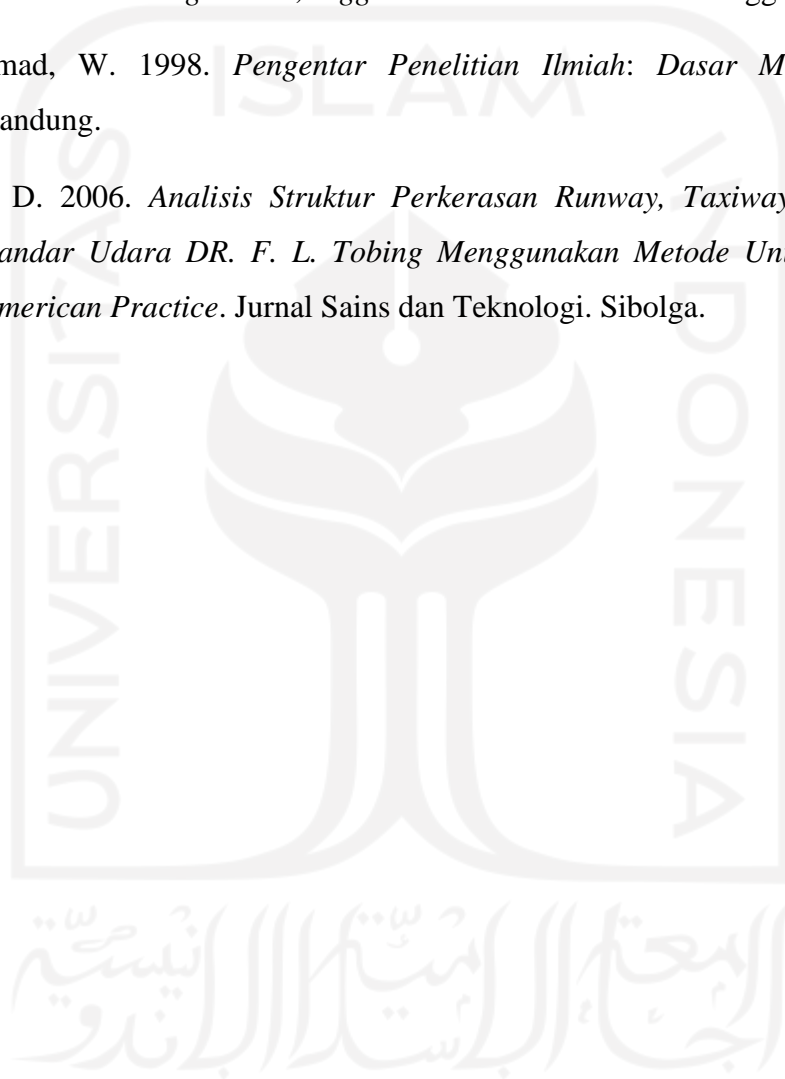
- Alfa, A. dan Darmono, D. 2003. *Analisis Lapis Keras Lentur Bandar Udara Adisucipto Untuk Menampung Lalu Lintas Udara Sampai Dengan Tahun 2003*. Skripsi S1 Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Anis, M. 2016. *Analisis Perbandingan Metode Empiris dan Metode Mekanistik dalam Perancangan Landasan Bandar Udara (Studi Kasus Bandar Udara Kertajati-Majalengka)*. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil. Majalengka.
- Basuki H, 1990. *Merancang, Merencana Lapangan Terbang*. Penerbit Alumni. Bandung.
- Budiman. Hidayat, A. dan Edison, B. 2013. *Perencanaan Landasan Pacu Bandar Udara Tuanku Tambusai Kabupaten Rokan Hulu*. Jurnal Mahasiswa Teknik. Riau.
- Construction Support Team Design & Maintenance Guide 27. (2011). *A Guide to Airfield Pavement Design and Evaluation*. West Midlands: Defence Estate.
- Djonli, Y. 2018. *Desain Perencanaan Tebal Lapis Perkerasan Runway, Taxiway, Apron Bandara Internasional Kertajati*, Majalengka. Jurnal Akademia. Majalengka.
- Djuniati, S. dan Sandhyavitri, A. 2016. *Analisis Perencanaan Struktur Perkerasan Runway, Taxiway, dan Apron Bandara Sultan Syarif Kasim II Menggunakan Metode FAA*. Jurnal Online Mahasiswa. Riau.
- FAA, 1995. *Advisory Circular Doc No. AC 150/5320-6D (Airport Pavement Design and Evaluation)*.
- FAA, 2009. *Advisory Circular Doc No. AC 150/5320-6E (Airport Pavement Design and Evaluation)*.
- FAA, 2016. *Advisory Circular Doc No. AC 150/5320-6F (Airport Pavement Design and Evaluation)*.
- International Civil Aviation Organization (ICAO), 2017. Annex 14 Aerodromes Seventh Edition.*

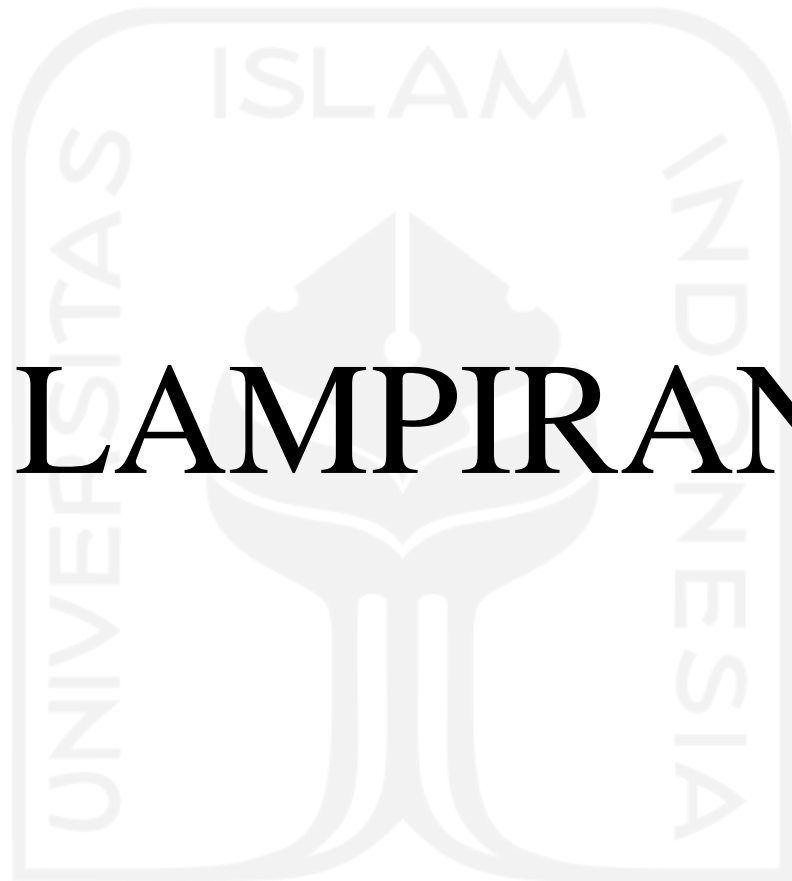
International Civil Aviation Organization (ICAO), 1983. "Aerodrome Design Manual", Part 3 Pavements, Second Edition.

Prayoga, A.B. dan Sukirman, S. 2018. *Desain Tebal Perkerasan Lentur Landas Pacu Bandara Soekarno-Hatta, Tangerang Menggunakan Metode Design & Maintenance guide 27, Inggris.* Jurnal Online Itenas. Tangerang.

Surakhmad, W. 1998. *Pengantar Penelitian Ilmiah: Dasar Metode teknik.* Bandung.

Utama, D. 2006. *Analisis Struktur Perkerasan Runway, Taxiway, dan Apron Bandar Udara DR. F. L. Tobing Menggunakan Metode United States of American Practice.* Jurnal Sains dan Teknologi. Sibolga.

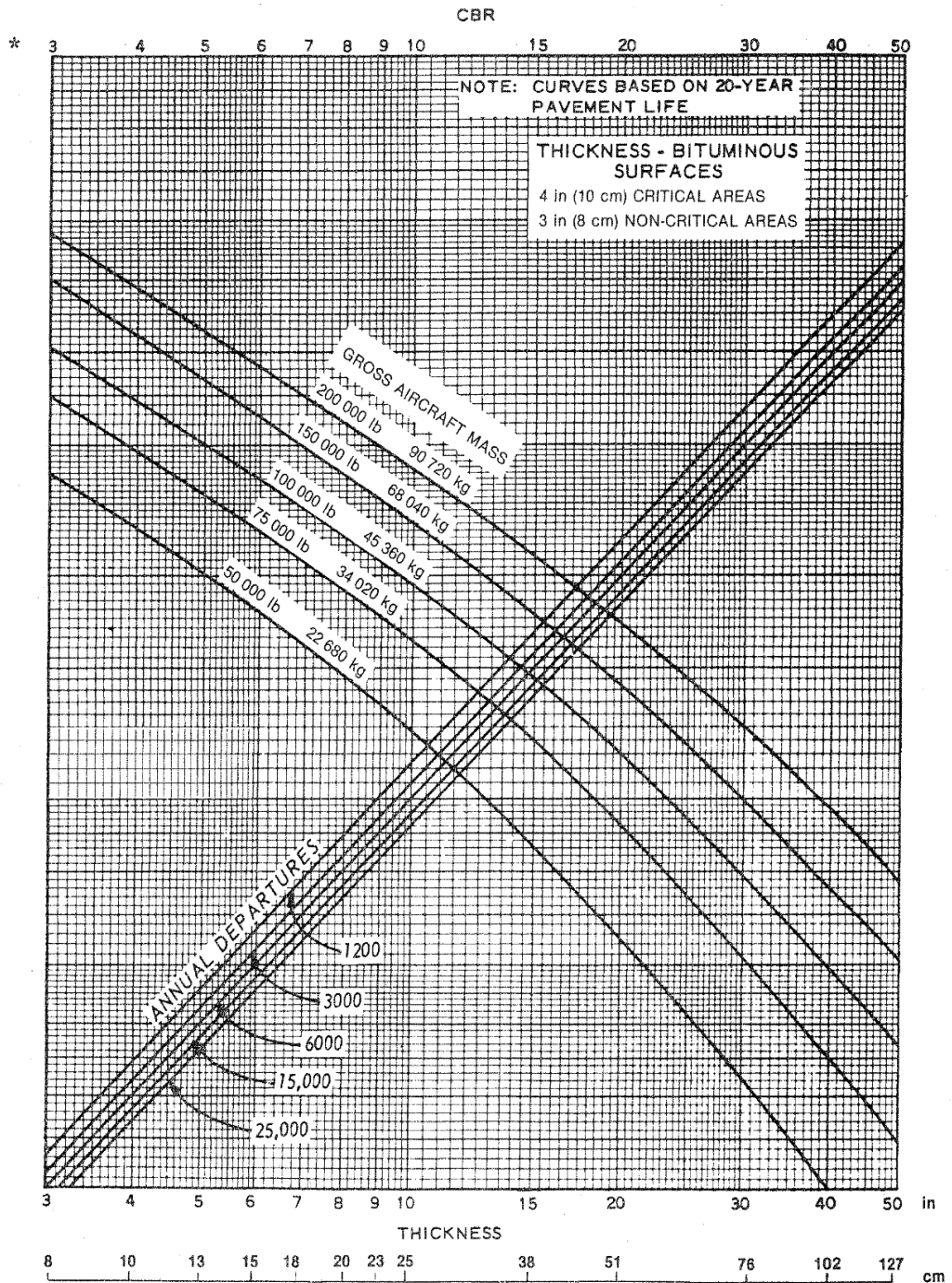




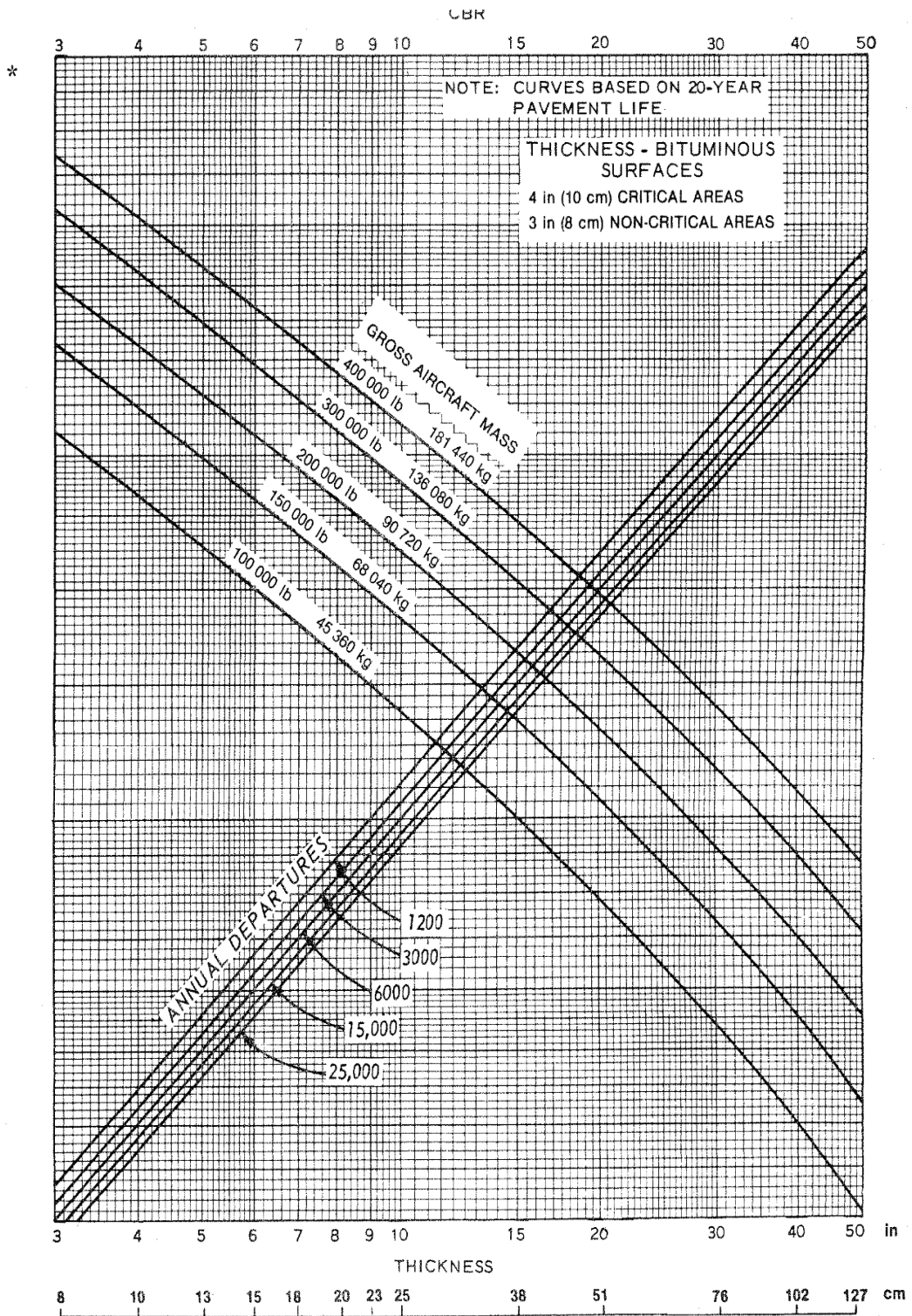
LAMPIRAN

الجامعة الإسلامية
الابستد الاندو

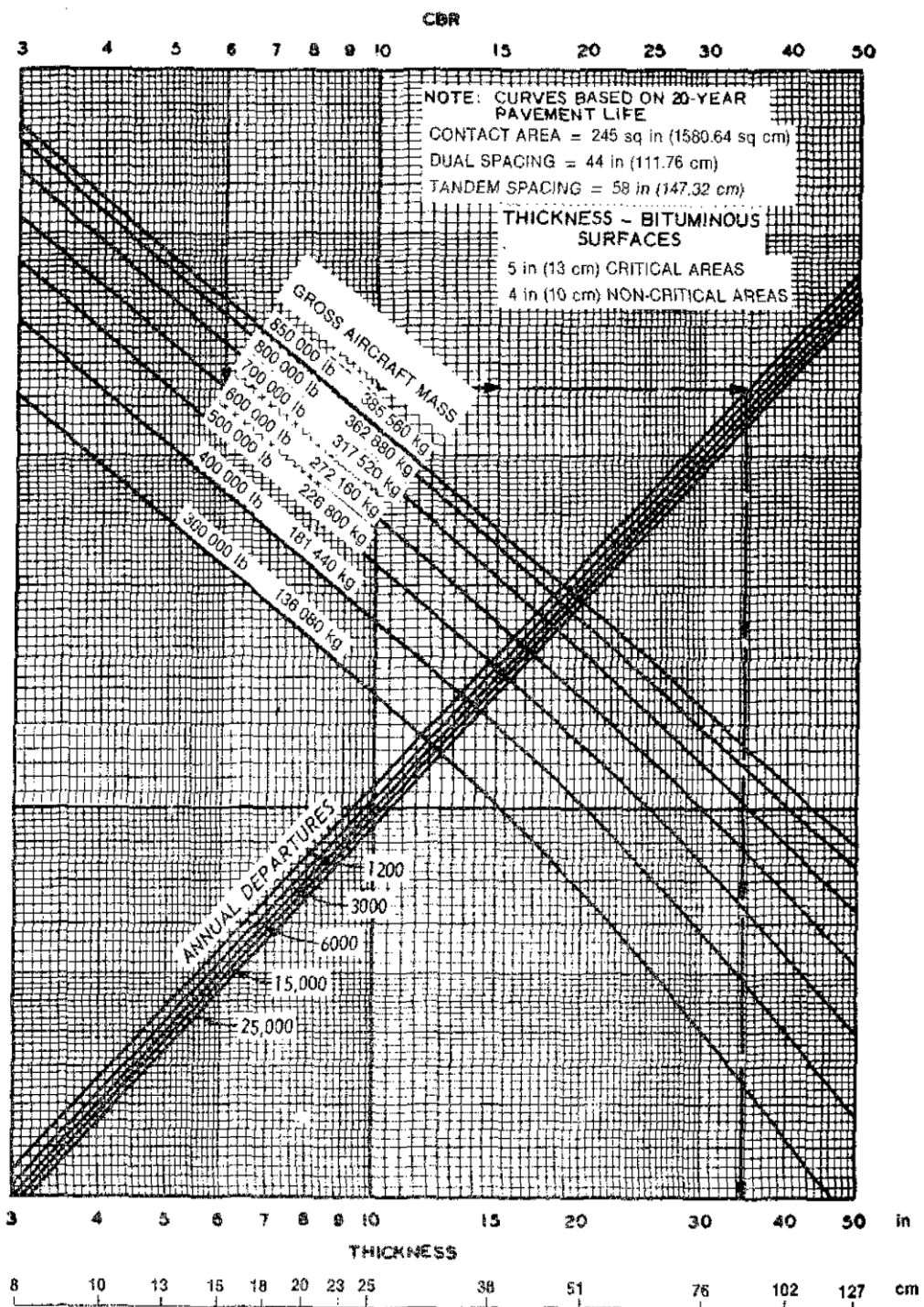
Lampiran 1 Gambar Grafik Perkerasan Lentur *Advisory Circular Doc No. AC 150/5320-6D (1996)*



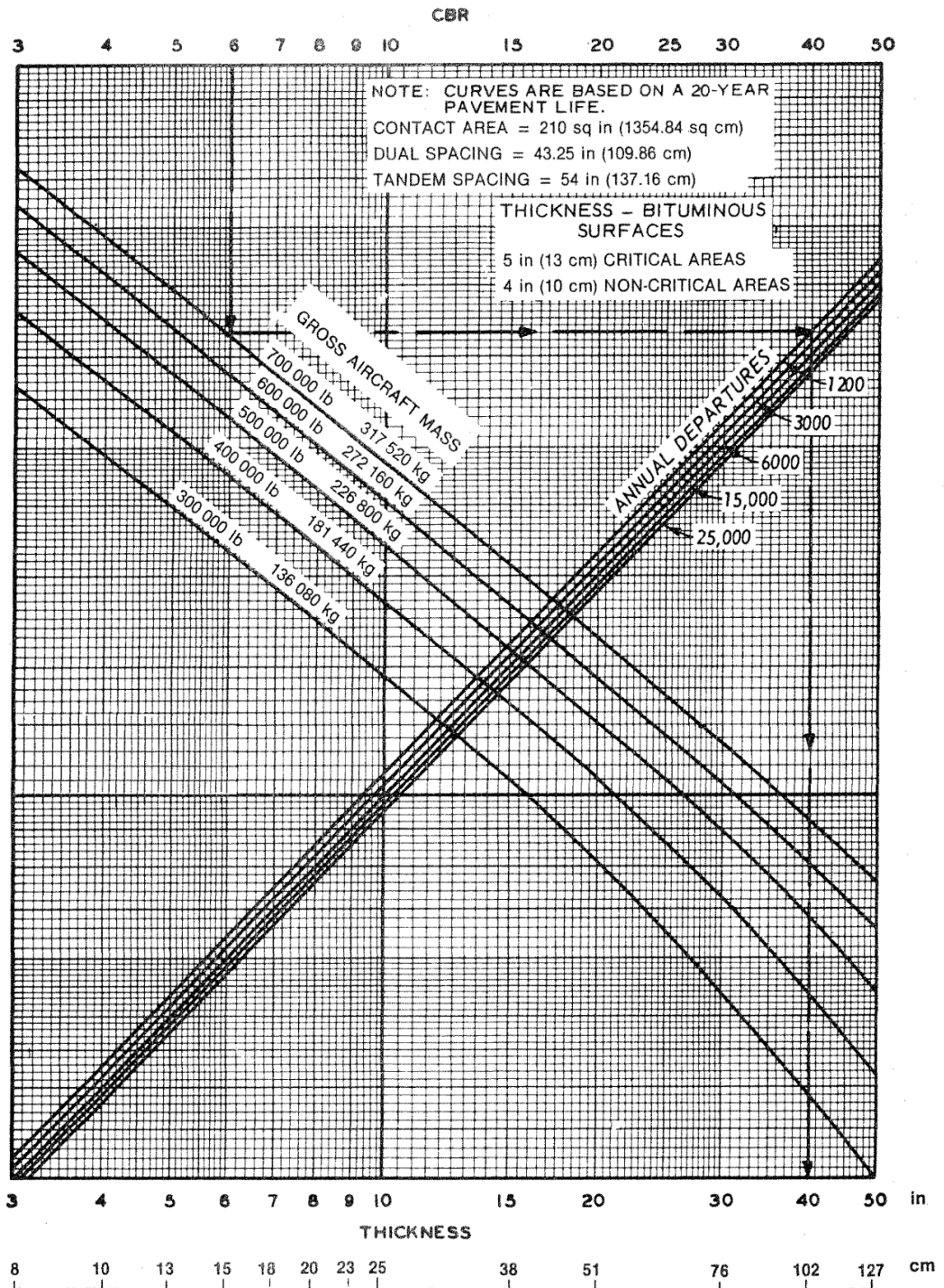
Gambar L-1.1 Grafik Desain Tebal Lapis Perkerasan untuk *Dual Wheel Gear*



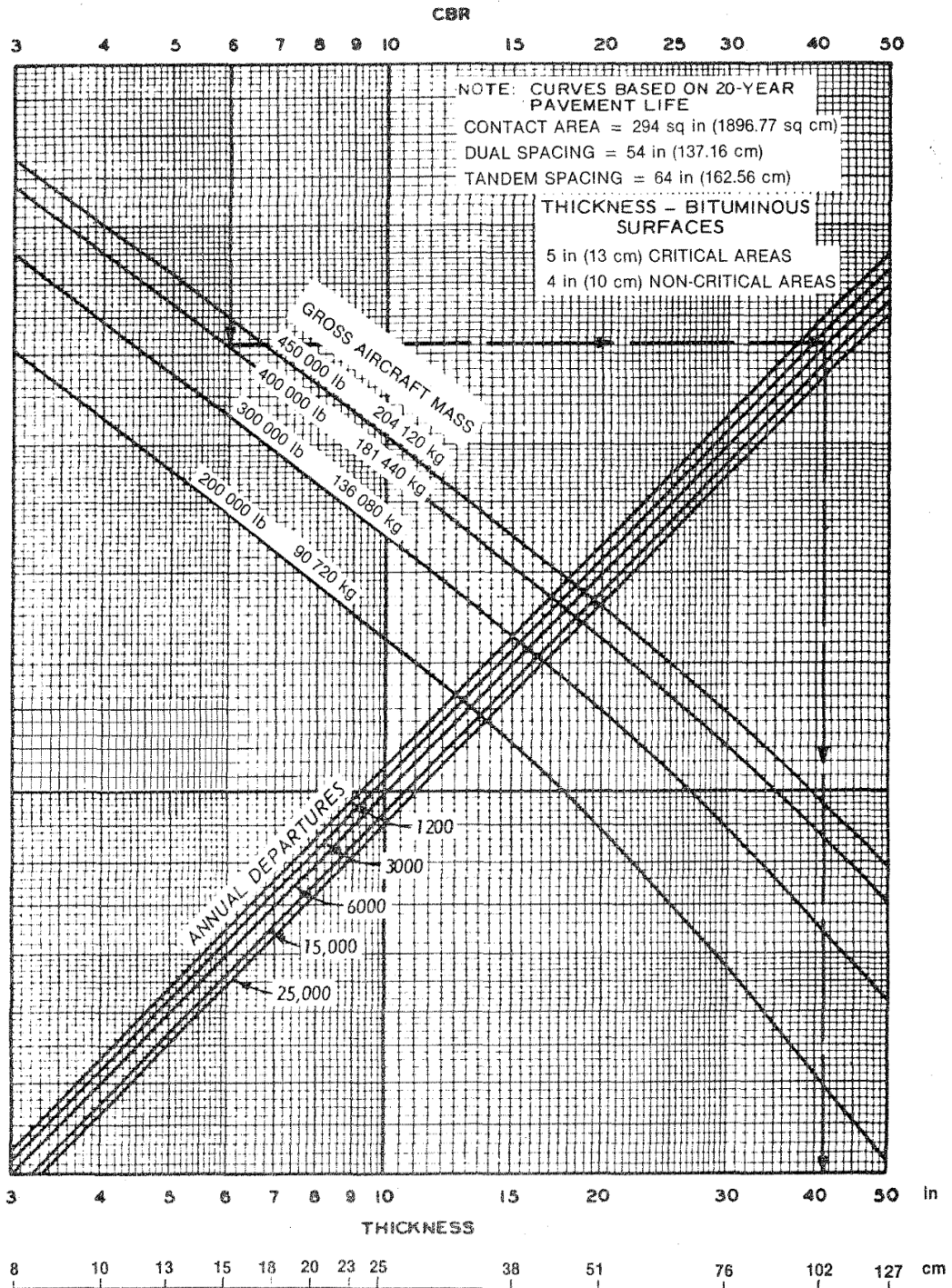
Gambar L-1.2 Grafik Desain Tebal Lapis Perkerasan untuk *Dual Tandem Gear*



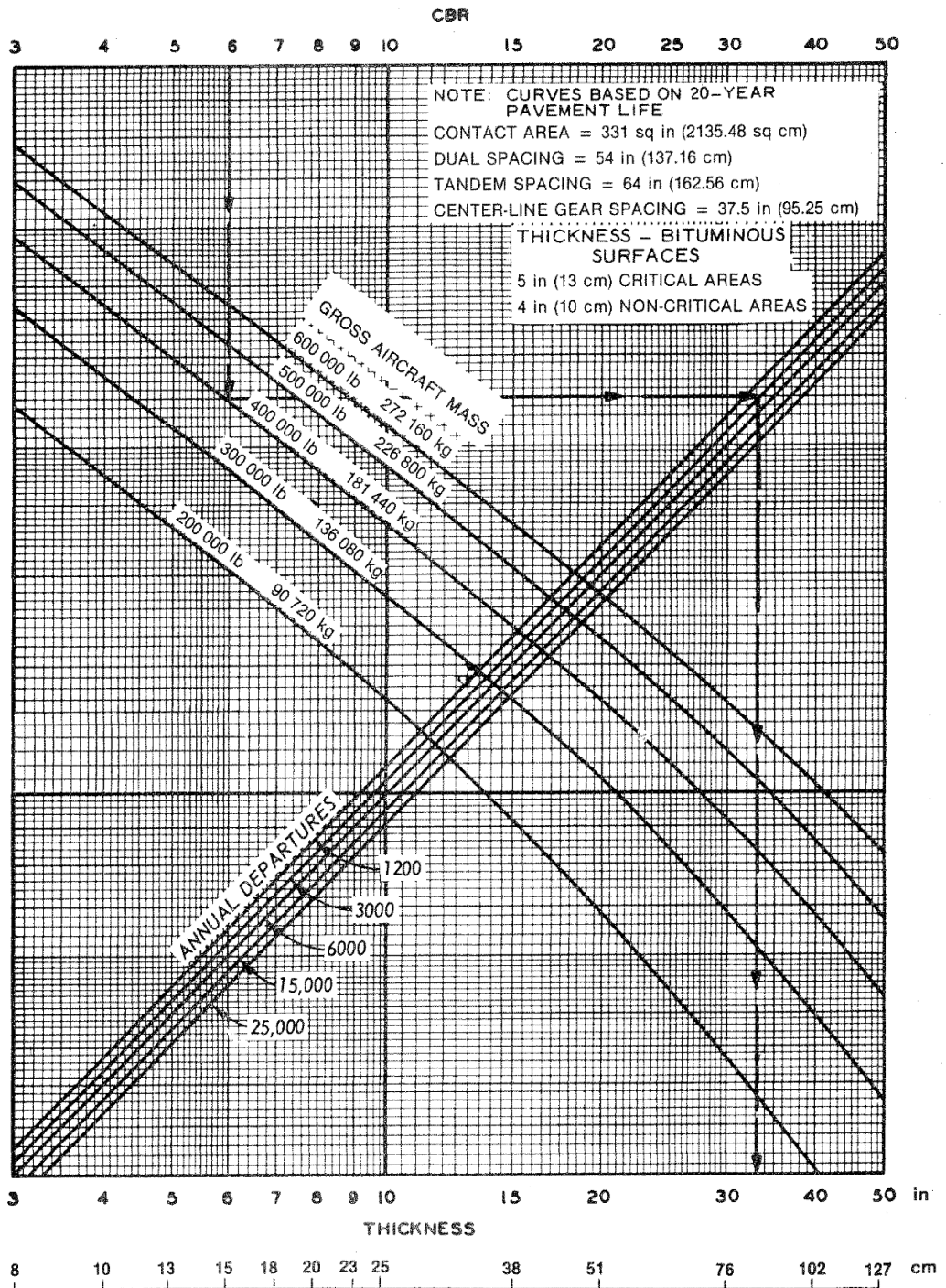
Gambar L-1.3 Grafik Desain Tebal Lapis Perkerasan Lentur untuk Tipe Pesawat B747-100, SR, 200 B, C, F



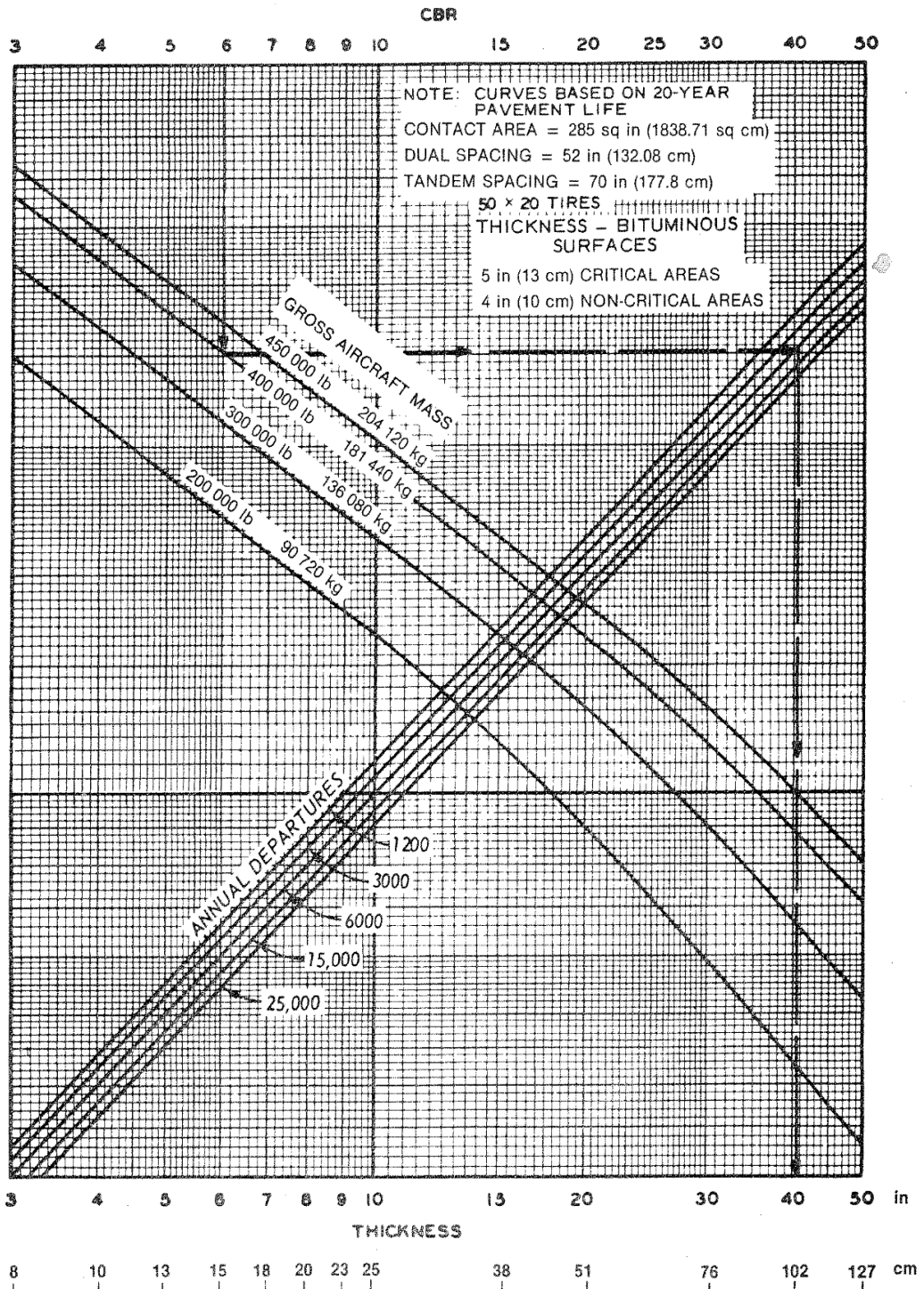
Gambar L-1.4 Grafik Desain Tebal Lapis Perkerasan Lentur untuk Tipe Pesawat B747-SP



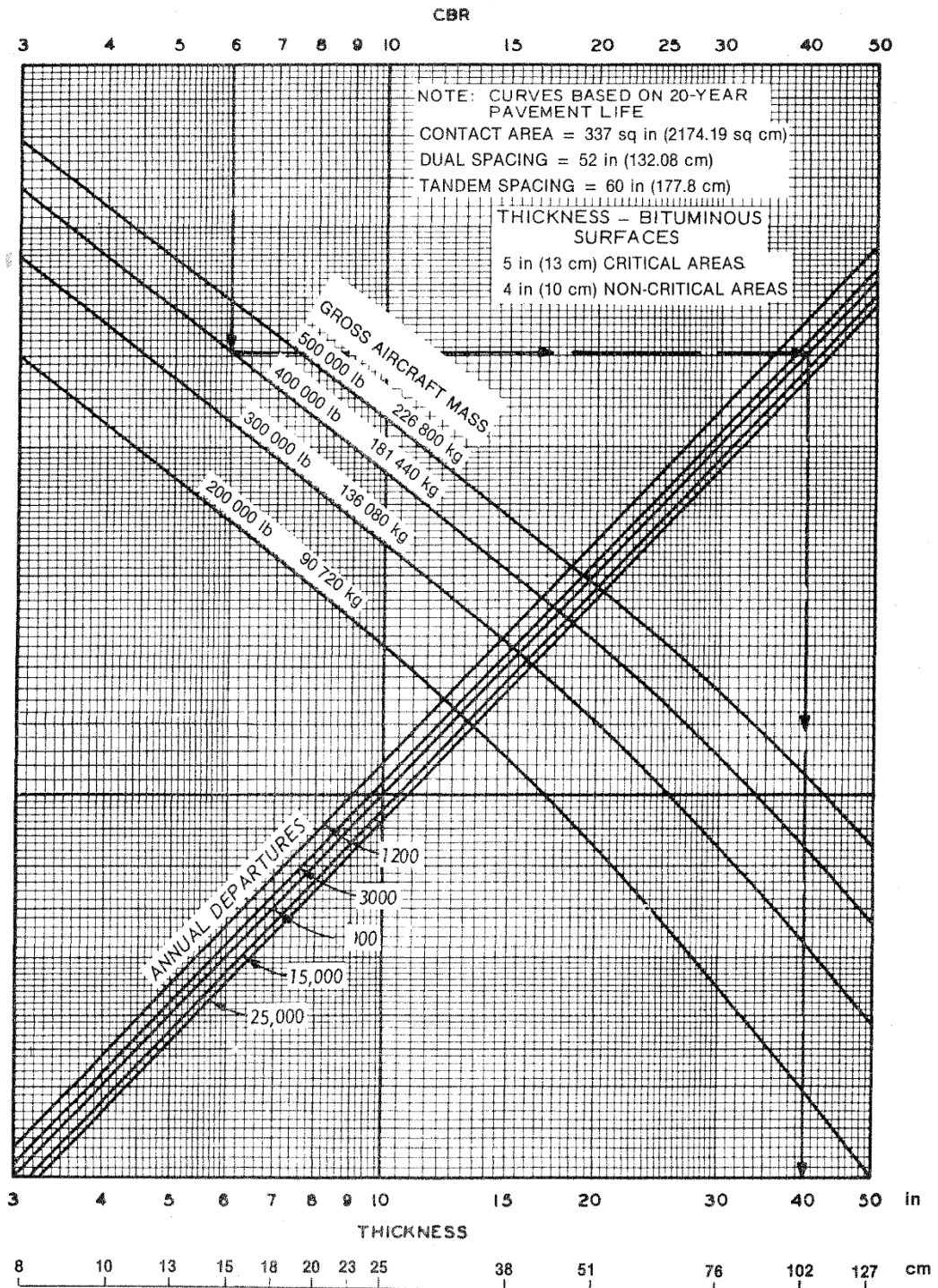
Gambar L-1.5 Grafik Desain Tebal Lapis Perkerasan Lentur untuk Tipe Pesawat DC10-10, 10CF



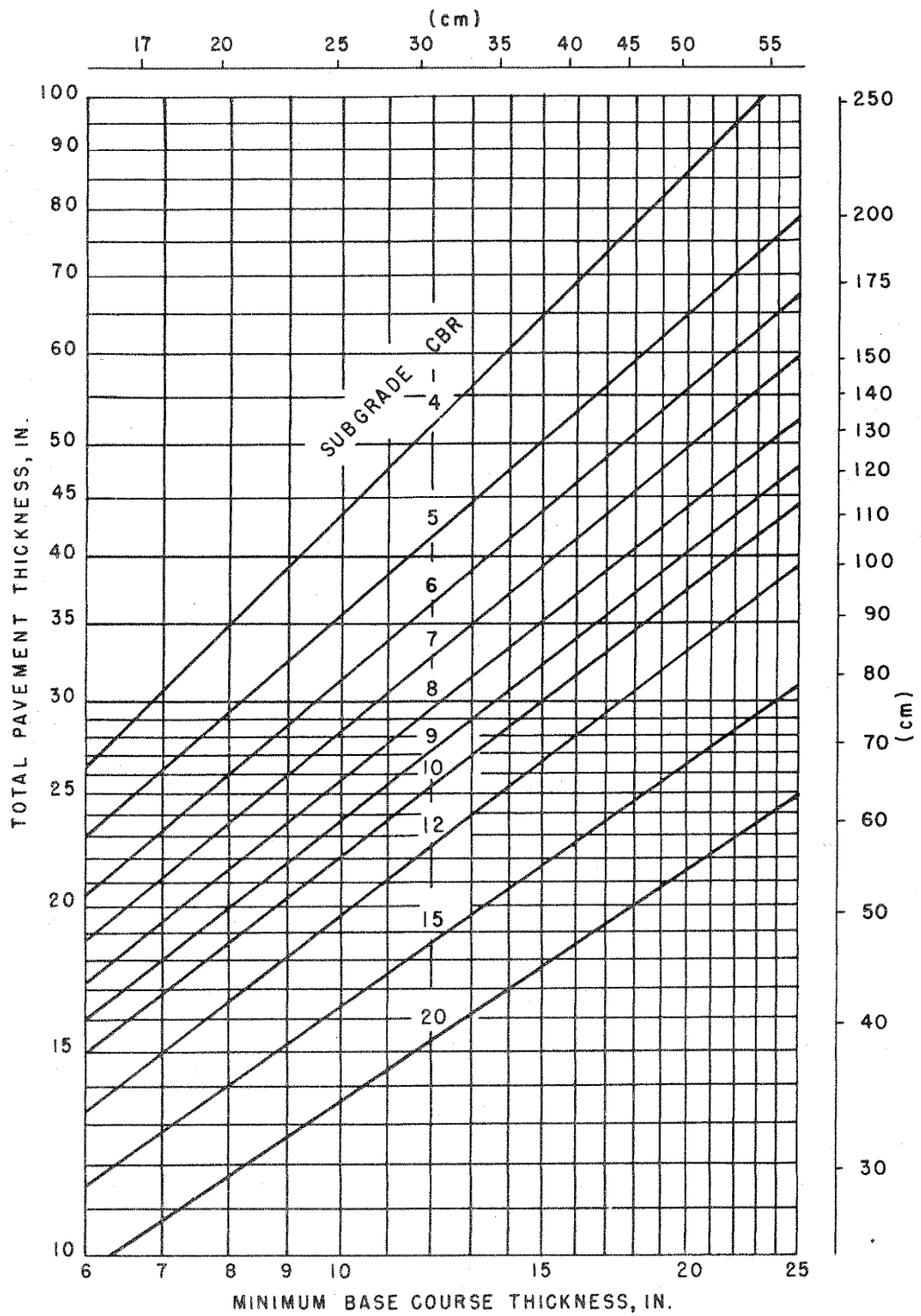
Gambar L-1.6 Grafik Desain Tebal Lapis Perkerasan Lentur untuk Tipe Pesawat DC10-30, 30CF, 40, 40CF



Gambar L-1.7 Grafik Desain Tebal Lapis Perkerasan Lentur untuk Tipe Pesawat L-1011, 100

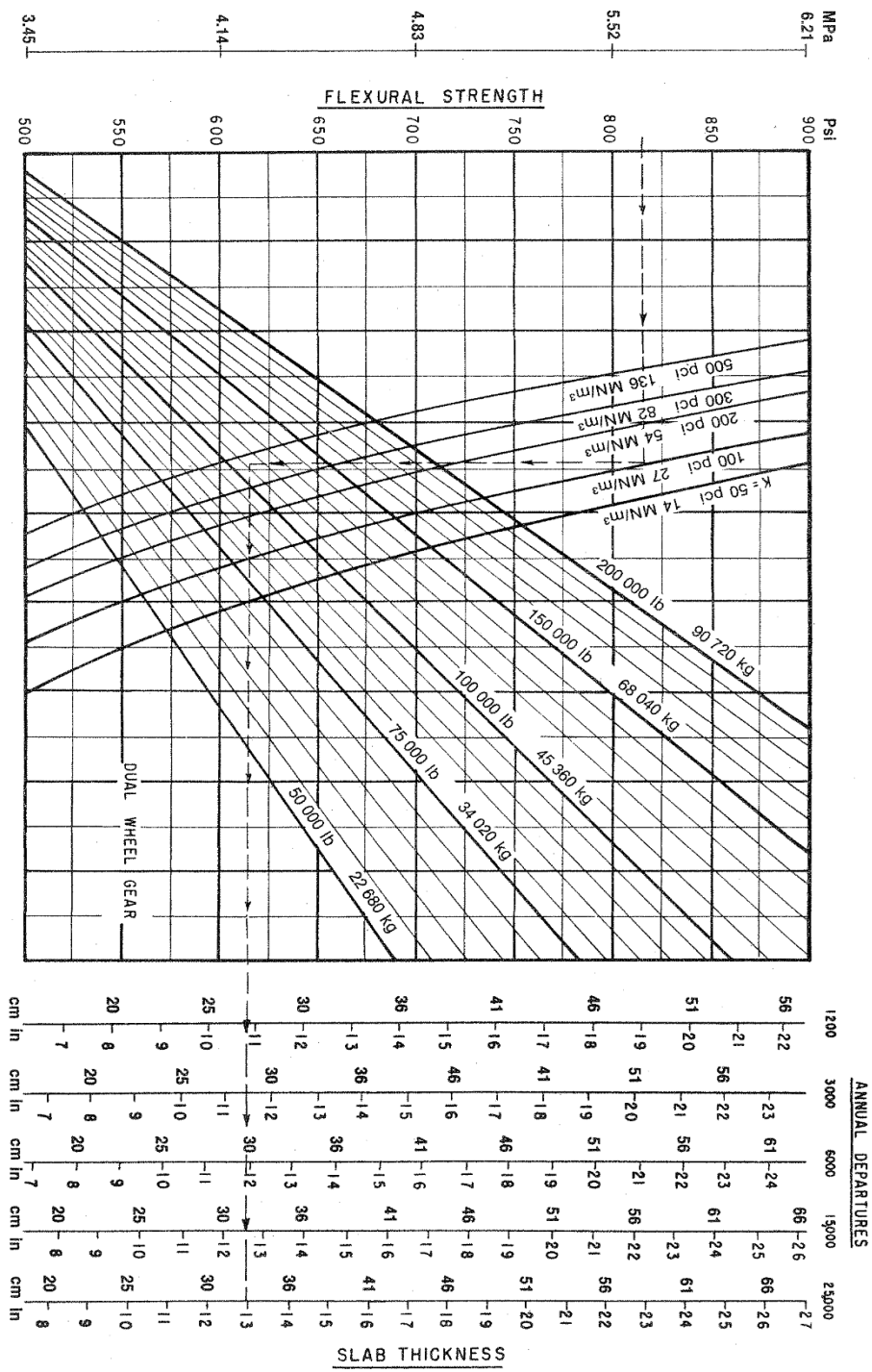


Gambar L-1.8 Grafik Desain Tebal Lapis Perkerasan Lentur untuk Tipe Pesawat L-1011-100, 200

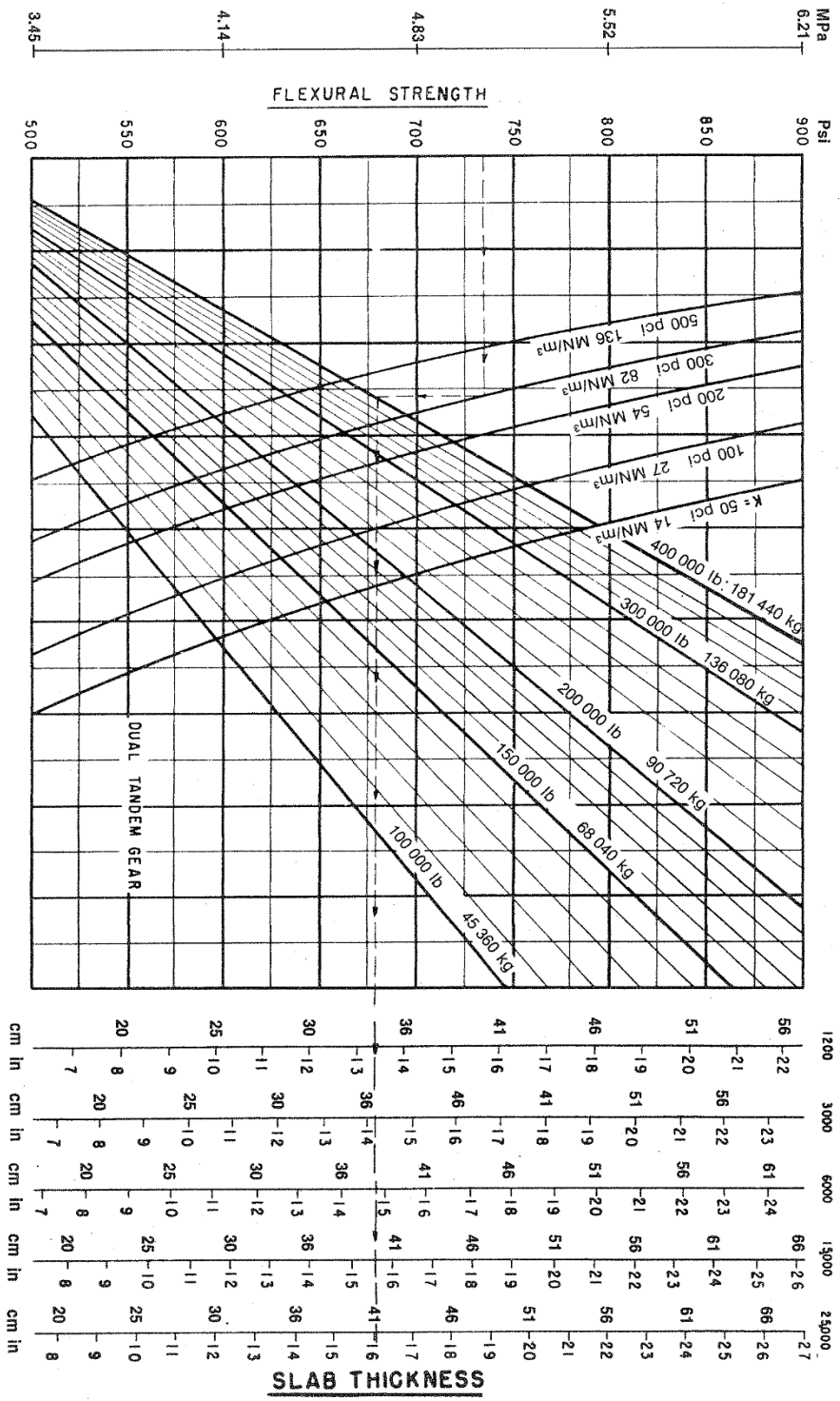


Gambar L-1.9 Grafik *Minimum Base Course Thickness Requirements*

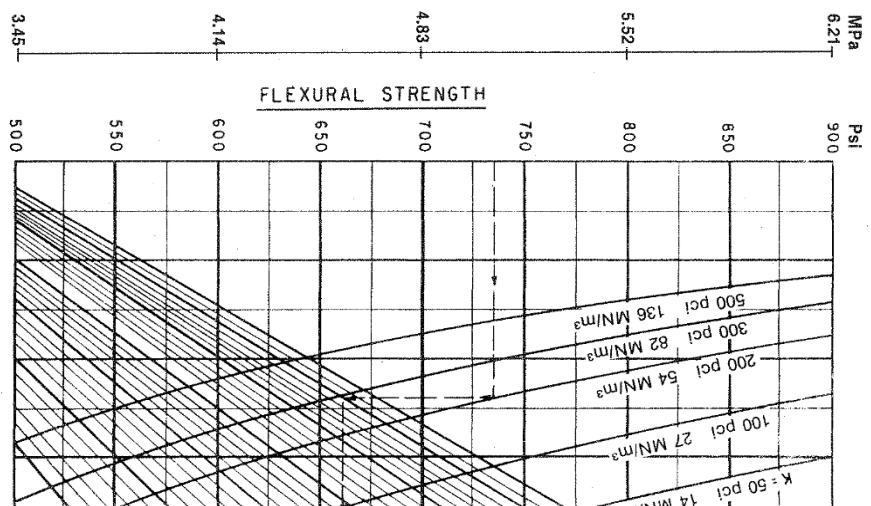
Lampiran 2 Gambar Grafik Desain Perkerasan Kaku *Advisory Circular Doc No. AC 150/5320-6D (1996)*



Gambar L-1.10 Grafik Desain Tebal Lapis Perkerasan Kaku untuk *Dual Wheel Gear*

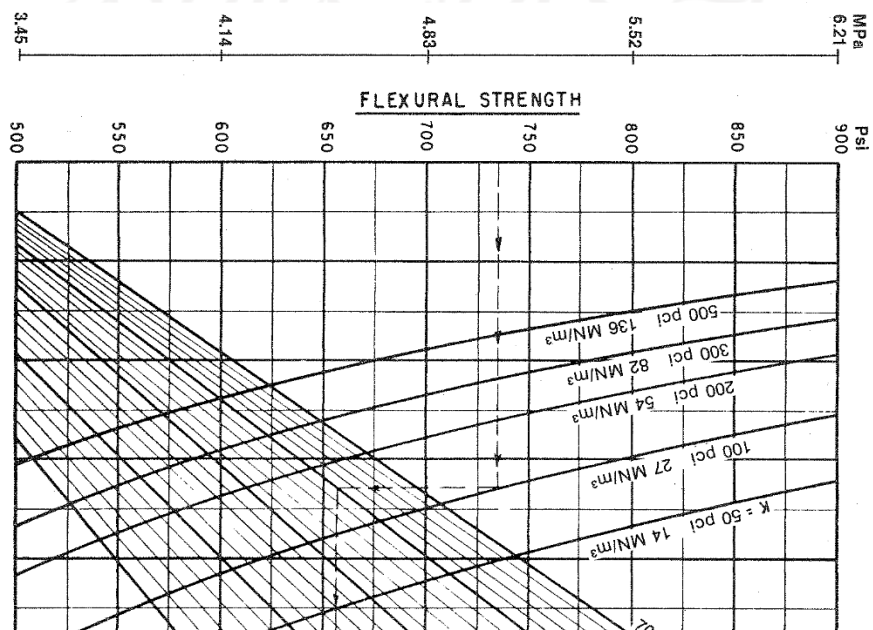


Gambar L-1.11 Grafik Desain Tebal Lapis Perkerasan Kaku untuk *Dual Tandem* Wheel Gear



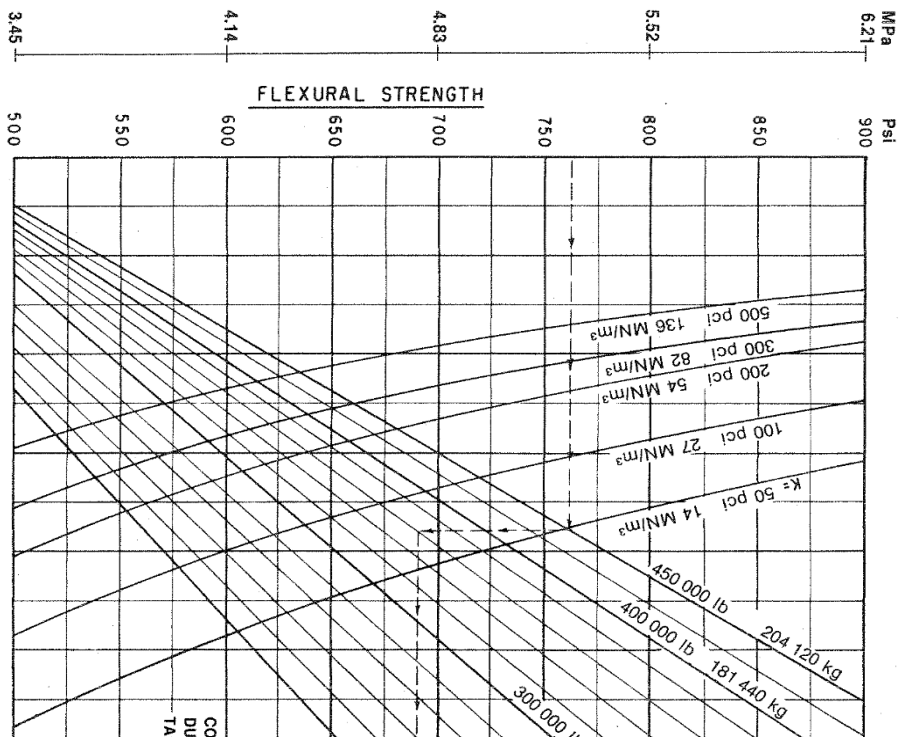


Gambar L-1.12 Grafik Desain Tebal Lapis Perkerasan Kaku untuk Tipe Pesawat B747-100, SR, 200 B, C, F



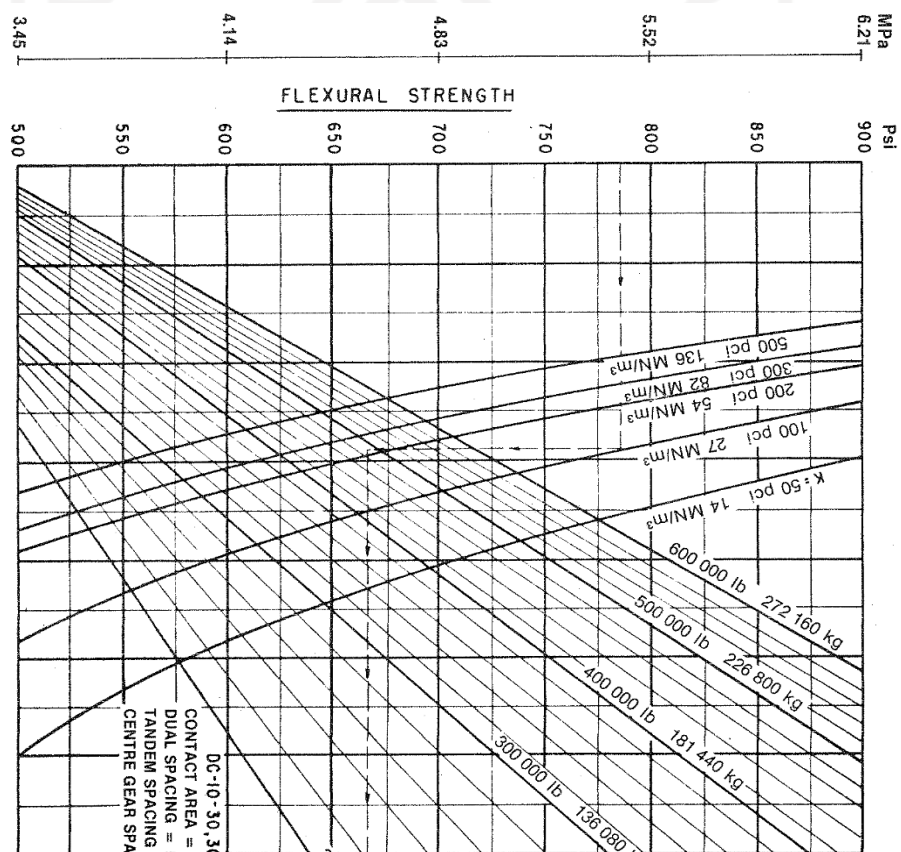


Gambar L-1.13 Grafik Desain Tebal Lapis Perkerasan Kaku untuk Tipe Pesawat B747-SP



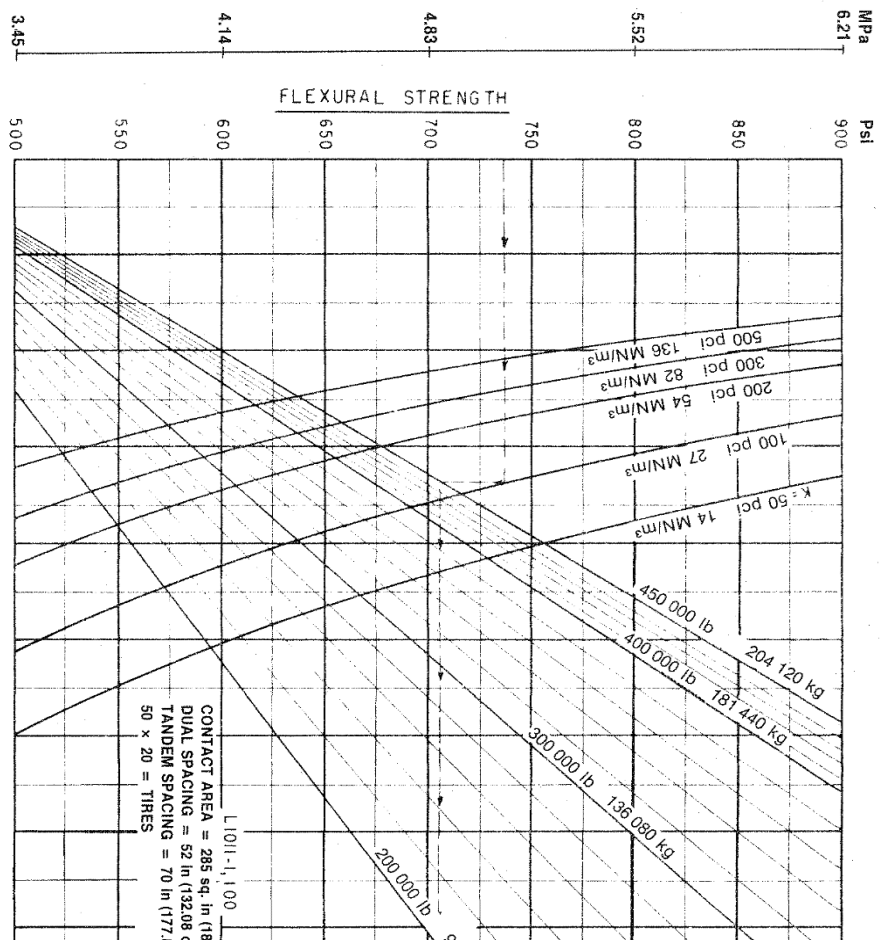


Gambar L-1.14 Grafik Desain Tebal Lapis Perkerasan Kaku untuk Tipe Pesawat DC10-10, 10CF



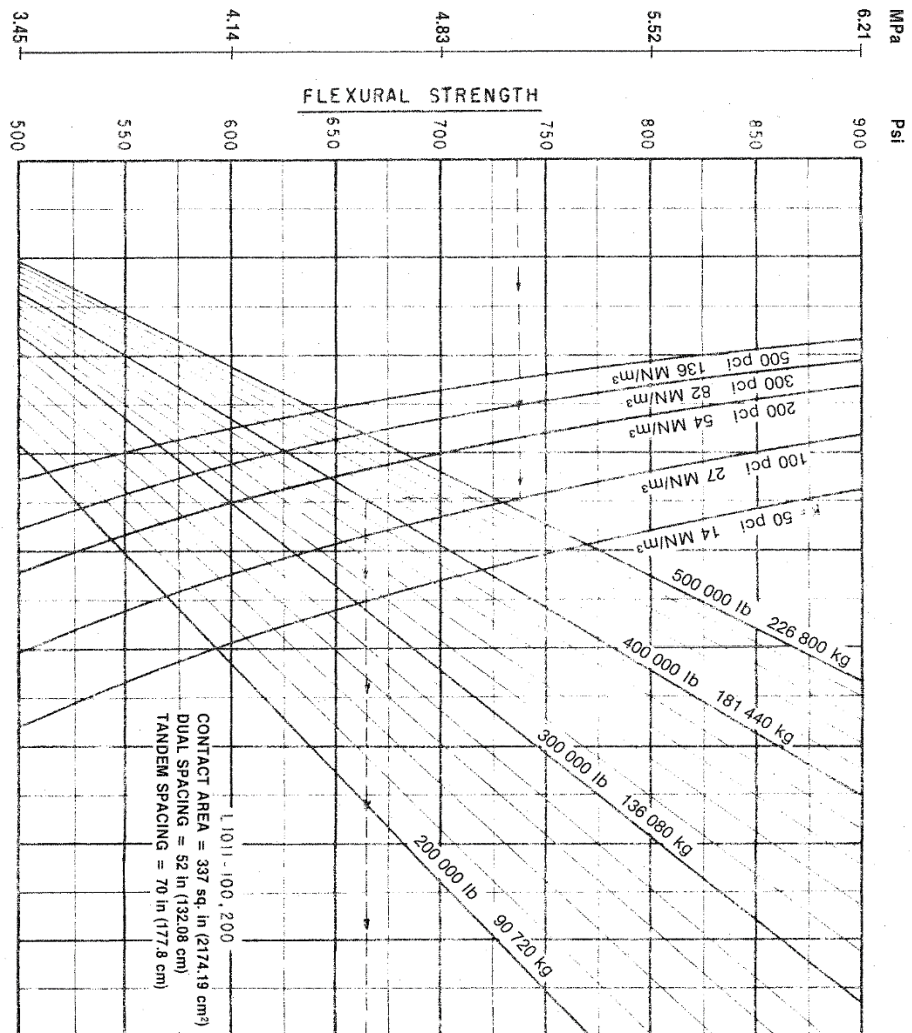


Gambar L-1.15 Grafik Desain Tebal Lapis Perkerasan Kaku untuk Tipe Pesawat DC10-30, 30CF, 40, 40CF



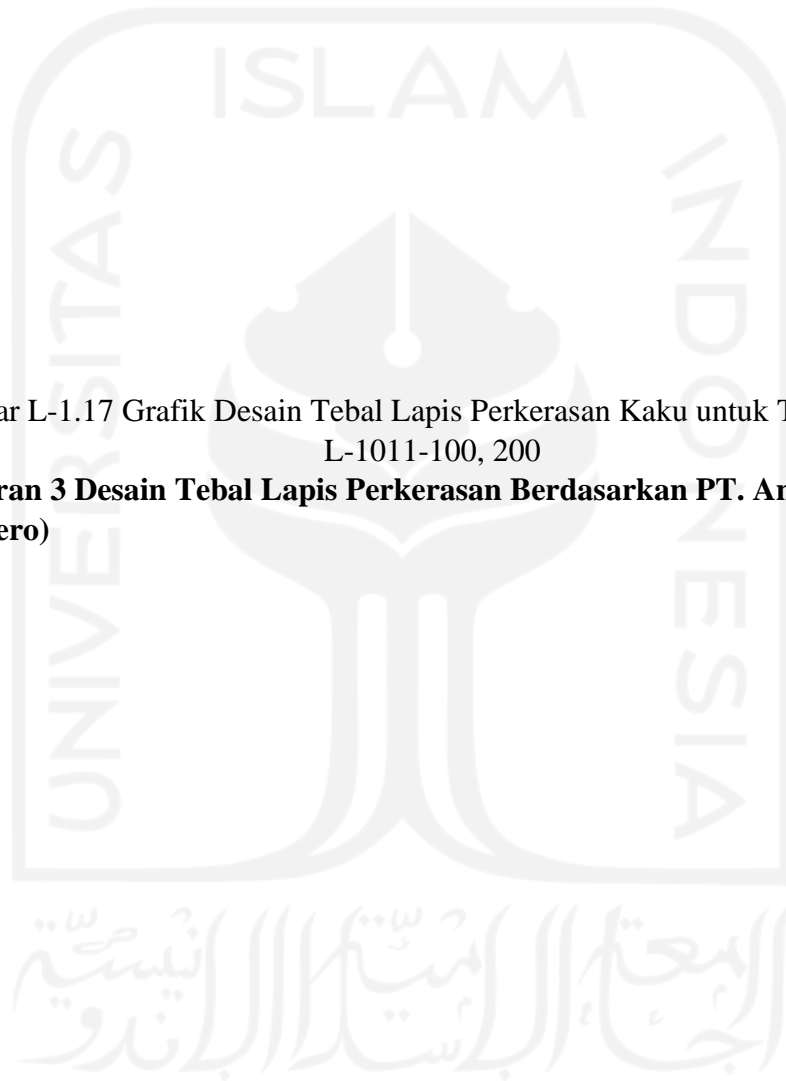


Gambar L-1.16 Grafik Desain Tebal Lapis Perkerasan Kaku untuk Tipe Pesawat L-1011, 100



Gambar L-1.17 Grafik Desain Tebal Lapis Perkerasan Kaku untuk Tipe Pesawat
L-1011-100, 200

**Lampiran 3 Desain Tebal Lapis Perkerasan Berdasarkan PT. Angkasa Pura
I (Persero)**

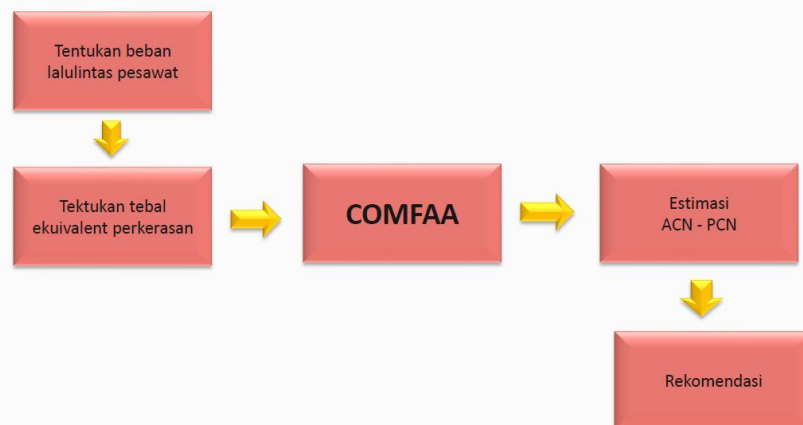


Perhitungan Estimasi nilai PCN Teoritis New Yogyakarta International Airport

1

www.nse-corp.co.id

Analisis ACN - PCN dengan COMFAA



2

www.nse-corp.co.id

Input Traffic

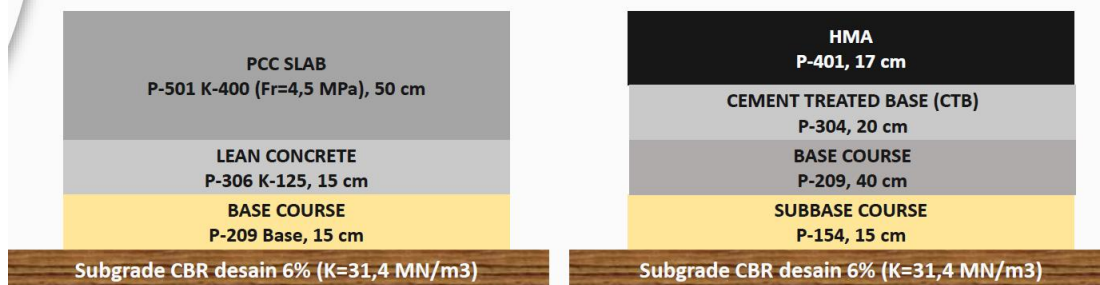
No.	Name	Gross Wt.	Annual Departures
		tonnes	
1	A321-200 std	89,4	10
2	A320-100	68,4	10.047
3	B737-800	79,243	7.409
4	B737-900 ER	85,366	6.019
5	D-200	88,314	5.567
6	A330-300 std	230,9	119
7	B787-9 (Preliminary)	251,744	41
8	A350-900	272,904	1
9	B777-300 ER	352,441	400
10	B747-400	397,801	22
11	B747-400 Belly	397,801	22
12	A380	562	52
13	A380 Belly	562	52

Growth Kelas C: 3,3%
Growth Kelas E: 9,46%

3

www.nse-corp.co.id

Typical Cross Section



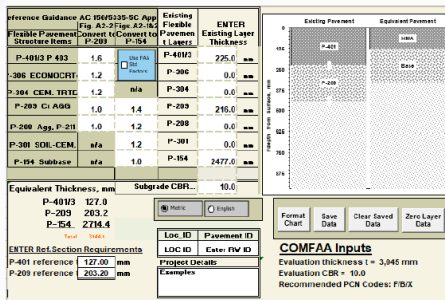
4

www.nse-corp.co.id

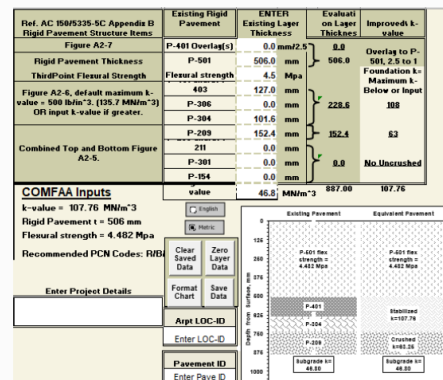
Reference Structural Layer Thickness

Reference Structural Layer Thickness (inches)	Less than Four Wheels on Main Gear	Four or More Wheels on Main Gear
Asphaltic Concrete (FAA Item P-401)	3	5
High Quality Granular Base (FAA Item P-209)	6	8

Support Spreadsheet Excel



Flexible Pavement



Rigid Pavement

Input Data dalam Program COMFAA

The screenshot shows the 'Aircraft Data' window with a table of aircraft types and their specifications. Below it is the 'Main Gear Footprint' window showing a graphical representation of the aircraft's main gear on a subgrade cross-section.

No.	Aircraft Name	Gross Weight (Bst)	Percent GW on Gears	Tire Press. (psi)	Annual Departures	No. of Tires on Gear	Number of Gears
1	B-747 ICAO Rigid	777,536	94.40	198.7	458	4	4
2	C-141A ICAO Flexible	320,005	90.00	172.6	1,200	4	2
3	SWL 100 ACN	110,231	100.00	181.3	1,200	1	1

Aircraft Input Data

1. Aircraft type
2. MTOW
3. % GW on gears
4. Tipe dan tekanan roda
5. Annual departure
6. No. of Tires on gears
7. Number of gears

Karakteristik Perkerasan

1. Pass/traffic cycle (P/TC)
2. Nilai CBR Subgrade (Flexible Pavement)
3. Nilai k Subgrade (Rigid Pavement)
4. Equivalen Thickness

Output dalam Program COMFAA

The screenshot shows the 'Main Gear Footprint' window with a graphical representation of the aircraft's main gear on a subgrade cross-section. Below the graph is a table of output data and a table of computational modes.

Gross Weight (tonnes)	% GW on Main Gears	No. Main Gears	Wheels on Main Gear	Tire Pressure (kPa)	Alpha Used	Pass/Traffic Cycle (P/TC)	Annual Departures	Flex 20yr Covs. P/C = 1.83	Rig 20yr Covs. P/C = 3.67	Rigid Cutoff (times in)	Concrete Flex. Str. (BP)
352,893	94.40	4	4	1,370	0.000	1,000	458	5,000	2,500	3.00	4,482

1. Nilai ACN setiap jenis pesawat
2. Nilai PCN dari perkerasan
3. Total tebal equivalen perkerasan dari ACN pesawat terbesar
4. Umur sisa perkerasan dari jumlah intasan selama umur rencana 20 tahun.

Estimasi nilai PCN Flexible pavement

Evaluation thickness-flexible

Reference Guidance AC 1505335-5C App B Flexible Pavement Structure Items	Fig. A2-2 Convert to P-209	Fig. A2-18&2 Convert to P-154	Existing Flexible Pavement Layers	ENTER Existing Layer Thickness
P-4013 P-403	1.2	Use FAA Std Factors	P-4013	170.0 mm
P-306 ECONCRTE	1.2		P-306	0.0 mm
P-304 CEM. TRTD	1.2	n/a	P-304	200.0 mm
P-209 Cr AGG	1.0	1.3	P-209	400.0 mm
P-208 Agg. P-211	1.0	1.2	P-208	0.0 mm
P-301 SOIL-CEM.	n/a	1.2	P-301	0.0 mm
P-154 Subbase	n/a	1.0	P-154	150.0 mm
Equivalent Thickness, mm				Subgrade CBR... 6.0
P-4013	127.0			
P-209	203.2			
P-154	784.9			
Total	1115.1			

Existing Pavement	Equivalent Pavement
0 - 125 mm: P-401	HMA
125 - 250 mm: P-304	Base
250 - 375 mm: P-209	Subbase
375 - 500 mm: P-209	
500 - 625 mm: P-154	
625 - 750 mm: P-154	Subgrade CBR 6.0
750 - 875 mm: Subgrade CBR 6.0	
875 - 1000 mm: Subgrade CBR 6.0	
1000 - 1125 mm: Subgrade CBR 6.0	
1125 - 1250 mm: Subgrade CBR 6.0	

ENTER Ref. Section Requirements	Requirements
P-401 reference t	127.00 mm
P-209 reference t	203.20 mm

Loc_ID	Pavement ID
LOC ID	NSE NYIA

Project Details
AIRSIDE DESIGN NYIA

COMFAA Inputs
 Evaluation thickness t = 1,115 mm
 Evaluation CBR = 6.0
 Recommended PCN Codes: F/C/X

PCN-Flexible

Results Table 2. PCN Values

No.	Aircraft Name	Critical Aircraft Total Equiv. Cows.	Thickness for Total Equiv. Cows.	Maximum Allowable Gross Weight	ACN Thick at Max. Allowable Gross Weight	CDF	PCN on C(ε)
1	A321-200 std	1,056,573	1,096.6	91,582	893.61	0.0000	59.7
2	A320-100	>5,000,000	1,105.1	69,029	738.77	0.0000	40.8
3	B737-800	>5,000,000	1,102.3	90,846	830.12	0.0022	51.5
4	B737-900 ER	1,946,275	1,098.4	87,638	880.04	0.0147	57.9
5	D-200	590,597	1,095.3	93,594	915.90	0.0486	62.7
6	A330-300 std	80,431	1,091.4	237,351	1005.57	0.0273	75.6
7	B787-9 (Preliminary)	9,361	1,076.9	262,434	1120.07	0.0742	93.8
8	A350-900 Preliminary	31,187	1,088.9	277,532	1051.25	0.0005	82.6
9	B777-300 ER	9,208	1,088.6	363,113	1119.33	0.3901	93.7
10	B747-400	72,730	1,091.7	409,161	1007.37	0.0060	75.9
11	A380 (WLG) 562t	42,111	1,088.0	579,771	1028.94	0.0223	79.1
Total CDF =						0.5860	

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

No.	Aircraft Name	Gross Weight	% GW on Main Gear	Tire Pressure	ACN Thick	ACN on C(ε)
1	A321-200 std	89,400	95,00	1.460	877,9	57,6
2	A320-100	69,400	94,00	1.380	734,5	40,3
3	B737-800	79,243	93,56	1.413	820,3	50,3
4	B737-900 ER	85,366	94,58	1.517	866,0	56,0
5	D-200	90,718	95,00	1.379	898,9	60,4
6	A330-300 std	230,900	95,74	1.420	985,6	72,6
7	B787-9 (Preliminary)	251,744	93,55	1.544	1.081,6	87,5
8	A350-900 Preliminary	269,900	93,68	1.660	1.027,3	78,9
9	B777-300 ER	352,441	92,44	1.524	1.092,9	83,3
10	B747-400	397,801	93,32	1.379	985,8	72,6
11	A380 (WLG) 562t	562,000	38,05	1.500	1.004,7	75,5

PCN-Flexible 93 F/C/X/T

Estimasi nilai PCN Rigid pavement

Evaluation thickness - rigid

Ref. AC 150/5335-5C Appendix B Rigid Pavement Structure Items	Existing Rigid Pavement Layers	ENTER Existing Layer Thickness	Evaluation Layer Thickness	Improved k-value
Figure A2-7	P-401 Overlay(s)	0.0 mm/2.5	0.0	Overlay to P-501, 2.5 to 1 Foundation k-Maximum k-Below or Input k
Rigid Pavement Thickness	P-501	500.0 mm	500.0	
ThirdPoint Flexural Strength	Flexural strength	4.5 Mpa		
Figure A2-5, default maximum k-value = 500 lb/in ³ (85.7 MN/m ³) OR input k-value if greater.	P-401 and/or P-403	0.0 mm		80
	P-306	150.0 mm	150.0	
	P-304	0.0 mm		
Combined Top and Bottom Figure A2-5	P-209	150.0 mm	150.0	48
	P-208 and/or P-211	0.0 mm		
	P-301	0.0 mm		
	P-154	0.0 mm	0.0	No Uncrushed
COMFAA Inputs		Subgrade k-value	800.00	79.81
k-value = 79.81 MN/m ³				
Rigid Pavement t = 500 mm				
Flexural strength = 4.482 Mpa				
Recommended PCN Codes: F16W				
Enter Project Details				
AIRSIDE PAVEMENT NYA				
Arprt LOC-ID				
NSE NYA				
Pavement ID				
APPCN				

English Hindi

Clear Saved Data

Format Chart

Arprt LOC-ID

NSE NYA

Pavement ID

APPCN

PCN Rigid

Results Table 2. PCN Values

No.	Aircraft Name	Critical Aircraft Total Equiv. Covs.	Thickness for Total Equiv. Covs.	Maximum Allowable Gross Weight	ACN Thick at Max. Allowable Gross Weight	CDF	PCN on B(80)
1	A321-200 std	117.535	445,0	112,031	387,75	0,0001	77,7
2	A320-100	3.390.518	452,9	82,468	323,66	0,0024	52,5
3	B737-800	455.282	448,5	97,543	360,29	0,0144	66,2
4	B737-900 ER	146.956	445,7	105,592	381,49	0,0365	75,0
5	D-200	99.247	444,6	112,839	392,72	0,0541	79,8
6	A330-300 std	660.992	449,4	279,694	393,83	0,0006	80,3
7	B787-9 (Preliminary)	86.300	444,2	302,038	431,93	0,0008	98,1
8	A350-900 Preliminary	150.689	445,7	330,959	419,21	0,0000	92,0
9	B777-300 ER	526.551	448,9	403,376	449,75	0,0004	107,1
10	B747-400	788.997	449,8	469,925	393,06	0,0001	80,0
11	A380 (WLG) 562t	389.108	448,1	677,251	405,72	0,0002	85,7
Total CDF =						0,1095	

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

No.	Aircraft Name	Gross Weight	% GW on Main Gear	Tire Pressure	ACN Thick	ACN on B(80)
1	A321-200 std	89,400	95,00	1.460	342,5	59,4
2	A320-100	68,400	94,00	1.380	292,1	42,1
3	B737-800	79,243	93,56	1.413	321,4	51,7
4	B737-900 ER	85,366	94,58	1.517	339,4	58,2
5	D-200	90,718	95,00	1.379	348,2	61,5
6	A330-300 std	230,900	95,74	1.420	349,4	62,0
7	B787-9 (Preliminary)	251,744	93,55	1.544	383,8	75,9
8	A350-900 Preliminary	268,900	93,68	1.660	370,0	70,2
9	B777-300 ER	352,441	92,44	1.524	405,8	85,7
10	B747-400	397,801	93,32	1.379	351,9	63,0
11	A380 (WLG) 562t	562,000	38,05	1.500	359,8	66,0

PCN-Rigid 107 R/C/X/T