

TUGAS AKHIR

**EVALUASI DESAIN STRUKTUR PERKERASAN
LENTUR LANDASAN PACU (*RUNWAY*)
MENGUNAKAN METODE *FAA* DAN METODE *LCN*
PADA BANDARA DHOHO KEDIRI
(*EVALUATION OF RUNWAY FLEXIBLE PAVEMENT
THICKNESS USING FAA AND LCN METHODS AT
DHOHO AIRPORT KEDIRI*)**

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



**Andien Salsabila Zahra
19511272**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2023**

TUGAS AKHIR
EVALUASI DESAIN STRUKTUR PERKERASAN
LENTUR LANDASAN PACU (*RUNWAY*)
MENGGUNAKAN METODE *FAA* DAN METODE *LCN*
PADA BANDARA DHOHO KEDIRI
(*EVALUATION OF RUNWAY FLEXIBLE PAVEMENT*
THICKNESS USING FAA AND LCN METHODS AT
***DHOHO AIRPORT KEDIRI*)**

Disusun Oleh

Andien Salsabila Zahra
19511272

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

Diuji pada tanggal 12 Desember 2023

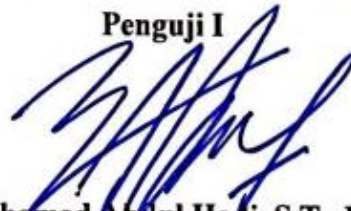
Oleh Dewan Penguji:

Pembimbing



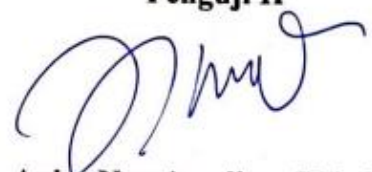
Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D.
NIK : 955110103

Penguji I



Muhamad Abdul Hadi, S.T., M.T.
NIK : 215111307

Penguji II



Anisa Nur Amalina, S.T., M.Eng.
NIK : 215111305



Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil

 21/12/23
Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D(Eng), IPM.
NIK : 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan 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, 21 Desember 2023

Yang membuat pernyataan,



Andien Salsabila Zahra

(19511272)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *Evaluasi Desain Struktur Perkerasan Lentur Landasan Pacu (Runway) Menggunakan Metode FAA dan Metode LCN pada Bandara Dhoho Kediri*. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi dalam menempuh gelar Sarjana Strata Satu 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 Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir, terimakasih atas bimbingan, nasihat, dan saran yang telah diberikan selama proses penyusunan Tugas Akhir,
2. Bapak Muhamad Abdul Hadi, S.T., M.T. dan Ibu Anisa Nur Amalina, S.T., M.Eng., selaku Dosen Penguji Tugas Akhir yang telah memberikan masukan, saran, dan nasihat untuk tetap semangat dalam menuntut ilmu,
3. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
4. Bapak Ir. Wahyu S.MM, selaku *Resident Engineer* PT Jagat Tribuana Sakti yang telah mengizinkan penulis untuk melakukan penelitian di proyek tersebut,
5. Bapak Ir. Rida Taufik, MT, selaku *Resident Engineer* PT Jagat Tribuana Sakti yang sudah membimbing dan memberikan ilmu mengenai desain perkerasan landasan pacu pada proyek tersebut,

6. Bapak Mulyadi dan Ibu Yuni Sugiarti, selaku orang tua tercinta yang tiada henti memberikan doa, kasih sayang, dukungan dan pengorbanan hingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini,
7. Aris Apriansyah Nugroho selaku kakak penulis yang menjadi motivasi, memberi semangat serta dukungan untuk terus berjuang mengejar cita-cita,
8. Nathania N Nur Utari, Rini Sulistiawati, Anisya Meilania, dan Raisha Qhibtyah S, teman yang selalu menemani, memberi hiburan, dan semangat,
9. Hasna Rakhmatika N A dan Dody Gunawan yang selalu memberikan dukungan, hiburan, dan canda tawa,
10. Fildza N Rizqiyah, M Arkam Mussadat, dan Maulana Gita C, teman seperjuangan yang selalu menemani dan saling menyemangati,
11. Alhilar Mohammad Farhan, teman seperjuangan Tugas Akhir yang senantiasa memberikan banyak bantuan, semangat, dan saran dalam penyusunan Tugas Akhir ini,
12. Anisya Wulan Sofiara, Dina Mutiara Hani, Putri Elfandi, dan Jihan Dwi O, selaku sahabat yang selalu mendoakan, memberi motivasi, dan menemani hingga saat ini,
13. Teman-teman Singolast yang tidak dapat disebutkan satu per satu, terimakasih telah menjalin kebersamaan selama menjalani perkuliahan,

Akhir kata penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat khususnya di dunia ilmu pengetahuan bagi semua pihak. Penulis menyadari bahwa di dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan pada masa yang akan datang.

Yogyakarta, 21 Desember 2023

Penulis,



Andien Salsabila Zahra

19511272

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xviii
ABSTRAK	xix
<i>ABSTRACT</i>	xx
BAB I	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II	6
2.1 Desain Tebal Perkerasan Metode <i>FAA</i> cara manual	6
2.2 Desain Tebal Perkerasan Metode <i>FAA software FAARFIELD</i>	7
2.3 Desain Tebal Perkerasan Metode <i>LCN</i>	9
2.4 Perbandingan Penelitian	9
2.5 Persamaan dan Perbedaan Penelitian	13
BAB III	14
3.1 Bandar Udara	14
3.1.1 Sisi Udara Bandara	15
3.1.2 Sisi Darat Bandara	16
3.2 Karakteristik Pesawat Terbang	16
3.2.1 Berdasarkan Komponen Beban	17
	vi

3.2.2 Berdasarkan Dimensi	18
3.2.3 Berdasarkan Konfigurasi Roda	19
3.2.4 Berdasarkan Kapasitas	20
3.2.5 Berdasarkan Panjang Landasan Pacu	21
3.3 Landasan Pacu (<i>Runway</i>)	21
3.4 Konfigurasi Landasan Pacu	22
3.5 Struktur Perkerasan Lentur Landasan Pacu	24
3.6 Umur Rencana	26
3.7 Metode Perancangan Perkerasan Lentur Landasan Pacu	26
3.7.1 Metode Empiris	26
3.7.2 Metode Mekanistik	27
3.8 Material dalam Desain Perkerasan	27
3.9 Tebal Lapis Perkerasan Minimum pada Perkerasan Lentur	32
3.10 Desain Tebal Perkerasan Lentur berdasarkan metode <i>FAA</i>	32
3.10.1 Metode <i>FAA</i> menggunakan cara manual	33
3.10.2 Metode <i>FAA</i> menggunakan <i>software FAARFIELD</i>	38
3.11 Desain Tebal Perkerasan Lentur berdasarkan Metode <i>LCN</i>	44
BAB IV	51
4.1 Pendekatan Penelitian	51
4.2 Lokasi Penelitian	51
4.3 Metode Pengumpulan Data	52
4.4 Peralatan Penelitian	52
4.5 Analisis Data	52
4.6 Tahapan Analisis Penelitian	53
4.7 Bagan Alir Penelitian	54
BAB V	56
5.1 Data Penelitian	56
5.2 Data <i>CBR</i>	57
5.3 Data Keberangkatan Tahunan Pesawat	57
5.4 Data Tebal Perkerasan Eksisting	57
5.5 Perancangan Struktur Perkerasan Lentur Landasan Pacu	58

5.6	Alternatif Desain menggunakan Metode <i>FAA</i> cara manual	58
5.6.1	Alternatif Desain Tahap I (2023-2042) Pesawat Rencana B777-300ER	59
5.6.2	Alternatif Desain Tahap II (2043-2058) Pesawat Rencana B777-300ER	66
5.6.3	Alternatif Desain Tahap III (2059-2072) Pesawat Rencana B777-300ER	72
5.6.4	Alternatif Desain Tahap I (2023-2042) Pesawat Rencana B737-900ER	78
5.6.5	Alternatif Desain Tahap II (2043-2058) Pesawat Rencana B737-900ER	85
5.6.6	Alternatif Desain Tahap III (2059-2072) Pesawat Rencana B737-900ER	91
5.7	Alternatif Desain menggunakan Metode <i>FAA software FAARFIELD</i>	99
5.7.1	Alternatif Desain Perkerasan Tahap I (2023-2042)	99
5.7.2	Alternatif Desain Perkerasan Tahap II (2043-2058)	106
5.7.3	Alternatif Desain Perkerasan Tahap III (2059-2072)	113
5.8	Alternatif Desain menggunakan Metode <i>LCN</i>	121
5.8.1	Alternatif Desain Perkerasan Tahap I (2023-2042)	121
5.8.2	Alternatif Desain Perkerasan Tahap II (2043-2058)	126
5.8.3	Alternatif Desain Perkerasan Tahap III (2059-2072)	130
5.9	Pembahasan	135
5.9.1	Hasil Redesain Tebal Perkerasan dengan Metode <i>FAA</i> cara manual	135
5.9.2	Hasil Redesain Tebal Perkerasan dengan Metode <i>FAA</i> <i>software FAARFIELD</i>	140
5.9.3	Hasil Redesain Tebal Perkerasan dengan Metode <i>LCN</i>	144
5.9.4	Perbandingan Alternatif Metode Desain	148
BAB VI		163
6.1	Kesimpulan	163
6.2	Saran	164
		viii

DAFTAR PUSTAKA	165
LAMPIRAN	169

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu tentang Evaluasi Desain Perkerasan Sisi Udara Bandara	10
Tabel 3.1 Gradasi Item P-401	28
Tabel 3.2 Gradasi Item P-208	28
Tabel 3.3 Gradasi Item P-209	29
Tabel 3.4 Gradasi Item P-211	29
Tabel 3.5 Gradasi Item P-219	30
Tabel 3.6 Gradasi Item P-304	30
Tabel 3.7 Gradasi Item P-154	31
Tabel 3.8 Faktor Ekuivalen untuk Lapisan <i>Subbase</i>	31
Tabel 3.9 Faktor Ekuivalensi untuk Lapisan <i>Base</i>	31
Tabel 3.10 Tebal Lapis Minimum untuk Perkerasan Lentur	32
Tabel 3.11 Konversi Konfigurasi Roda Pesawat	35
Tabel 3.12 Kategori Tanah Dasar Berdasarkan Nilai <i>CBR</i>	46
Tabel 3.13 Nilai <i>Pass to Coverage Ratio</i>	47
Tabel 3.14 Nilai <i>Pass to Coverage Ratio</i> untuk Pesawat dengan <i>Single Main Wheel Gears</i>	48
Tabel 3.15 Klasifikasi Frekuensi Lalu Lintas	49
Tabel 5.1 Data Keberangkatan Tahunan Pesawat	57
Tabel 5.2 Data Tebal Perkerasan Eksisting	58
Tabel 5.3 Konfigurasi Tipe Roda Pesawat	59
Tabel 5.4 Hasil Konversi ke Konfigurasi Roda Pesawat Rencana	60
Tabel 5.5 Susunan Beban Maksimum Pesawat Udara dan Konfigurasi Roda Pendaratan Utama	61
Tabel 5.6 <i>Annual Departure</i> Pesawat Campuran	61
Tabel 5.7 Faktor Ekuivalen untuk Lapisan <i>Subbase</i>	65
Tabel 5.8 Faktor Ekuivalen untuk Lapisan <i>Base</i>	65
Tabel 5.9 Konfigurasi Tipe Roda Pesawat	66

Tabel 5.10 Hasil Konversi ke Konfigurasi Roda Pesawat Rencana	67
Tabel 5.11 <i>Annual Departure</i> Pesawat Campuran	68
Tabel 5.12 Konfigurasi Tipe Roda Pesawat	72
Tabel 5.13 Hasil Konversi ke Konfigurasi Roda Pesawat Rencana	73
Tabel 5.14 <i>Annual Departure</i> Pesawat Campuran	74
Tabel 5.15 Konfigurasi Tipe Roda Pesawat	78
Tabel 5.16 Hasil Konversi ke Konfigurasi Roda Pesawat Rencana	79
Tabel 5.17 Susunan Beban Maksimum Pesawat Udara dan Konfigurasi Roda Pendaratan Utama	80
Tabel 5.18 <i>Annual Departure</i> Pesawat Campuran	81
Tabel 5.19 Konfigurasi Tipe Roda Pesawat	85
Tabel 5.20 Hasil Konversi ke Konfigurasi Roda Pesawat Rencana	86
Tabel 5.21 <i>Annual Departure</i> Pesawat Campuran	87
Tabel 5.22 Konfigurasi Tipe Roda Pesawat	91
Tabel 5.23 Hasil Konversi ke Konfigurasi Roda Pesawat Rencana	92
Tabel 5.24 <i>Annual Departure</i> Pesawat Campuran	93
Tabel 5.25 Rekapitulasi Tebal Perkerasan Metode <i>FAA</i> Cara Manual dengan Dua Alternatif Pesawat Rencana	98
Tabel 5.26 Rekapitulasi Hasil Akhir Tebal Perkerasan Metode <i>FAA</i> Cara Manual	99
Tabel 5.27 Rekapitulasi Hasil Akhir Tebal Perkerasan Metode <i>FAA Software</i> <i>FAARFIELD</i>	121
Tabel 5.28 Penentuan Nilai <i>ACN</i> dan <i>Pass to Coverage Ratio</i>	122
Tabel 5.29 Perhitungan Rasio <i>ACN</i>	122
Tabel 5.30 Menghitung Nilai <i>Equivalent Coverages</i> Tiap Pesawat	123
Tabel 5.31 Perhitungan <i>Equivalent Coverages</i>	123
Tabel 5.32 Penentuan Nilai <i>ACN</i> dan <i>Pass to Coverage Ratio</i>	126
Tabel 5.33 Perhitungan Rasio <i>ACN</i>	127
Tabel 5.34 Menghitung Nilai <i>Equivalent Coverages</i> Tiap Pesawat	127
Tabel 5.35 Perhitungan <i>Equivalent Coverages</i>	128
Tabel 5.36 Penentuan Nilai <i>ACN</i> dan <i>Pass to Coverage Ratio</i>	130

Tabel 5.37 Perhitungan Rasio <i>ACN</i>	131
Tabel 5.38 Menghitung Nilai <i>Equivalent Coverages</i> Tiap Pesawat	131
Tabel 5.39 Perhitungan <i>Equivalent Coverages</i>	132
Tabel 5.40 Rekapitulasi Hasil Akhir Tebal Perkerasan Metode <i>LCN</i>	135
Tabel 5.41 Rekapitulasi Tebal Perkerasan Metode <i>FAA</i> Cara Manual Dua Alternatif Pesawat Rencana	137
Tabel 5.42 Rekapitulasi Hasil Akhir Tebal Perkerasan Metode <i>FAA</i> Cara Manual	138
Tabel 5.43 Rekapitulasi Hasil Akhir Tebal Perkerasan Metode <i>FAA Software</i> <i>FAARFIELD</i>	142
Tabel 5.44 Rekapitulasi Hasil Akhir Tebal Perkerasan Metode <i>LCN</i>	147
Tabel 5.45 Rekapitulasi Perbandingan Hasil Desain Tebal Lapis Perkerasan	152
Tabel 5.46 Perbandingan Metode Desain	153

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Dimensi Pesawat Terbang	18
Gambar 3.2 Konfigurasi Roda Pendaratan	19
Gambar 3.3 Konfigurasi Roda Pendaratan Kompleks	20
Gambar 3.4 Konfigurasi Landasan Pacu	23
Gambar 3.5 Tipe Struktur Perkerasan Lentur	24
Gambar 3.6 Bagan Alir Perhitungan Metode <i>FAA</i> cara manual	34
Gambar 3.7 Grafik Desain Perkerasan Lentur untuk Pesawat B777-300ER	37
Gambar 3.8 Grafik Desain Perkerasan Lentur untuk Pesawat B737-900ER	37
Gambar 3.9 Bagan Alir Perhitungan Metode <i>FAA Software FAARFIELD</i>	39
Gambar 3.10 Membuat <i>Job File</i>	40
Gambar 3.11 Memilih Jenis Perkerasan	41
Gambar 3.12 Mengubah Jenis Material	41
Gambar 3.13 Mengubah Tebal Lapisan	42
Gambar 3.14 Memasukkan Jumlah Keberangkatan Tahunan Pesawat	42
Gambar 3.15 Memasukkan Umur Rencana	43
Gambar 3.16 Melakukan Desain Struktur Perkerasan	43
Gambar 3.17 Bagan Alir Perhitungan Metode <i>LCN</i>	45
Gambar 3.18 Grafik <i>Mixed Traffic Analysis</i> untuk Perkerasan Lentur	49
Gambar 3.19 Grafik Desain Tebal Perkerasan Lentur	50
Gambar 4.1 Lokasi Penelitian	51
Gambar 4.2 Bagan Alir Penelitian	55
Gambar 5.1 Layout Pekerjaan Proyek Pembangunan Bandar Udara Dhoho Kediri	56
Gambar 5.2 Grafik Perhitungan Tebal Perkerasan Tahap I Pesawat Rencana B777-300ER	63
Gambar 5.3 Grafik Perhitungan Tebal Minimum Base Course Tahap I Pesawat Rencana B777-300ER	64

Gambar 5.4 Grafik Perhitungan Tebal Perkerasan Tahap II Pesawat Rencana B777-300ER	69
Gambar 5.5 Grafik Perhitungan Tebal Minimum <i>Base Course</i> Tahap II Pesawat Rencana B777-300ER	71
Gambar 5.6 Grafik Perhitungan Tebal Perkerasan Tahap III Pesawat Rencana B777-300ER	75
Gambar 5.7 Grafik Perhitungan Tebal Minimum <i>Base Course</i> Tahap III Pesawat Rencana B777-300ER	77
Gambar 5.8 Grafik Perhitungan Tebal Perkerasan Tahap I Pesawat Rencana B737-900ER	82
Gambar 5.9 Grafik Perhitungan Tebal Minimum <i>Base Course</i> Tahap I Pesawat Rencana B737-900ER	84
Gambar 5.10 Grafik Perhitungan Tebal Perkerasan Tahap II Pesawat Rencana B737-900ER	88
Gambar 5.11 Grafik Perhitungan Tebal Minimum <i>Base Course</i> Tahap II Pesawat Rencana B737-900ER	90
Gambar 5.12 Grafik Perhitungan Tebal Perkerasan Tahap III Pesawat Rencana B737-900ER	94
Gambar 5.13 Grafik Perhitungan Tebal Minimum <i>Base Course</i> Tahap III Pesawat Rencana B737-900ER	96
Gambar 5.14 Membuat <i>Job File</i>	100
Gambar 5.15 Mengisi <i>Job Name</i> dan <i>Section Name</i>	100
Gambar 5.16 Memilih Jenis Perkerasan	101
Gambar 5.17 Jendela Awal Desain Perkerasan dari <i>FAARFIELD</i>	101
Gambar 5.18 Memasukkan Material Susun Perkerasan	102
Gambar 5.19 Memasukkan Tebal Awal pada Setiap Lapis	102
Gambar 5.20 Memasukkan Data <i>CBR Subgrade</i>	103
Gambar 5.21 Memasukkan Keberangkatan Tahunan Pesawat	104
Gambar 5.22 Memasukkan Umur Rencana	104
Gambar 5.23 <i>Running Design</i>	105
Gambar 5.24 Ilustrasi Tebal Perkerasan Tahap I berdasarkan <i>FAARFIELD</i>	106

Gambar 5.25 Membuat <i>Job File</i>	107
Gambar 5.26 Mengisi <i>Job Name</i> dan <i>Section Name</i>	107
Gambar 5.27 Memilih Jenis Perkerasan	108
Gambar 5.28 Jendela Awal Desain Perkerasan dari <i>FAARFIELD</i>	108
Gambar 5.29 Memasukkan Material Susun Perkerasan	109
Gambar 5.30 Memasukkan Tebal Awal pada Setiap Lapis	109
Gambar 5.31 Memasukkan Data <i>CBR Subgrade</i>	110
Gambar 5.32 Memasukkan Keberangkatan Tahunan Pesawat	111
Gambar 5.33 Memasukkan Umur Rencana	111
Gambar 5.34 <i>Running Design</i>	112
Gambar 5.35 Ilustrasi Tebal Perkerasan Tahap II berdasarkan <i>FAARFIELD</i>	113
Gambar 5.36 Membuat <i>Job File</i>	114
Gambar 5.37 Mengisi <i>Job Name</i> dan <i>Section Name</i>	114
Gambar 5.38 Memilih Jenis Perkerasan	115
Gambar 5.39 Jendela Awal Desain Perkerasan dari <i>FAARFIELD</i>	115
Gambar 5.40 Memasukkan Material Susun Perkerasan	116
Gambar 5.41 Memasukkan Tebal Awal pada Setiap Lapis	116
Gambar 5.42 Memasukkan Data <i>CBR Subgrade</i>	117
Gambar 5.43 Memasukkan Keberangkatan Tahunan Pesawat	118
Gambar 5.44 Memasukkan Umur Rencana	118
Gambar 5.45 <i>Running Design</i>	119
Gambar 5.46 Ilustrasi Tebal Perkerasan Tahap III berdasarkan <i>FAARFIELD</i>	120
Gambar 5.47 <i>Analisis Mixed Traffic B737-900ER</i>	124
Gambar 5.48 Grafik Perhitungan Tebal Perkerasan Tahap I Metode <i>LCN</i>	125
Gambar 5.49 <i>Analisis Mixed Traffic B737-900ER</i>	128
Gambar 5.50 Grafik Perhitungan Tebal Perkerasan Tahap II Metode <i>LCN</i>	129
Gambar 5.51 <i>Analisis Mixed Traffic B737-900ER</i>	132
Gambar 5.52 Grafik Perhitungan Tebal Perkerasan Tahap III Metode <i>LCN</i>	133
Gambar 5.53 Desain Tebal Perkerasan Tahap I dengan Metode FAA Cara Manual	155

Gambar 5.54 Desain Tebal Perkerasan Tahap II dengan Metode <i>FAA</i> Cara Manual	156
Gambar 5.55 Desain Tebal Perkerasan Tahap III dengan Metode <i>FAA</i> Cara Manual	156
Gambar 5.56 Desain Tebal Perkerasan Tahap I Alternatif 1 Metode <i>FAA software FAARFIELD</i>	157
Gambar 5.57 Desain Tebal Perkerasan Tahap II Alternatif 1 Metode <i>FAA software FAARFIELD</i>	157
Gambar 5.58 Desain Tebal Perkerasan Tahap III Alternatif 1 Metode <i>FAA software FAARFIELD</i>	158
Gambar 5.59 Desain Tebal Perkerasan Tahap I Alternatif 2 Metode <i>FAA software FAARFIELD</i>	158
Gambar 5.60 Desain Tebal Perkerasan Tahap II Alternatif 2 Metode <i>FAA software FAARFIELD</i>	159
Gambar 5.61 Desain Tebal Perkerasan Tahap III Alternatif 2 Metode <i>FAA software FAARFIELD</i>	159
Gambar 5.62 Desain Tebal Perkerasan Tahap I Alternatif 3 Metode <i>FAA software FAARFIELD</i>	160
Gambar 5.63 Desain Tebal Perkerasan Tahap II Alternatif 3 Metode <i>FAA software FAARFIELD</i>	160
Gambar 5.64 Desain Tebal Perkerasan Tahap III Alternatif 3 Metode <i>FAA software FAARFIELD</i>	161
Gambar 5.65 Desain Tebal Perkerasan Tahap I dengan Metode <i>LCN</i>	161
Gambar 5.66 Desain Tebal Perkerasan Tahap II dengan Metode <i>LCN</i>	162
Gambar 5.67 Desain Tebal Perkerasan Tahap III dengan Metode <i>LCN</i>	162

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Grafik Desain Tebal Perkerasan Lentur	170
Lampiran 2 Grafik Analisis <i>Mixed Traffic</i>	174
Lampiran 3 Surat Permohonan Izin Penelitian dan Pengambilan Data TA	179
Lampiran 4 Data Keberangkatan Tahunan Pesawat	180
Lampiran 5 Data Desain Tebal Perkerasan <i>Runway</i> Bandara Dhoho	181
Lampiran 6 Gambar <i>Runway</i> Bandar Udara Dhoho	182
Lampiran 7 Ilustrasi Tebal Perkerasan berdasarkan <i>software FAARFIELD</i>	183

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

<i>CBR</i>	= <i>California Bearing Ratio</i>
<i>FAA</i>	= <i>Federal Aviation Administration</i>
<i>FAARFIELD</i>	= <i>Federal Aviation Administration Rigid and Flexible Iterative Elastic Layered Design</i>
<i>MTOW</i>	= <i>Maximum Take Off Weight</i>
<i>ICAO</i>	= <i>International Civil Aviation Organization</i>
<i>LCN</i>	= <i>Load Classification Number</i>
<i>DMG 27</i>	= <i>Design & Maintenance Guide 27</i>
<i>FMTF</i>	= <i>Flexible Mixed Traffic Factor</i>
<i>MMTF</i>	= <i>Modified Mixed Traffic Factor</i>
<i>ACN</i>	= <i>Aircraft Classification Number</i>
<i>HMA</i>	= <i>Hot Mix Asphalt</i>
<i>CDF</i>	= <i>Cumulative Damage Factor</i>
R_2	= Keberangkatan Tahunan Pesawat Campuran
W_2	= Beban Roda Pesawat Campuran
W_1	= Beban Roda Pesawat Rencana
R_1	= Keberangkatan Tahunan Ekuivalen Pesawat Rencana
n	= Jumlah Roda Pendaratan Utama.
Y	= Nilai Konversi
M	= Konfigurasi Roda Pendaratan yang Dikonversi
N	= Konfigurasi Roda Pendaratan yang akan Dikonversi

ABSTRAK

Jawa Timur merupakan suatu provinsi yang berperan sebagai lokomotif pertumbuhan ekonomi nasional. Berdasarkan Badan Pusat Statistik (BPS), ekonomi Jawa Timur pada Triwulan II-2022 meningkat sebesar 5,74%. Pertumbuhan tertinggi terjadi pada lapangan usaha transportasi dan pergudangan yang tumbuh sebesar 22,21%. Berkaitan dengan peningkatan pergerakan pesawat udara, penumpang, kargo, serta pertumbuhan ekonomi di Jawa Timur, pemerintah bersamaan dengan badan usaha swasta yaitu PT Gudang Garam Tbk membangun Bandara Dhoho. Berdasarkan KM 28 Tahun 2020, bandara ini akan dibangun dengan luas lahan 454,5 Ha yang difasilitasi *runway* dengan panjang 3300 x 45 m². Penelitian ini bertujuan untuk mengusulkan alternatif desain perkerasan lentur *runway* dengan metode *FAA* cara manual, metode *FAA software FAARFIELD*, dan metode *LCN*, serta membandingkannya berdasarkan konsep desain, parameter *input*, prosedur perhitungan, dan hasil ketebalan.

Metode desain yang digunakan adalah metode *FAA* cara manual berdasarkan *AC 150/5320-6D* tahun 1995, metode *FAA software FAARFIELD* berdasarkan *AC 150/5320-6G* tahun 2021, dan metode *LCN* berdasarkan *DMG 27* tahun 2011. Hasil tebal perkerasan dari ketiga metode tersebut dibandingkan dengan desain eksisting pada umur rencana 20 tahun pada masing-masing tiga tahap perencanaan. Data yang digunakan didapat dari PT Jagat Tribuana Sakti pada tahun 2023.

Hasil desain metode *FAA* cara manual jika menggunakan material, tebal *AC-WC*, *AC-BC*, dan *AC-Base* yang sama dengan desain eksisting, terdapat selisih tebal *base* tahap I, tahap II, dan tahap III secara berurutan adalah 295 mm; 335 mm; 360 mm. Sementara selisih tebal *subbase* pada tahap I, II, dan III adalah 105 mm; 190 mm; 120 mm. Hasil desain dengan *software FAARFIELD* jika tebal *AC-Base*, *base*, dan *subbase* sama, terdapat selisih tebal *AC-WC* pada tahap I dan tahap II yaitu 10 mm, tahap III yaitu 60 mm. Selisih tebal lapis *AC-BC* tahap I, II, dan III yaitu 10 mm. Selisih tebal lapis *subbase* pada tahap I, II, dan III secara berurutan adalah 150 mm; 105 mm; 190 mm. Jika tebal *base* dan *subbase* yang sama, tetap terdapat selisih tebal *base* pada tahap I, II, dan III yaitu 30 mm; 45 mm; 60 mm. Selisih *subbase* pada tahap I, II, dan III adalah 70 mm; 125 mm; 185 mm. Jika tebal *AC-WC*, *AC-BC*, dan *AC-Base* yang sama, maka lapis *subbase* pada alternatif desain 3 lebih tebal di tahap II dan III. Hasil desain metode *LCN* jika tebal *AC-WC*, *AC-BC*, dan *AC-Base* sama, terdapat selisih tebal *base* pada tahap I dan II yaitu 225 mm, tahap III yaitu 175 mm. Selisih tebal *subbase* pada tahap I, II, dan III adalah 100 mm. Perbandingan hasil ketiga metode jika material, tebal *AC-WC*, *AC-BC*, dan *AC-Base* sama, maka lapis *base* dan *subbase* paling tipis terdapat pada *software FAARFIELD*.

Kata kunci: Bandara Dhoho, *DMG 27*, *FAARFIELD*, *MTOW*, dan *runway*.

ABSTRACT

East Java is a province that plays a role as a locomotive in the national economic growth. According to the Central Statistics Agency (BPS), the economy of East Java in the second quarter of 2022 increased by 5,74%. The highest growth occurred in the transportation and warehousing sector, which grew by 22,21%. In relation to the increased movement of aircraft, passengers, cargo, and economic growth in East Java, the government, in collaboration with the private company PT Gudang Garam Tbk, is constructing the Dhoho Airport. Based on Presidential Regulation Number 28 of 2020, this airport will be built on 454,5 hectares of land with a runway measuring 3300 x 45 m². This research aims to propose alternative designs for flexible runway pavements using the manual FAA method, the FAA software FAARFIELD method, and the LCN method, and to compare them based on design concepts, input parameters, calculation procedures, and thickness results.

The design methods that used are the FAA manual method based on AC 150/5320-6D from 1995, the FAA software FAARFIELD based on AC 150/5320-6G from 2021, and the LCN method based on DMG 27 from 2011. The pavement thickness results from these three methods are compared with the existing design for a planned lifespan of 20 years in each of the three planning stages. The data used was obtained from PT Jagat Tribuana Sakti in the year 2023.

The result of the FAA manual method design if using the same materials, thickness of AC-WC, AC-BC, and AC-Base as the existing design, shows the sequential differences in base thickness for stage I, stage II, and stage III are 295 mm, 335 mm, and 360 mm. Meanwhile, the differences in subbase thickness for stage I, II, and III are 105 mm, 190 mm, and 120 mm. The result of designing with FAARFIELD software if the thickness of AC-Base, base, and subbase are the same, there is a difference in AC-WC thickness in stages I and II which is 10 mm, and in stage III it is 60 mm. The difference in AC-BC thickness in stages I, II, and III is 10 mm. The difference in subbase in stages I, II, and III is 150 mm; 105 mm; 190 mm. If the thickness of base and subbase are the same, there remains a difference in the base thickness in stages I, II, and III, which is 30 mm; 45 mm; 60 mm. The difference in subbase in stages I, II, and III is 70 mm; 125 mm; 185 mm. If the thickness of AC-WC, AC-BC, and AC-Base are the same, then the subbase layer in design alternative 3 is thicker in stages II and III. The result of the LCN method design if the thickness of AC-WC, AC-BC, and AC-Base are the same, shows a difference in the base thickness for stages I and II of 225 mm, in stage III of 175 mm. The difference in subbase thickness for stages I, II, and III is 100 mm. The comparison of the results of the three methods shows that if the materials, thickness of AC-WC, AC-BC, and AC-Base are the same, then the thinnest base and subbase layers are found in the FAARFIELD software.

Keywords : Dhoho Airport, DMG 27, FAARFIELD, MTOW, and runway.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jawa Timur merupakan suatu provinsi yang berperan sebagai lokomotif pertumbuhan ekonomi nasional. Berdasarkan Badan Pusat Statistik (BPS), ekonomi Jawa Timur pada Triwulan II-2022 meningkat sebesar 5,74% dibandingkan Triwulan II-2021. Dilihat dari sisi produksi, pertumbuhan tertinggi terjadi pada lapangan usaha transportasi dan pergudangan yang tumbuh sebesar 22,21%. Dari kondisi tersebut, maka pertumbuhan ekonomi yang baik harus diimbangi dengan ketersediaan sarana dan prasarana. Salah satu pembangunan yang sedang marak berlangsung adalah pembangunan infrastruktur dan fasilitas umum khususnya pada infrastruktur transportasi udara.

Saat ini moda transportasi udara memegang peranan yang sangat penting dalam menunjang kebutuhan pergerakan masyarakat. *Angkasa Pura Airport* mencatat telah melayani sebanyak 22.841.044 pergerakan penumpang, 238.587 pergerakan pesawat udara, dan 223.959 ton pergerakan kargo di 15 bandara yang dikelola pada periode semester pertama tahun 2022. Jika dibandingkan dengan periode semester pertama tahun 2021, terjadi pertumbuhan sebesar 55,9% untuk pergerakan penumpang, 10,4% untuk pergerakan pesawat udara, dan 7,3% untuk pertumbuhan pergerakan kargo. Berkaitan dengan peningkatan pergerakan pesawat udara, penumpang, kargo, serta pertumbuhan ekonomi di Jawa Timur, pemerintah bersamaan dengan badan usaha swasta yaitu PT Gudang Garam Tbk membangun suatu bandara bernama Bandara Dhoho yang berlokasi di Kecamatan Banyakan, Grogol, dan Tarokan, Kabupaten Kediri, Provinsi Jawa Timur. Pembangunan dilakukan dalam 2 fase, fase 1 pada tahun 2019-2021 dan fase 2 pada tahun 2021-2023.

Proyek pembangunan Bandara Dhoho merupakan salah satu bandara bertaraf internasional yang diprakarsai dan diusulkan pembangunannya oleh pihak swasta PT Gudang Garam Tbk melalui anak perusahaannya yaitu PT Surya Dhoho

Investama selaku pemilik proyek dengan skema Kerja sama Pemerintah dan Badan Usaha (KPBU). Bandara Dhoho Kediri ini direncanakan menjadi salah satu Proyek Strategis Nasional (PSN) sebagai alternatif penerbangan menuju Jawa Timur selain Bandara Juanda di Surabaya. Kehadiran bandara ini diharapkan mampu menciptakan konektivitas antar wilayah baik untuk kebutuhan mobilisasi masyarakat maupun pendistribusian barang dan jasa, mendorong pengembangan ekonomi, pariwisata, dan perdagangan, serta akan dijadikan sebagai penerbangan embarkasi haji maupun umroh di Jawa Timur.

Berdasarkan KM 28 Tahun 2020 tentang Penetapan Lokasi Bandar Udara Baru di Kabupaten Kediri Provinsi Jawa Timur, bandara ini akan dibangun dengan lahan kurang lebih 454,5 Ha yang difasilitasi *runway* dengan panjang 3.300 x 45 m², klasifikasi *runway* 4E, dan instrumen presisi pada fase tahap III di akhir tahun rencana (20 tahun) dengan pesawat udara terbesar yang dilayani adalah pesawat B777-300ER untuk Tahap I (2023-2042), Tahap II (2043-2058), dan Tahap III (2059-2072). Perencanaan tebal suatu struktur perkerasan pada konstruksi *runway* memegang peranan penting karena dirancang untuk dapat menahan beban pesawat terberat yang diperkirakan akan menggunakan bandara tersebut, menahan beban dinamis yang berulang dari pergerakan pesawat dengan berat dan konfigurasi roda yang berbeda-beda. Selain itu struktur perkerasan pada bandara juga harus mampu menahan beban pesawat ke tanah dasar dengan adanya kemungkinan potensi pertumbuhan penumpang dan penerbangan pesawat terbang.

Perancangan tebal perkerasan *runway* diatur dalam pedoman yang disusun oleh badan penerbangan internasional. *Federal Aviation Administration (FAA)* merupakan badan penerbangan federal wilayah Amerika Serikat yang mengembangkan metode desain baik dengan cara manual grafik maupun penggunaan *software*. Metode *FAA* cara manual mengacu pada *Advisory Circular 150/5320-6D* manual tahun 1995 yang didasarkan pada penentuan pesawat rencana dengan *MTOW* pesawat terbesar atau jumlah keberangkatan tahunan terbanyak. Sementara itu, metode *FAA* yang paling mutakhir adalah dengan penggunaan *software FAARFIELD (Federal Aviation Administration Rigid and Flexible Iterative Elastic Layered Design)* yang mengacu pada *Advisory Circular 150/5320-*

6G tahun 2021. Program *FAARFIELD* didasarkan pada konsep *CDF* (*Cumulative Damage Factor*) yang menunjukkan jumlah distribusi kerusakan yang diakibatkan oleh pesawat pada lalu lintas campuran. Selain lembaga *FAA*, Kementerian Pertahanan Inggris juga membuat suatu pedoman yang mengacu pada *ICAO* dengan dokumen *Design & Maintenance Guide 27 (DMG 27)* tahun 2011 menggunakan metode *LCN* (*Load Classification Number*). Metode *LCN* didasarkan pada penentuan pesawat rencana berdasarkan nilai *ACN* (*Aircraft Classification Number*) pesawat terbesar. *FAA* (2021) menetapkan suatu standar umur rencana untuk desain perkerasan baru minimal 20 tahun, sehingga perancangan dilakukan dengan umur rencana 20 tahun pada setiap tahap untuk tiga tahap perencanaan.

Sehubungan dengan adanya proyek pembangunan Bandar Udara Dhoho, maka penelitian ini penting dilakukan untuk mengusulkan alternatif desain pada perkerasan *runway* menggunakan metode *FAA* dan metode *LCN*. Dalam penelitian ini penulis akan membandingkan hasil redesain antara metode *FAA* cara manual, metode *FAA software FAARFIELD*, dan metode *LCN* dilihat dari konsep desain, parameter *input*, prosedur perhitungan, dan hasil. Penelitian mengenai perencanaan perkerasan dengan metode *FAA* pernah dilakukan oleh Sihombing (2022) dengan hasil terdapat selisih perhitungan antara *software FAARFIELD* dan cara manual yaitu 10%. Selain itu perencanaan dengan metode *LCN* yang dilakukan oleh Sektiaji (2019) pada pesawat rencana B777-300ER menghasilkan desain lebih tebal dibandingkan eksisting.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka disusun rumusan masalah yang menjadi dasar penelitian ini diantaranya sebagai berikut.

1. Bagaimana desain lapis perkerasan lentur landasan pacu menggunakan metode *FAA* cara manual berdasarkan *Advisory Circular 150/5320-6D* manual tahun 1995?
2. Bagaimana desain lapis perkerasan lentur landasan pacu menggunakan metode *FAA software FAARFIELD* berdasarkan *Advisory Circular 150/5320-6G* manual tahun 2021?

3. Bagaimana desain lapis perkerasan lentur landasan pacu menggunakan metode *LCN* berdasarkan *Design & Maintenance Guide 27 3rd edition* manual tahun 2011?
4. Bagaimana perbandingan antara metode *FAA* cara manual, metode *FAA software FAARFIELD*, dan metode *LCN* jika dilihat dari konsep desain, parameter *input*, prosedur perhitungan, dan hasil?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Merancang ulang perkerasan lentur landasan pacu menggunakan Metode *FAA* dengan cara manual berdasarkan *Advisory Circular 150/5320-6D* manual tahun 1995.
2. Merancang ulang perkerasan lentur landasan pacu menggunakan Metode *FAA* dengan *software FAARFIELD* berdasarkan *Advisory Circular 150/5320-6G* manual tahun 2021.
3. Merancang ulang perkerasan lentur landasan pacu menggunakan Metode *LCN* berdasarkan *Design & Maintenance Guide 27 3rd edition* manual tahun 2011.
4. Membandingkan hasil redesain antara metode *FAA* cara manual, metode *FAA software FAARFIELD*, dan metode *LCN* dilihat dari konsep desain, parameter *input*, prosedur perhitungan, dan hasil.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian tugas akhir ini yaitu sebagai berikut.

1. Dapat mengetahui kelebihan dan kekurangan dari beberapa alternatif metode desain perkerasan *runway*.
2. Hasil yang didapat dalam penelitian ini dapat menjadi bahan pembandingan untuk proyek pembangunan Bandar Udara Dhoho Kediri.

1.5 Batasan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang ada, maka diperlukannya batasan penelitian adalah sebagai berikut.

1. Objek penelitian yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah Bandar Udara Dhoho Kediri, khusus pada struktur perkerasan *runway*.
2. Data yang digunakan untuk analisis menggunakan data yang diperoleh dari PT Jagat Tribuana Sakti selaku *Resident Engineer Project New Airport Dhoho Kediri*.
3. Jenis perkerasan yang didesain adalah perkerasan lentur pada *runway*.
4. Umur rencana berdasarkan *FAA (2021)* minimal 20 tahun, sehingga penelitian ini menggunakan umur rencana selama 20 tahun pada setiap tahap untuk tiga tahap perencanaan.
5. Penelitian ini tidak membahas geometrik *runway*, *taxiway*, dan *apron*.
6. Penelitian ini tidak memperhitungkan analisis biaya dan waktu.
7. Alternatif desain dengan metode *FAA* cara manual didasarkan pada *Advisory Circular 150/5320-6D* manual tahun 1995.
8. Alternatif desain dengan metode *FAA software FAARFIELD* didasarkan pada *Advisory Circular 150/5320-6G* manual tahun 2021.
9. Alternatif desain dengan metode *LCN* didasarkan pada *Design & Maintenance Guide 27 3rd edition* manual tahun 2011.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Desain Tebal Perkerasan Metode *FAA* cara manual

Studi tentang perencanaan perkerasan pada sisi udara telah dilakukan oleh Kurniawan (2018) dengan lokasi penelitian Bandara Tunggul Wulung Cilacap menggunakan metode *FAA* secara manual dengan mengacu pada SKEP/IV/2005 dan standar aturan *FAA*. Berdasarkan hasil analisa studi diperoleh kesimpulan bahwa kondisi eksisting perkerasan sisi udara saat ini sudah tidak memenuhi syarat untuk perencanaan kebutuhan 20 tahun mendatang. Hal ini dikarenakan pesawat rencana berjenis ATR 72-600 memiliki dimensi yang lebih besar dari pesawat sebelumnya yaitu Twin otter DHC 06 dan Beechcraft yang masih beroperasi di Bandara Tunggul Wulung. Hasil perencanaan 20 tahun mendatang untuk tebal perkerasan *runway* dan *taxiway* didesain sama menggunakan perkerasan lentur sedangkan untuk tebal *apron* didesain menggunakan perkerasan kaku.

Lewa dkk. (2020) mengevaluasi perkerasan landasan pacu dengan membandingkan metode *FAA* baik secara manual maupun dengan *software FAARFIELD* pada Bandar Udara Pattimura, Ambon, Maluku. Dalam penelitiannya, penulis melakukan peramalan jumlah penumpang pada tahun 2037 dengan menggunakan data keberangkatan yang didapat dari tahun 2011-2017 yang nantinya dipakai untuk menentukan jenis dan jumlah pesawat yang akan melayani sampai tahun 2037. Lewa dkk. (2020) menyimpulkan dari hasil penelitiannya bahwa tebal perkerasan perlu ditambah dari data eksisting *runway* baik untuk metode *FAA* secara manual maupun dengan *FAARFIELD*. Dari hasil perbandingan kedua metode terdapat perbedaan tebal perkerasan antara *subbase* dan *base course* pada kedua metode karena metode *FAA* cara manual berdasar pada tabel minimum *base course* dan *subbase* sedangkan hasil *run* dari *FAARFIELD* tidak menggunakan pesawat rencana tetapi memasukkan beberapa jenis pesawat yang beroperasi sehingga didapat hasil tebal perkerasan minimum dari *running software*.

2.2 Desain Tebal Perkerasan Metode *FAA software FAARFIELD*

Ramadhan (2018) dalam penelitiannya melakukan analisis perkerasan lentur landas pacu dengan menggunakan program bantu *COMFAA*, *FAARFIELD*, dan *LEDFAA* pada Bandara Internasional Juanda Surabaya. Ramadhan (2018) menyimpulkan dari hasil analisisnya yaitu *input* data untuk masing-masing *software* *COMFAA*, *FAARFIELD*, dan *LEDFAA* secara garis besar hampir sama. Kebutuhan *input* data tersebut meliputi jumlah lalu lintas keberangkatan pesawat terbang tahunan, karakteristik pesawat terbang yang beroperasi, dan karakteristik perkerasan yang direncanakan. Selain itu penulis menganalisis peramalan jumlah dan kondisi pesawat yang beroperasi dalam beberapa periode kebelakang, maka didapat hasil yang berbeda-beda. Pada periode 2000an yang paling sering beroperasi adalah pesawat Boeing 737-400. Periode 1990an dan 1980an yang paling sering beroperasi yaitu pesawat Fokker F28 Fellowship.

Dalam penelitiannya Bimantoro (2021) melakukan perencanaan tebal perkerasan pada *runway*, *taxiway*, dan *apron* dengan umur rencana 20 tahun yang bertujuan untuk mengetahui perbandingan tebal perkerasan antara metode *FAA* dengan *software* *FAARFIELD* dan metode *ICAO United States of America Practice*. Terdapat perbedaan antara kedua metode dikarenakan pada metode *ICAO* harus mencari *annual departures* terhadap pesawat rencana sedangkan metode *FAA* dengan *FAARFIELD* hanya perlu memasukkan data yang dibutuhkan dan struktur dapat dimodifikasi sesuai kebutuhan melalui kerusakan kumulatif atau menggunakan sistem *Cumulative Damage Factor (CDF)*. Selain itu terdapat perbedaan hasil desain yang didapat menggunakan *FAARFIELD* dengan hasil tebal perkerasan eksisting menggunakan *COMFAA*. Hal ini dikarenakan pada *COMFAA* didasarkan pada *advisory circular* terdahulu sedangkan *FAARFIELD* menggunakan *advisory circular* terbaru sehingga hasil desain dari *FAARFIELD* lebih unggul dibandingkan hasil dari *COMFAA*.

Sihombing (2022) melakukan kajian untuk menganalisis tebal perkerasan pada *runway* dengan metode perencanaan yaitu metode *FAA* secara grafis atau berdasarkan *AC 150/5320-6D* dan *software* *FAARFIELD* dengan *AC 150/5320-6E* pada Bandara Internasional Oe-Cusse Timor Leste. Hasil kajian untuk jenis pesawat

rencana A330-330 dalam waktu pengembangan 20 tahun mendatang didapat selisih perhitungan antara *software FAARFIELD* dan cara grafis adalah 10% atau selisih sekitar 72 mm dimana total tebal dengan *software FAARFIELD* adalah 658 mm sedangkan dengan cara grafis diperoleh total tebal 730 mm, sehingga hasil perhitungan dengan cara grafis lebih tebal dibandingkan dengan *software FAARFIELD*.

Studi mengenai perencanaan perkerasan pada *runway* dan *taxiway* menggunakan metode *FAA* pada Bandar Udara Mindiptana pernah dilakukan oleh Paramahamsa dan Sari (2022). Pada analisis ini penulis mengambil data jumlah keberangkatan pesawat pada tahun 2014 dengan jenis pesawat Cessna Grand Caravan. Adapun hasil dari penelitian ini dengan menggunakan *software FAARFIELD* adalah untuk *runway* didapat tebal lapis permukaan sebesar 101 inci menggunakan *asphalt hotmix*, pada lapis pondasi atas sebesar 127 inci menggunakan *Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC)*, dan pada lapis pondasi bawah sebesar 381,30 inci dengan bahan agregat alam. Hasil tebal perkerasan untuk *taxiway* didapat tebal lapis permukaan 101 inci menggunakan *asphalt hotmix*, pada lapis pondasi atas 127 inci dengan *AC-BC*, dan lapis pondasi bawah 127 inci dengan bahan agregat bahan limbah dari beton. Hasil analisa dari perkerasan tersebut digunakan sebagai bahan evaluasi terhadap kondisi perkerasan pada *runway*, *taxiway* ataupun *apron* pada bandara tersebut.

Farhan (2023) mempublikasikan hasil penelitiannya berupa perbandingan evaluasi tebal perkerasan *runway*, *taxiway*, dan *apron* pada Bandar Udara Halim Perdanakusuma menggunakan metode empiris dan metode mekanistik berdasarkan *FAA*. Pada analisis perhitungan dengan metode empiris, penulis menggunakan pesawat A320-200 sebagai pesawat rencana karena memiliki aktivitas terbanyak pada data lalu lintas bandara tersebut. Hasil perbandingan kedua metode terdapat perbedaan hasil dimana metode empiris lebih tebal dari metode mekanistik. Faktor-faktor yang menyebabkan perbedaan hasil yaitu parameter *input* untuk metode mekanistik berupa data *CBR subgrade* dan data lalu lintas pesawat, sedangkan metode empiris berupa pemilihan pesawat rencana, *CBR subgrade* dan *subbase*, serta data lalu lintas. Selain itu perbedaan cara perhitungan yaitu dengan program

komputer *FAARFIELD* berdasarkan AC 150-5320-6G dan perhitungan manual menggunakan grafik-grafik berdasarkan AC 150-5320-6D.

2.3 Desain Tebal Perkerasan Metode LCN

Prayoga dan Sukirman (2018) mendesain tebal perkerasan lentur *runway* 3 pada Bandara Soekarno Hatta menggunakan manual *Design & Maintenance Guide* 27. Dari data penerbangan yang menggunakan landasan pacu kesatu dan kedua, penulis mengasumsikan tiga alternatif repetisi beban berdasarkan jenis penerbangan yaitu alternatif 1 melayani 50% internasional dan domestik, alternatif 2 melayani 75% internasional dan 25% domestik, serta alternatif 3 melayani 100% internasional. Dari ketiga alternatif menggunakan metode *DMG* 27 didapat nilai total *coverage* pada alternatif 1 sebesar 169,179, alternatif 2 sebesar 196,358, dan alternatif 3 sebesar 142,678. Penulis menyimpulkan bahwa tebal perkerasan untuk 3 alternatif repetisi beban menghasilkan tebal yang sama karena ketiga alternatif memiliki parameter *input* nilai *CBR*, nilai *ACN* rencana, jenis konfigurasi roda pesawat rencana yang sama dan masuk ke dalam *frequency of trafficking* jenis *high*.

Dalam penelitiannya Sektiaji (2019) merancang perkerasan lentur landas pacu pada Yogyakarta *International Airport* menggunakan metode *Load Classification Number (LCN)*. Data yang digunakan adalah jumlah keberangkatan tahunan pesawat dan pertumbuhan tiap tahunnya selama umur rencana. Adapun tebal total perkerasan lentur landas pacu pada Bandara YIA adalah 920 mm. Perhitungan tebal perkerasan lentur diawali dengan memilih pesawat rencana dengan *ACN* terbesar yaitu pesawat B777-300ER dengan *CBR* 6%. Berdasarkan hasil perkerasan yang dirancang menggunakan metode *LCN* dengan jumlah *equivalent coverages* sebesar 196,281, frekuensi lalu lintas penerbangan dikategorikan ke dalam jenis *high*, didapat tebal total sebesar 1.520 mm dengan kebutuhan biaya yang lebih murah dibandingkan dengan perkerasan yang ada di lapangan karena struktur yang sudah ada dengan lapis *CTB* mengakibatkan harga lebih mahal.

2.4 Perbandingan Penelitian

Adapun perbandingan antara penelitian penulis dengan penelitian relevan yang pernah dilakukan dapat disajikan pada Tabel 2.1 sebagai berikut

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu tentang Evaluasi Desain Perkerasan Sisi Udara Bandara

Aspek Pembeding	Peneliti									
	Prayoga dan Sukirman (2018)	Ramadhan (2018)	Kurniawan (2018)	Sektiaji (2019)	Lewa dkk. (2020)	Bimantoro (2021)	Paramahamsa dan Sari (2022)	Sihombing dkk. (2022)	Farhan (2023)	Zahra (2023)
Judul Penelitian	Desain Tebal Perkerasan Lentur Landas Pacu Bandara Soekarno-Hatta, Tangerang Menggunakan Metode <i>Design & Maintenance Guide 27</i> , Inggris	Analisis Struktur Perkerasan Lentur Landas Pacu menggunakan Program Bantu <i>COMFAA</i> , <i>FAARFIELD</i> , dan <i>LEDFAA</i> (Studi Kasus Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya)	Studi Desain Perencanaan Perkerasan Lentur Landas Pacu Bandar Udara Tunggul Wulung Cilacap	Perancangan Perkerasan Lentur Landas Pacu Yogyakarta <i>International Airport</i> , Kulonprogo menggunakan Metode <i>Load Classification Number (LCN)</i>	Evaluasi Perkerasan Landasan Pacu pada Bandara Pattimura dengan Membandingkan Metode <i>FAA</i> dan <i>FAARFIELD Software</i>	Perencanaan Tebal Lapis Perkerasan <i>Runway</i> , dan <i>Taxiway</i> , dan <i>Apron</i> pada <i>Yogyakarta International Airport</i>	Studi Perencanaan Perkerasan <i>Runway</i> dan <i>Taxiway</i> dengan Metode <i>Federal Aviation Administration</i>	Analisis Tebal Perkerasan <i>Runway</i> pada Bandara Internasional Oe-Cusse, Timor Leste	Perbandingan Evaluasi Tebal Lapis Perkerasan <i>Runway</i> , <i>Taxiway</i> , dan <i>Apron</i> pada Bandar Udara Halim Perdanakusuma menggunakan Metode Empiris dan Metode Mekanistik berdasarkan <i>Federal Aviation Administration (FAA)</i>	Evaluasi Desain Struktur Perkerasan Lentur Landasan Pacu (<i>Runway</i>) menggunakan Metode <i>FAA</i> dan Metode <i>LCN</i> pada Bandara Dhoho Kediri
Lokasi Penelitian	Bandar Udara Soekarno-Hatta, Tangerang	Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya	Bandar Udara Tunggul Wulung Cilacap	Bandar Udara Yogyakarta <i>International Airport (YIA)</i>	Bandar Udara Pattimura	Bandar Udara Yogyakarta <i>International Airport (YIA)</i>	Bandar Udara Mindiptana Papua	Bandar Udara Internasional Oe-Cusse, Timor Leste	Bandar Udara Halim Perdanakusuma	Bandar Udara Dhoho Kediri
Metode Desain	Metode <i>DMG 27</i>	Metode <i>FAA</i>	Metode <i>FAA</i>	Metode <i>LCN</i>	Metode <i>FAA</i>	Metode <i>FAA</i> dan metode <i>ICAO</i>	Metode <i>FAA</i>	Metode <i>FAA</i>	Metode <i>FAA</i>	Metode <i>FAA</i> dan metode <i>LCN</i>

Sumber: Prayoga dan Sukirman (2018), Ramadhan (2018), Kurniawan (2018), Sektiaji (2019), Lewa dkk. (2020), Bimantoro (2021), Paramahamsa dan Sari (2022), Sihombing dkk. (2022), Farhan (2023)

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu tentang Evaluasi Desain Perkerasan Sisi Udara Bandara

Aspek Pemandangan	Peneliti									
	Prayoga dan Sukirman (2018)	Ramadhan (2018)	Kurniawan (2018)	Sektiaji (2019)	Lewa dkk. (2020)	Bimantoro (2021)	Paramahamsa dan Sari (2022)	Sihombing dkk. (2022)	Farhan (2023)	Zahra (2023)
Objek Desain	<i>Runway</i>	<i>Runway</i>	<i>Runway, taxiway, dan apron</i>	<i>Runway</i>	<i>Runway</i>	<i>Runway, taxiway, dan apron</i>	<i>Runway, taxiway</i>	<i>Runway</i>	<i>Runway, taxiway, dan apron</i>	<i>Runway</i>
Pendekatan	Metode <i>DMG 27</i> cara manual	Metode <i>FAA</i> dengan <i>software FAARFIELD, COMFAA, dan LEDFAA</i>	Metode <i>FAA</i> cara manual	Metode <i>LCN</i> cara manual	Metode <i>FAA</i> cara manual dan <i>software FAARFIELD</i>	Metode <i>FAA</i> dengan <i>software FAARFIELD</i>	Metode <i>FAA</i> dengan <i>software FAARFIELD</i>	Metode <i>FAA</i> cara manual dan <i>software FAARFIELD</i>	Metode <i>FAA</i> cara manual dan <i>software FAARFIELD</i>	Metode <i>FAA</i> cara manual dan <i>software FAARFIELD</i>
Hasil	Hasil perencanaan perkerasan dengan metode <i>DMG 27</i> didapat tebal perkerasan untuk ketiga alternatif berdasarkan asumsi jenis penerbangan menghasilkan tebal yang sama. Hal ini disebabkan karena ketiga alternatif memiliki	Urutan <i>software</i> dalam konsistensi untuk menghasilkan nilai tebal <i>overlay</i> yang hampir sesuai dengan tebal <i>overlay</i> PT Angkasa Pura 1 yaitu urutan pertama	Perencanaan kebutuhan 20 tahun mendatang kondisi eksisting sudah tidak memenuhi syarat karena pesawat rencana yang memiliki berat yang lebih besar	Perancangan perkerasan lentur menggunakan metode <i>LCN</i> dengan pesawat rencana B777-300ER dihasilkan total tebal 1.520 mm yang mana lebih tebal	Tebal perkerasan perlu ditambah dari data eksisting <i>runway</i> pada bandara sebesar 4 inci untuk Metode <i>FAA</i> cara grafis dan 2 inci untuk <i>software FAARFIELD</i>	Metode <i>FAA</i> dengan <i>software FAARFIELD</i> lebih memiliki keunggulan dalam kemudahan perhitungan desain dibandingkan metode <i>ICAO</i> . Hasil desain yang didapat	Perhitungan tebal perkerasan menggunakan metode <i>FAA</i> dengan <i>software FAARFIELD</i> dihasilkan tebal perkerasan pada <i>runway</i> yaitu 60,93 cm sedangkan untuk <i>taxiway</i> sebesar 35,5 cm dengan jenis pesawat	Selisih antara perhitungan <i>software FAARFIELD</i> dengan cara manual adalah 10%, sehingga hasil perhitungan cara manual lebih tebal dibanding <i>software FAARFIELD</i> .	Kedua metode memiliki hasil yang berbeda dimana metode empiris lebih tebal dari metode mekanistik. Adapun faktor - faktor yang mempengaruhi perbedaan hasil yaitu parameter <i>input</i> dan cara perhitungan yang berbeda yaitu	

Sumber: Prayoga dan Sukirman (2018), Ramadhan (2018), Kurniawan (2018), Sektiaji (2019), Lewa dkk. (2020), Bimantoro (2021), Paramahamsa dan Sari (2022), Sihombing dkk. (2022), Farhan (2023)

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu tentang Evaluasi Desain Perkerasan Sisi Udara Bandara

Aspek Pembeding	Peneliti									
	Prayoga dan Sukirman (2018)	Ramadhan (2018)	Kurniawan (2018)	Sektiaji (2019)	Lewa dkk. (2020)	Bimantoro (2021)	Paramahamsa dan Sari (2022)	Sihombing dkk. (2022)	Farhan (2023)	Zahra (2023)
Hasil	parameter nilai <i>CBR</i> , nilai <i>ACN</i> rencana, jenis konfigurasi roda pesawat rencana, dan frekuensi penerbangan yang sama.	adalah <i>COMFAA</i> sebesar 87%, kedua <i>FAARFIELD</i> sebesar 86%, dan ketiga <i>LEDFAA</i> sebesar 49%.	dari sebelumnya sehingga perkerasan harus memiliki daya dukung yang lebih.	dibandingkan dengan tebal perkerasan di lapangan. Tetapi perkerasan dengan metode <i>LCN</i> membutuhkan biaya yang lebih murah.	agar perkerasan mampu memenuhi kebutuhan pergerakan pesawat sesuai umur rencana 20 tahun.	juga berbeda dengan tebal eksisting yang didesain menggunakan software <i>COMFAA</i> .	Cessna Grand Caravan.		dengan menggunakan program komputer <i>FAARFIELD</i> dan perhitungan manual dengan menggunakan grafik.	

Sumber: Prayoga dan Sukirman (2018), Ramadhan (2018), Kurniawan (2018), Sektiaji (2019), Lewa dkk. (2020), Bimantoro (2021), Paramahamsa dan Sari (2022), Sihombing dkk. (2022), Farhan (2023)

2.5 Persamaan dan Perbedaan Penelitian

Penelitian relevan terdahulu memiliki beberapa persamaan dan perbedaan dengan penelitian yang dilakukan penulis. Penelitian mengenai perencanaan desain perkerasan pada suatu bandar udara memiliki persamaan yang mendasar dengan penelitian terdahulu yaitu pada metode desain yang digunakan. Akan tetapi terdapat beberapa perbedaan yaitu pada lokasi penelitian, objek penelitian, pesawat rencana, dan pendekatan desain baik secara manual maupun dengan bantuan *software*. Lewa (2020) Sihombing (2022) melakukan perencanaan perkerasan *runway* menggunakan metode *FAA* cara manual dan *software FAARFIELD*. Paramahamsa dan Sari (2022) dalam studi perencanaan *runway* dan *taxiway* juga menggunakan metode *FAA* dengan *software FAARFIELD*. Sementara itu Kurniawan (2018) dalam studi penelitiannya hanya mendesain perkerasan pada *runway*, *taxiway*, dan *apron* dengan cara manual saja.

Ramadhan (2018) melakukan analisis desain pada *runway* menggunakan metode *FAA* dengan tiga *software* yang berbeda yaitu *FAARFIELD*, *COMFAA*, dan *LEDFAA*. Dalam perencanaan perkerasan *runway*, *taxiway*, dan *apron*, Bimantoro (2021) menggunakan metode *ICAO* dan metode *FAA* dengan *software FAARFIELD*. Sementara Farhan (2023) melakukan perbandingan desain *runway*, *taxiway*, dan *apron* menggunakan metode empiris dan mekanistik berdasarkan *FAA*. Selain itu Prayoga dan Sukirman (2018) mendesain perkerasan landas pacu menggunakan metode *Design & Maintenance Guide 27* dengan membuat tiga alternatif repetisi beban berdasar jenis penerbangan. Sektiaji (2019) juga dalam perancangan perkerasan landas pacu menggunakan metode *LCN* berdasarkan manual *DMG 27*. Metode desain yang digunakan oleh Prayoga dan Sukirman (2018), Sektiaji (2019), dan Farhan (2023) sama seperti metode desain yang digunakan oleh penulis. Namun yang membedakan adalah lokasi penelitian dan pada penelitian ini penulis melakukan analisis perhitungan dua alternatif penentuan pesawat rencana pada metode *FAA* cara manual tiga alternatif desain pada *software FAARFIELD* yang kemudian dilakukan perbandingan hasil redesain perkerasan *runway* antara metode *FAA* dengan dua pendekatan yaitu cara manual dan *software FAARFIELD*, serta metode *LCN*.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Bandar Udara

Berdasarkan Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2009 tentang Penerbangan, Bandar Udara adalah kawasan di daratan dan atau perairan dengan batas-batas tertentu yang digunakan sebagai tempat pesawat udara mendarat dan lepas landas, naik turun penumpang, bongkar muat barang, dan tempat perpindahan intra dan antarmoda transportasi yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan dan keamanan penerbangan, serta fasilitas pokok dan fasilitas penunjang lainnya. Sebagai penunjang seluruh kegiatan yang berlangsung dalam lapangan terbang, maka suatu bandar udara paling sederhana minimal memiliki sebuah landasan pacu atau helipad (untuk pendaratan helikopter), sedangkan untuk bandara-bandara besar biasanya dilengkapi berbagai fasilitas lain baik untuk operator layanan penerbangan maupun bagi penggunaannya seperti bangunan terminal dan hanggar.

Adapun klasifikasi bandar udara menurut pelayanannya sesuai dengan rute penerbangan yang tercantum dalam Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2009 yaitu sebagai berikut.

1. Bandar Udara Domestik

Bandar udara domestik adalah bandar udara yang digunakan untuk melayani kepentingan umum (Pasal 1 angka 36). Bandar udara domestik tidak memiliki fasilitas bea cukai dan imigrasi, serta tidak dapat melayani penerbangan menuju atau dari bandara luar negeri sehingga lalu lintasnya hanya dalam lingkup regional.

2. Bandar Udara Internasional

Bandar udara internasional adalah bandar udara yang ditetapkan sebagai bandar udara yang melayani rute penerbangan dalam negeri dan rute penerbangan dari dan ke luar negeri (Pasal 1 angka 37). Bandara jenis ini dilengkapi dengan fasilitas bea cukai dan imigrasi, serta memiliki landasan yang lebih panjang.

Menurut ICAO (*International Civil Aviation Organization*) dalam Annex 14 (2004), bandar udara adalah area tertentu di daratan atau perairan (termasuk bangunan, instalasi dan peralatan pengoperasian bandar udara) yang diperuntukkan baik secara keseluruhan atau sebagian untuk kedatangan, keberangkatan, dan pergerakan pesawat.

3.1.1 Sisi Udara Bandara

Bandara berdasarkan fasilitasnya dapat diklasifikasikan menjadi dua bagian yaitu sisi udara (*air side*) dan sisi darat (*land side*). Menurut Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 77 Tahun 2015, sisi udara adalah bagian dari bandar udara dan segala fasilitas penunjangnya yang merupakan daerah bukan publik dimana setiap orang, barang, dan kendaraan yang akan memasukinya wajib melalui pemeriksaan keamanan dan atau memiliki izin khusus. Sisi udara merupakan bagian bandara yang berhubungan langsung dengan kegiatan lepas landas (*take off*) maupun pendaratan (*landing*) sehingga menjadi bagian vital dalam operasional bandara. Beberapa bagian dari sisi udara bandara adalah sebagai berikut.

1. Landasan pacu (*runway*) adalah bagian dari fasilitas utama pada lapangan terbang yang digunakan untuk pendaratan dan lepas landas pada pesawat.
2. Landasan hubung (*taxiway*) merupakan jalur pada lapangan terbang yang berfungsi sebagai jalur keluar masuk pesawat terbang dari *runway* ke *apron* dan sebaliknya atau dari *runway* ke hanggar, dan merupakan bagian yang menghubungkan antara *runway* dan *apron*.
3. Area parkir (*apron*) adalah fasilitas sisi udara yang disediakan sebagai tempat pesawat untuk parkir, menaikkan dan menurunkan penumpang, pengisian bahan bakar, muatan pos dan kargo, serta perawatan pada pesawat.
4. ATC (*Air Traffic Controller*)

Air Traffic Controller merupakan bangunan berupa menara pengawas lalu lintas udara yang dilengkapi radio *control* dan radar. Berfungsi untuk memandu, mengukur, dan mengawasi lalu lintas pesawat terbang yang akan lepas landas maupun mendarat. Dalam melaksanakan pemanduan lalu lintas, petugas ATC

berperan untuk memberikan informasi penting kepada pilot terkait penerbangan seperti informasi cuaca, rute penerbangan, serta memberikan solusi dalam keadaan darurat agar terciptanya keamanan dan keselamatan dalam penerbangan.

5. Hanggar

Hanggar ialah suatu bangunan tertutup yang digunakan untuk menyimpan pesawat terbang agar terlindung dari paparan langsung sinar matahari dan perubahan cuaca. Selain itu, hanggar juga dapat digunakan untuk merawat dan memperbaiki pesawat.

3.1.2 Sisi Darat Bandara

Menurut Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 77 Tahun 2015, Sisi darat adalah bagian bandar udara yang tidak langsung berhubungan dengan kegiatan operasi penerbangan. Sisi darat merupakan fasilitas yang dirancang dan dikelola untuk mengakomodasi pergerakan kendaraan darat, penumpang, dan angkutan kargo sebagai akses jalan masuk dan keluar pada kawasan bandara. Berikut adalah bagian-bagian sisi darat (*land side*) pada bandara.

1. Terminal bandar udara merupakan bangunan pembatas antara sisi darat dan sisi udara yang berfungsi sebagai penghubung utama antara sistem transportasi darat dan sistem transportasi udara yang menampung kegiatan operasional seperti pusat pelayanan penumpang dari mulai keberangkatan hingga kedatangan.
2. Area parkir kendaraan merupakan fasilitas bagi para penumpang, pengantar atau penjemput, dan petugas bandara untuk dapat memarkirkan kendaraannya.
3. Curb atau dengan kata lain trotoar adalah area tempat penumpang naik turun dari kendaraan untuk menuju atau meninggalkan terminal bandara.

3.2 Karakteristik Pesawat Terbang

Dalam perencanaan bandar udara baik dari sisi darat maupun sisi udara, aspek yang perlu diperhatikan adalah karakteristik dari pesawat terbang. Hal ini dikarenakan karakteristik pada pesawat terbang merupakan faktor-faktor yang akan

mempengaruhi desain bandar udara. Adapun karakteristik pesawat terbang yaitu sebagai berikut.

3.2.1 Berdasarkan Komponen Beban

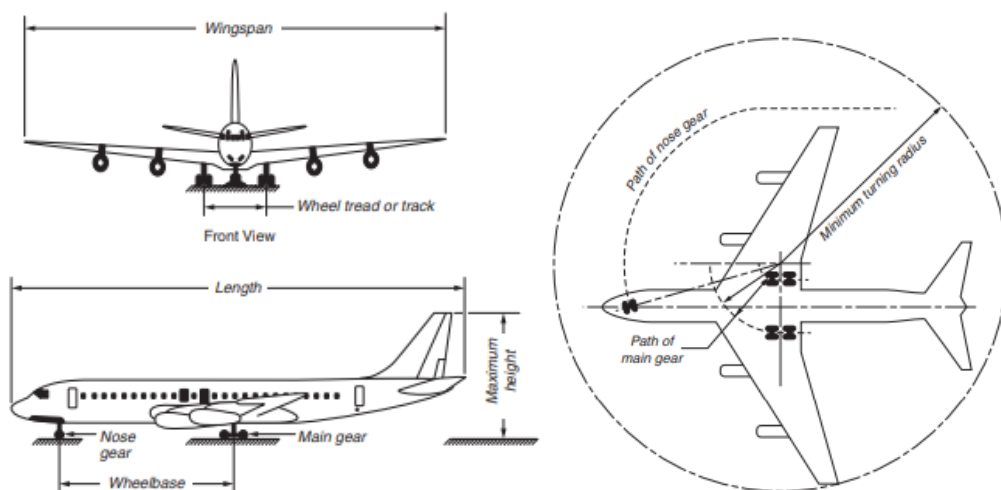
Berat dan komponen-komponen berat pada pesawat terbang merupakan salah satu parameter *input* desain yang berperan untuk menentukan ketebalan dan kekuatan perkerasan. Menurut Basuki (1986), terdapat beberapa tipe beban pesawat yang berhubungan dengan pengoperasian pesawat adalah sebagai berikut.

1. Berat Operasi Kosong (*Operating Weight Empty*) adalah berat dasar pesawat termasuk awak pesawat dan peralatan pesawat, tetapi tidak termasuk muatan (*payload*) dan bahan bakar.
2. Muatan (*Pay Load*) adalah produksi berat (barang atau penumpang) yang diperhitungkan (membayar). Beban tersebut termasuk penumpang, barang, paket-paket, surat-surat, dan bagasi. *Maximum structural pay load* adalah muatan maksimum yang diizinkan diangkut untuk tipe pesawat tertentu ditetapkan oleh Direktorat Jenderal Perhubungan Udara (DJPU).
3. Berat Bahan Bakar Kosong (*Zero Fuel Weight*) adalah batasan berat yang sesuai dengan spesifikasi pada setiap jenis pesawat, yang mana tambahan berat harus berupa bahan bakar. Berat ini dibatasi agar tidak terjadi momen lentur yang berlebihan pada sambungan sayap dan badan pesawat ketika pesawat sedang terbang karena bahan bakar diletakkan pada sayap pesawat.
4. Berat Tegangan Maksimum (*Maximum Ramp Weight*) adalah berat maksimum pesawat yang diizinkan saat pesawat melakukan gerakan dari *apron* ke ujung *runway*.
5. Berat Pendaratan Maksimum (*Maximum Landing Weight*) adalah berat maksimum yang diperbolehkan saat pesawat melakukan pendaratan. Berat maksimum untuk pendaratan berbeda dengan berat maksimum pada saat pesawat lepas landas, karena sangat jarang terjadi pesawat mendarat dengan berat *MTOW* (*Maximum Take Off Weight*). Jika terjadi pada pesawat yang akan lepas landas, pilot harus terbang berputar untuk membakar bahan bakar sampai berat tidak melebihi *maximum landing weight*.

6. Berat Lepas Landas Maksimum (*Maximum Take Off Weight*) adalah berat maksimum pesawat termasuk berat pesawat kosong, bahan bakar, *pay load* yang diizinkan, dan awak pesawat.

3.2.2 Berdasarkan Dimensi

Dimensi pesawat yang perlu diperhitungkan adalah lebar sayap pesawat (*wingspan*) dan panjang pesawat (*fuselage length*). Horonjeff (1975) menyatakan bahwa bentang sayap pesawat dan panjang badan pesawat akan menentukan ukuran *apron* sehingga dapat mempengaruhi konfigurasi pada bangunan terminal. Ukuran pesawat dapat menentukan lebar pada *runway* dan *taxiway*, serta jarak antara keduanya. Berikut merupakan gambar dimensi pada pesawat terbang yang ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Dimensi Pesawat Terbang

(Sumber: Horonjeff dkk, 2010)

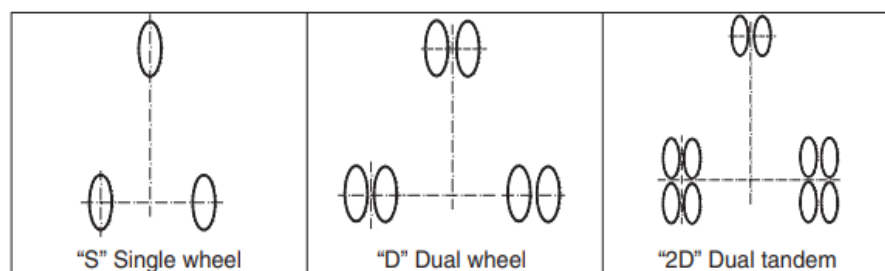
Adapun penjelasan dari dimensi standar pada pesawat terbang dapat diuraikan sebagai berikut.

1. Panjang (*length*) sebuah pesawat didefinisikan sebagai jarak dari ujung depan badan pesawat atau badan utama sampai ke ujung belakang ekor pesawat. Panjang pesawat digunakan untuk menentukan panjang area parkir pesawat dan hanggar.

2. Bentang sayap (*wingspan*) adalah jarak dari ujung sayap ke ujung sayap lainnya pada sayap utama pesawat. Bentang sayap pesawat digunakan untuk menentukan lebar area parkir pesawat, jarak antar *gate*, serta menentukan lebar dan pemisahan antara *runway* dan *taxiway*.
3. Tinggi maksimum (*maximum height*) yaitu jarak dari lantai dasar sampai puncak pada bagian ekor pesawat.
4. *Wheelbase* adalah jarak antara as roda pendaratan utama (*main landing gear*) pesawat dengan as roda depan (*nose gear*).
5. *Wheel track* merupakan jarak antara as roda terluar dari *main landing gear* pesawat. *Wheel base* dan *wheel track* digunakan untuk menentukan *turning radius* minimum yang berperan dalam desain belokan pada *taxiway*, desain persilangan *taxiway*, dan area lainnya di sebuah lapangan terbang untuk kebutuhan pesawat dalam berbelok.
6. *Turning radius* merupakan sudut kemudi pada roda depan (*nose gear*). Semakin besar sudut putar di roda kemudi, maka semakin kecil radius putar pesawat yang terjadi.

3.2.3 Berdasarkan Konfigurasi Roda

Konfigurasi roda pendaratan dirancang untuk menunjukkan bagaimana reaksi perkerasan terhadap beban yang diterimanya. Konfigurasi roda pendaratan digunakan untuk menentukan ketebalan perkerasan akibat distribusi beban yang ditimbulkan saat melakukan pendaratan berdasarkan beban yang lebih kecil dari beban lepas landas maksimum pesawat. Berikut merupakan beberapa macam konfigurasi roda pendaratan pesawat seperti pada Gambar 3.2.



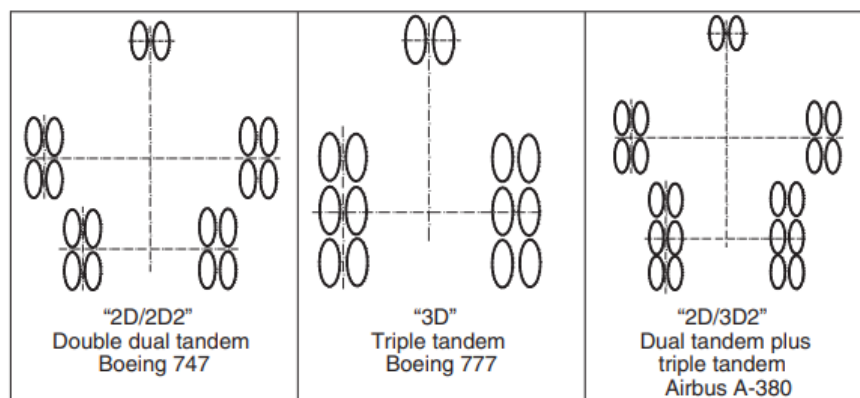
Gambar 3.2 Konfigurasi Roda Pendaratan

(Sumber: Horonjeff dkk, 2010)

Adapun penjelasan dari masing-masing jenis roda pendaratan adalah sebagai berikut.

1. Roda tunggal (*single wheel*) adalah roda utama yang memiliki total dua roda dengan satu roda di masing-masing penyangga pesawat.
2. Roda ganda (*dual wheel*) adalah roda utama yang memiliki total empat roda dengan dua roda di masing-masing penyangga pesawat.
3. Roda ganda tandem (*dual tandem*) adalah roda utama yang memiliki dua roda sepasang pada masing-masing penyangga pesawat.

Konfigurasi roda pendaratan pada tipe pesawat terbang yang berukuran besar memiliki konfigurasi yang lebih kompleks. Maka dari itu, dengan adanya kompleksitas konfigurasi pendaratan mendorong *Federal Aviation Administration (FAA)* untuk mengenalkan konfigurasi roda pendaratan untuk tipe pesawat tertentu yang dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Konfigurasi Roda Pendaratan Kompleks

(Sumber: Horonjeff dkk, 2010)

3.2.4 Berdasarkan Kapasitas

Kapasitas pesawat terbang terkait daya angkut penumpang akan mempengaruhi fasilitas yang harus disediakan pada bangunan terminal maupun fasilitas pendukung di sekitar terminal seperti tempat parkir kendaraan, tempat bongkar muat barang untuk muatan kargo.

3.2.5 Berdasarkan Panjang Landasan Pacu

Panjang pada landasan pacu akan mempengaruhi sebagian besar luas lahan yang dibutuhkan untuk bandara. Panjang landasan pacu juga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan di sekitar bandar udara seperti temperatur, angin permukaan, kemiringan, elevasi, kondisi permukaan *runway*, dan rintangan sekitar.

3.3 Landasan Pacu (*Runway*)

Landasan pacu adalah bagian dari bandar udara yang termasuk ke dalam sisi udara berupa bidang berbentuk persegi panjang yang jalur perkerasannya digunakan pesawat terbang untuk lepas landas (*take off*) dan mendarat (*landing*). Menurut Horonjeff dkk. (2010), sistem landasan pacu pada bandara terdiri dari perkerasan struktural, bahu landasan, bantal hembusan, dan daerah aman landasan pacu. Berikut uraian dari sistem pada landasan pacu.

1. Perkerasan struktur pada landasan pacu dirancang agar dapat menahan beban pesawat yang beroperasi baik saat lepas landas maupun pendaratan, kemampuan manuver pesawat, pengendalian pesawat saat lepas landas dan mendarat, stabilitas, serta kriteria dimensi dan operasional lainnya.
2. Bahu landasan (*shoulder*) yang terletak berdekatan dengan pinggir perkerasan landasan pacu berfungsi untuk menahan erosi akibat air dan hembusan jet (*jet blast*) juga sebagai tempat pemeliharaan dan mengakomodasi peralatan untuk pemeliharaan dan keadaan darurat.
3. Bantal hembusan (*blast pad*) adalah suatu area yang dirancang untuk mencegah erosi pada permukaan yang berdekatan dengan ujung landasan pacu akibat hembusan jet yang berulang. Area ini bisa menggunakan perkerasan atau ditanami rumput.
4. Daerah aman landasan pacu adalah area di sekitar landasan pacu yang termasuk di dalamnya yaitu perkerasan struktur, bahu landasan, area bebas halangan, dan drainase agar tidak ada genangan air di sekitar landasan pacu. Berfungsi untuk mengurangi risiko jika terjadi keadaan darurat seperti pesawat mendarat sebelum landasan (*undershoot*), mendarat melebihi jarak maksimal pendaratan di landasan (*overshoot*), dan pesawat keluar dari landasan.

3.4 Konfigurasi Landasan Pacu

Menurut Basuki (1986), terdapat macam-macam konfigurasi pada landasan pacu yaitu sebagai berikut.

1. Landasan tunggal

Landasan tunggal ini merupakan konfigurasi paling sederhana yang hanya memiliki satu landasan pacu untuk *landing* dan *take off* pesawat. Sebagian besar bandar udara di Indonesia menggunakan landasan tunggal.

2. Landasan paralel

Landasan paralel adalah landasan yang sejajar atau bersisian dimana terdapat dua atau lebih landasan pacu yang masing-masingnya terdapat pemisah atau jarak. Selain itu terdapat bentuk lain dari tipe landasan ini yaitu terdapat pergeseran pada ujung (*threshold*) landasan pacu. Hal ini dilakukan jika bentuk tanah tidak memungkinkan untuk membuat sejajar dan terbatasnya perluasan bandar udara.

3. Landasan dua jalur

Landasan dua jalur adalah landasan yang terdiri dari dua landasan yang sejajar yang dipisahkan berdekatan dengan *exit taxiway*. Meskipun kedua landasan dapat digunakan untuk operasi penerbangan campuran, tetapi pengoperasian landasan ini diatur dengan landasan yang terdekat dari terminal digunakan untuk keberangkatan dan landasan jauh untuk kedatangan pesawat.

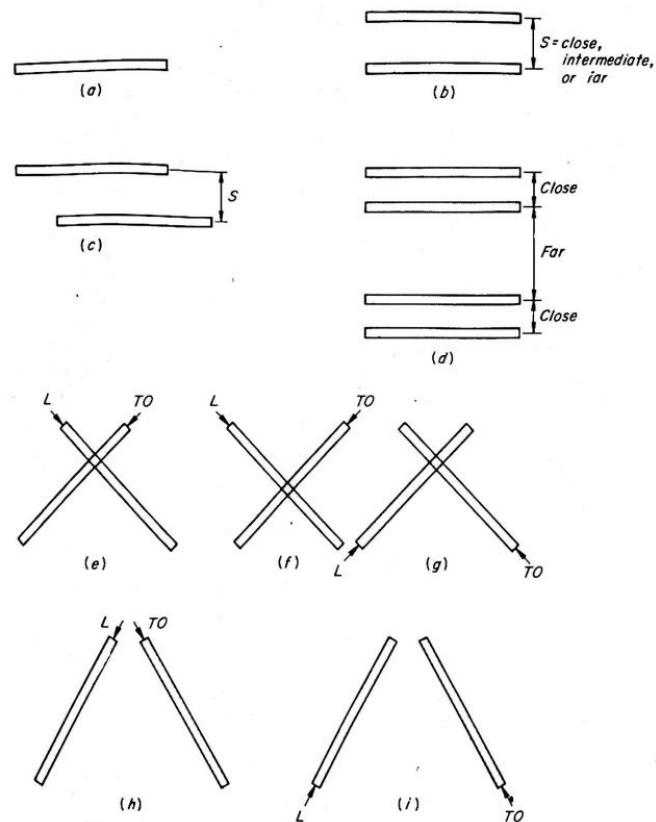
4. Landasan bersilangan

Landasan bersilangan merupakan landasan yang terdiri dari dua atau tiga landasan pacu dengan arah yang berbeda atau berpotongan satu sama lain. Landasan jenis ini didesain karena mempertimbangkan arah angin yang bertiup keras lebih dari satu arah.

5. Landasan V terbuka

Landasan V terbuka adalah jenis landasan seperti huruf V dengan arah divergen tetapi kedua landasan tidak saling berpotongan. Sama halnya seperti landasan bersilangan, landasan V terbuka dirancang karena arah angin keras dari banyak arah sehingga dibuat landasan dengan dua arah.

Dari jenis-jenis konfigurasi landasan pacu yang sudah dijelaskan, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Konfigurasi Landasan Pacu

(Sumber: Horonjeff, 1975)

Keterangan:

L = *Landing* = Mendarat

TO = *Take Off* = Lepas Landas

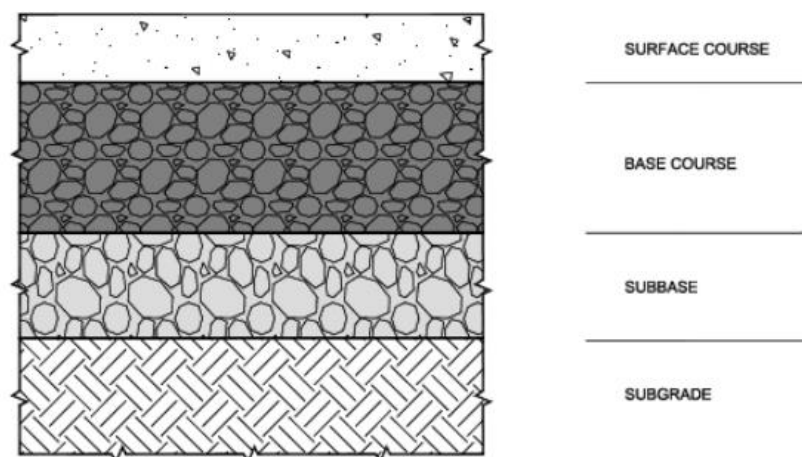
- a. Landasan tunggal
- b. Landasan paralel *threshold* segaris
- c. Landasan paralel *threshold* digeser
- d. Landasan empat sejajar
- e. Landasan bersilangan
- f. Landasan bersilangan
- g. Landasan bersilangan
- h. Landasan V terbuka

i. Landasan V terbuka

3.5 Struktur Perkerasan Lentur Landasan Pacu

Suatu landasan pacu akan dilewati oleh pergerakan roda pesawat yang bebannya terus berulang sehingga semakin lama akan berpengaruh pada lapisan perkerasan. Menurut Basuki (1986), perkerasan adalah struktur yang terdiri dari beberapa lapisan dengan kekerasan dan daya dukung yang berbeda. Perkerasan berfungsi sebagai tumpuan rata-rata pesawat dengan permukaan yang rata sebagai jalan pesawat yang aman dalam segala cuaca selama umur rencana. Dilihat dari fungsi tersebut maka perlu diperhatikan bahwa setiap lapisan harus memiliki kekerasan dan ketebalan yang memadai sehingga perkerasan tidak mengalami *distress* (perubahan karena tidak mampu menahan beban). Dengan demikian, faktor utama yang menjadi salah satu penentu dalam perencanaan perkerasan lentur adalah tanah dasar.

Menurut Basuki (2010) perkerasan lentur adalah perkerasan yang terdiri dari campuran bahan aspal dan agregat yang dihamparkan di atas permukaan material granular mutu tinggi. Struktur perkerasan lentur terdiri dari lapis permukaan (*surface course*), lapis pondasi atas (*base course*), lapis pondasi bawah (*subbase course*), dan lapis tanah dasar (*subgrade*). Secara garis besar struktur perkerasan lentur dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Tipe Struktur Perkerasan Lentur

(Sumber: *FAA Advisory Circular 150/5320-6F*, 2016)

Berikut merupakan uraian lapisan pada struktur perkerasan lentur yaitu sebagai berikut.

1. Lapisan permukaan (*surface course*)

Lapisan permukaan adalah lapisan yang terletak paling atas terdiri dari campuran material aspal dan agregat dengan ketebalan mulai dari 2-12 inci. Lapisan permukaan berfungsi untuk menerima beban secara langsung dari pesawat dan mendistribusikan ke lapisan di bawahnya, mencegah lapisan pondasi dari pengaruh lingkungan seperti rembesan air permukaan, serta memberikan permukaan yang rata untuk kebutuhan lalu lintas pesawat.

2. Lapisan pondasi atas (*base course*)

Lapisan pondasi atas adalah bagian struktur utama pada perkerasan lentur yang terletak di bawah lapisan permukaan terdiri dari material campuran semen dan aspal. Fungsi dari lapisan permukaan adalah sebagai lapisan yang menerima distribusi beban lalu lintas dari lapisan permukaan di atasnya dan meneruskan beban ke lapisan di bawahnya, serta sebagai perletakkan terhadap lapisan permukaan.

3. Lapisan pondasi bawah (*subbase course*)

Lapisan pondasi bawah adalah lapisan yang berada diantara lapisan pondasi atas dan lapisan tanah dasar. Fungsi dari lapisan pondasi bawah adalah sama dengan fungsi pada *base course* yaitu menerima beban dari lapisan pondasi atas dan meneruskan ke tanah dasar. Pada lapisan ini, penggunaan banyaknya jumlah lapisan *subbase* yang diperlukan bergantung pada jenis beban yang bekerja pada perkerasan, jenis dan kualitas tanah, atau tanah dasar dimana perkerasan akan bertumpu.

4. Lapisan tanah dasar (*subgrade*)

Lapisan ini adalah lapisan tanah baik berupa tanah asli yang dipadatkan atau tanah galian atau tanah timbunan yang dipadatkan. Berfungsi sebagai tempat perletakkan dari lapisan-lapisan perkerasan di atasnya. Lapis *subgrade* akan menentukan kualitas kekuatan dan daya tahan struktur pada landasan pacu.

3.6 Umur Rencana

Umur rencana merupakan aspek penting dalam rekayasa penerbangan terutama ketika berbicara tentang perkerasan bandara. Umur rencana adalah salah satu parameter *input* desain yang berfungsi menunjukkan jangka waktu untuk perencanaan tebal perkerasan. *Federal Aviation Administration* (2021) menetapkan suatu standar umur rencana minimal 20 tahun untuk desain perkerasan baru.

3.7 Metode Perancangan Perkerasan Lentur Landasan Pacu

Dalam merencanakan suatu bandar udara, ditetapkan pedoman perancangan yang telah disusun oleh dua badan penerbangan internasional yaitu *Federal Aviation Administration (FAA)* dan *International Civil Aviation (ICAO)* yang telah mengeluarkan syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh suatu bandar udara untuk menyeragamkan perencanaan fasilitas bandara. Dalam analisis perhitungan desain perkerasan pada landasan di suatu bandar udara dapat didasarkan pada metode empiris dan metode mekanistik.

3.7.1 Metode Empiris

Metode empiris adalah suatu pendekatan berdasarkan pengalaman, pengamatan langsung, dan data empiris yang dikumpulkan dari situasi sebelumnya. Menurut Sugiyono (2013) metode empiris ialah metode yang dilakukan dengan menggunakan indera. Metode empiris sering digunakan dalam perencanaan tebal suatu perkerasan yang didasarkan pada pembebanan lalu lintas yang bekerja dengan mengonversi ke pesawat rencana yang didasarkan pada nilai daya dukung tanah dasar. Nilai *CBR* tanah dasar digunakan sebagai dasar perhitungan tebal lapis perkerasan baik pada lapis pondasi bawah (*subbase course*), lapis pondasi atas (*base course*), dan lapis permukaan (*surface course*). Dalam perencanaan tebal perkerasan bandar udara dengan metode empiris mendasarkan pada hubungan jenis pesawat rencana dengan *CBR* tanah dasar. Hubungan tersebut disederhanakan ke dalam bentuk grafik, baik pada *FAA* dan *ICAO* masih memberlakukan metode empiris dalam perhitungannya.

3.7.2 Metode Mekanistik

Metode mekanistik adalah metode yang didasarkan pada kaidah teoritis yang dijadikan panduan dalam prosesnya. Metode mekanistik mengasumsikan perkerasan sebagai suatu struktur sistem berlapis atau *multi layer (elastic) system*. Akibat adanya beban roda yang bekerja di atasnya, dalam hal ini dianggap sebagai beban statis merata. Maka akan timbul tegangan, regangan, dan lendutan yang merupakan respon dari suatu perkerasan. Menurut Huang (2004) terdapat beberapa karakteristik material yaitu *viscoelastic layer* dan *linear elastic layer*. *Viscoelastic layer* adalah perilaku aspal yang dipengaruhi oleh temperatur dan waktu pembebanan, sedangkan *linear elastic layer* dapat menghitung tegangan, regangan, dan defleksi pada struktur perkerasan yang disebabkan oleh beban yang bekerja. Metode mekanistik dalam desain perkerasan bandar udara mendasarkan perhitungan pada pergerakan pesawat terbang yang beroperasi baik pesawat besar maupun pesawat kecil. Umumnya metode dilakukan dengan bantuan program komputer.

3.8 Material dalam Desain Perkerasan

Adapun bahan-bahan yang digunakan untuk desain tebal perkerasan lentur berdasarkan AC 150/5370-10H *Standard Specifications for Construction of Airports* (2018) adalah sebagai berikut.

1. *Surface*

Lapisan ini merupakan lapisan yang bersentuhan langsung dengan beban yang bekerja pada suatu perkerasan. Material pada *software FAARFIELD* yang digunakan adalah item P-401 *HMA (Hot Mix Asphalt)* untuk perkerasan lentur dan item P-501 *PCC (Portland Cement Concrete Pavement)* untuk perkerasan kaku. Item P-401 adalah material yang terdiri dari agregat dan aspal yang dicampur pada *Asphalt Mix Plant (AMP)*. Gradasi item P-401 dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Gradasi Item P-401

Ukuran Saringan	Persentase Berat Lolos Saringan		
	Gradasi 1	Gradasi 2	Gradasi 3
1 inci (25 mm)	100	-	-
¾ inci (19 mm)	90-100	100	-
½ inci (12,5 mm)	68-88	90-100	100
⅜ inci (9,5 mm)	60-82	72-88	90-100
No. 4 (4,75 mm)	45-67	53-73	58-78
No. 8 (2,36 mm)	32-54	38-60	40-60
No. 16 (1,18 mm)	22-44	26-48	28-48
No. 30 (600 µm)	15-35	18-38	18-38
No. 50 (300 µm)	9-25	11-27	11-27
No. 100 (150 µm)	6-18	6-18	6-18
No. 200 (75 µm)	3-6	3-6	3-6
Rekomendasi Ketebalan Minimal	3 inci	2 inci	1 ½ inci

Sumber: *FAA Advisory Circular 150/5370-10H* (2018)

2. Base

Material yang digunakan pada lapisan *base* dalam perkerasam lentur adalah sebagai berikut.

- a. Item P-208 *Agregate Base Course*, adalah bahan dasar agregat yang terdiri dari agregat halus dan kasar. Material ini diletakkan di atas lapisan *subbase* dan digunakan ketika beban pesawat yang beroperasi < 60.000 lbs. Berikut merupakan gradasi dari item P-208 yang terdapat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Gradasi Item P-208

Ukuran Saringan	Persentase Berat Lolos Saringan		
	Gradasi 1	Gradasi 2	Gradasi 3
2 inci (50 mm)	100	-	-
1½ inci (37,5 mm)	70-100	100	-
1 inci (25 mm)	55-85	70-100	100
¾ inci (19 mm)	50-80	55-85	70-100
No. 4 (4,75 mm)	30-60	30-60	35-65
No. 40 (425 µm) ¹	10-30	10-30	10-25
No. 200 (75 µm) ¹	5-15	5-15	5-15

Sumber: *FAA Advisory Circular 150/5370-10H* (2018)

- b. Item P-209 *Crushed Aggregate Base Course*, adalah material berupa agregat batu pecah. Material ini digunakan ketika item P-208 tidak bisa digunakan. Adapun gradasi item P-209 dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.3 Gradasi Item P-209

Ukuran Saringan	Persentase Berat Lolos Saringan
2 inci (50 mm)	100
1½ inci (37,5 mm)	95-100
1 inci (25 mm)	70-95
¾ inci (19 mm)	55-85
No. 4 (4,75 µm)	30-60
No. 40 ² (425 µm)	10-30
No. 200 ² (75 µm)	0-10

Sumber: *FAA Advisory Circular 150/5370-10H* (2018)

- c. Item P-211 *Lime Rock Base Course*, adalah material batu kapur yang harus terdiri dari batu gamping berfosil. Material ini tidak boleh mengandung pecahan kasar yang akan menyebabkan permukaan kasar dan berongga. Gradasi dari item P-211 dapat dilihat pada Tabel 3.4 berikut.

Tabel 3.4 Gradasi Item P-211

Ukuran Saringan	Persentase Berat Lolos Saringan
3½ inci (87,5 mm)	100
¾ inci (19 mm)	50-100

Sumber: *FAA Advisory Circular 150/5370-10H* (2018)

- d. Item P-219 *Recycle Concrete Aggregate Base Course*, adalah agregat beton daur ulang yang terdiri dari beton semen. Beton daur ulang harus bebas dari baja tulangan dan bahan pemuaian. Berikut merupakan gradasi item P-219 yang dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Gradasi Item P-219

Ukuran Saringan	Persentase Berat Lolos Saringan
2 inci (50 mm)	100
1½ inci (37,5 mm)	95-100
1 inci (25 mm)	70-95
¾ inci (19 mm)	55-85
No. 4 (4,75 µm)	30-60
No. 30 (600 µm)	12-30
No. 200 (75 µm) ¹	0-10

Sumber: *FAA Advisory Circular 150/5370-10H* (2018)

- e. Item P-304 *Cement Treated Base Course*, adalah material yang terdiri dari agregat alam dan semen yang dicampur secara merata dengan air. Material ini dapat digunakan sebagai lapisan stabilitas tetapi rentan terhadap retakan. Adapun gradasi item P-304 dapat dilihat pada Tabel 3.6

Tabel 3.6 Gradasi Item P-304

Ukuran Saringan	Persentase Berat Lolos Saringan
2 inci (50 mm)	100
1 inci (25 mm)	90-100
No. 4 (4,75 µm)	45-95
No. 10 (2 mm)	37-80
No. 40 (425 µm)	15-50
No. 200 (75 µm) ¹	0-15

Sumber: *FAA Advisory Circular 150/5370-10H* (2018)

3. *Subbase*

Material yang digunakan pada lapisan *subbase* adalah item P-154 *Subbase Course*. Item P-154 *Subbase Course* adalah material yang terbuat dari agregat yang keras dan tahan lama. Gradasi dari item P-211 dapat dilihat pada Tabel 3.7 berikut.

Tabel 3.7 Gradasi Item P-154

Ukuran Saringan	Persentase Berat Lolos Saringan
2 inci (50 mm)	100
1 inci (25 mm)	-
¾ inci (19 mm)	70-100
No. 10 (2 mm)	20-100
No. 40 (425 µm)	5-60
No. 200 (75 µm)	0-15

Sumber: *FAA Advisory Circular 150/5370-10H* (2018)

Berdasarkan dokumen *Aerodrome Design Manual* (1983), material *subbase* dan *base course* terkadang memerlukan stabilisasi untuk mendapatkan lapisan yang lebih baik. Ketebalan yang dihasilkan pada metode empiris berdasarkan AC 150/5320-6D dikonversi dengan rentang faktor ekuivalensi yang disajikan pada Tabel 3.8 sampai Tabel 3.9.

Tabel 3.8 Faktor Ekuivalen untuk Lapisan *Subbase*

Material	Faktor Ekuivalensi
<i>Bituminous Surface Course</i>	1,7 – 2,3
<i>Bituminous Base Course</i>	1,7 – 2,3
<i>Cold Laid Bituminous Base Course</i>	1,5 – 1,7
<i>Mixed In-place Base Course</i>	1,5 – 1,7
<i>Cement Treated Base Course</i>	1,6 – 2,3
<i>Soil Cement Base Course</i>	1,5 – 2,0
<i>Crushed Aggregate Base Course</i>	1,4 – 2,0
<i>Gravel Sub-base Course</i>	1,0

Sumber: *International Civil Aviation Organization* (1983)

Tabel 3.9 Faktor Ekuivalensi untuk Lapisan *Base*

Material	Faktor Ekuivalensi
<i>Bituminous Surface Course</i>	1,2 – 1,6
<i>Bituminous Base Course</i>	1,2 – 1,6
<i>Cold Laid Bituminous Base Course</i>	1,0 – 1,2
<i>Mixed In-place Base Course</i>	1,0 – 1,2
<i>Cement Treated Base Course</i>	1,2 – 1,6
<i>Soil Cement Base Course</i>	-
<i>Crushed Aggregate Base Course</i>	1,0
<i>Gravel Sub-base Course</i>	-

Sumber: *International Civil Aviation Organization* (1983)

3.9 Tebal Lapis Perkerasan Minimum pada Perkerasan Lentur

Berdasarkan dokumen AC 150/5320-6G terdapat persyaratan tebal lapis perkerasan minimum untuk perkerasan lentur. Adapun material yang digunakan dalam perkerasan lentur dapat dilihat pada Tabel 3.10 sebagai berikut.

Tabel 3.10 Tebal Lapis Minimum untuk Perkerasan Lentur

Jenis Lapisan	Bahan Spesifikasi FAA	Berat Kotor Maksimum Pesawat pada Lapisan Perkerasan, lbs (kg)		
		< 60.000 (27,215)	< 100.000 (45,360)	≥ 100.000 (45,360)
<i>Asphalt Surface</i>	P-401/P-403	3 in (75 mm)	4 in (100 mm)	4 in (100 mm)
<i>Stabilized Base</i>	P-401 atau P-403; P-304; P-306	Tidak dibutuhkan	Tidak dibutuhkan	5 in (125 mm)
<i>Crushed Aggregate Base</i>	P-209, P-211	Tidak dibutuhkan	6 in (150 mm)	6 in (150 mm)
<i>Aggregate Base</i>	P-207, P-208, P-210, P-212, P-213, P-219	3 in (75 mm)	n/a	n/a
<i>Drainable Base</i> (ketika digunakan)	P-307, P-407	Tidak dibutuhkan	6 in (150 mm) (ketika digunakan)	6 in (150 mm) (ketika digunakan)
<i>Subbase</i>	P-154	6 in (150 mm) (jika dibutuhkan)	6 in (150 mm) (jika dibutuhkan)	6 in (150 mm) (jika dibutuhkan)

Sumber: FAA Advisory Circular 150/5320-6G

3.10 Desain Tebal Perkerasan Lentur berdasarkan metode FAA

Metode FAA (*Federal Aviation Administration*) adalah metode perencanaan lapangan terbang yang dikembangkan oleh badan penerbangan federal Amerika Serikat. Metode ini adalah pengembangan perencanaan dari metode CBR. Menurut Horonjeff (2010), sebelum tahun 2008 metode standar FAA untuk desain perkerasan lentur dikenal sebagai metode CBR. Metode CBR didasarkan pada grafik perkiraan yang memperhitungkan nilai CBR tanah dasar, berat kotor pesawat, dan keberangkatan tahunan ekuivalen dari pesawat yang didesain. Metode FAA merupakan salah satu metode perhitungan yang digunakan dalam merencanakan

lapisan perkerasan landasan pacu pada bandar udara yang telah diakui oleh *ICAO* (*International Civil Aviation Organisation*) dalam *aerodrome* manualnya.

3.10.1 Metode *FAA* menggunakan cara manual

Dalam merencanakan tebal perkerasan pada landasan pacu, perhitungan dapat dilakukan dengan analisa secara manual menggunakan grafik untuk setiap lapisannya yang telah disiapkan oleh *FAA* berdasarkan dokumen *Advisory Circular* No. *AC 150/5320-6D, Airport Pavement Design and Evaluation*. Dalam menentukan tebal perkerasan, terdapat beberapa variabel yang perlu diketahui yakni sebagai berikut.

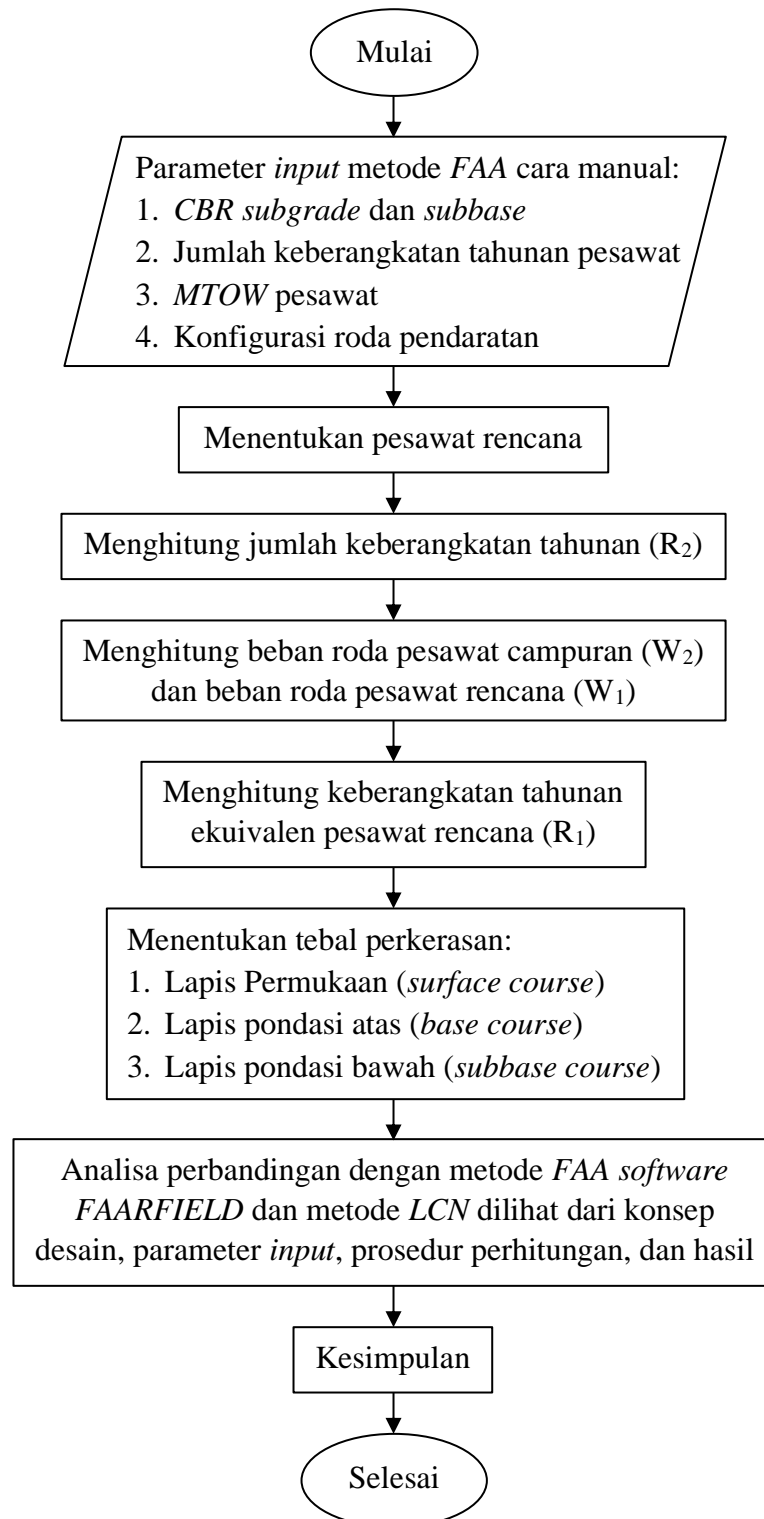
1. Nilai *CBR* pada *subgrade* dan *subbase course*
2. Berat *maximum take off* pesawat (*MTOW*)
3. Jumlah keberangkatan tahunan (*annual departure*)
4. Konfigurasi roda pendaratan tiap pesawat

Bagan alir perhitungan desain menggunakan metode *FAA* cara manual dapat dilihat pada Gambar 3.6.

Adapun langkah-langkah perhitungan desain perkerasan lentur menggunakan Metode *FAA* yaitu sebagai berikut.

1. Menentukan pesawat rencana

Pesawat rencana adalah pesawat yang digunakan untuk desain prasarana pada bandar udara baik geometri, tebal perkerasan, maupun fasilitas penunjang lainnya. Pesawat rencana ditentukan dengan menggunakan data penerbangan seperti jumlah dan jenis pesawat yang melakukan *take off* atau *landing* pada suatu bandar udara, dimensi pesawat, berat pesawat dan *ARFL* (*Aeroplane Reference Field Length*). Pada dasarnya, pesawat rencana ditetapkan sebagai pesawat yang membutuhkan tebal perkerasan yang paling besar. Akan tetapi pemilihan pesawat rencana tidak selalu pesawat yang terberat, melainkan bisa juga dipilih dari pesawat yang memiliki keberangkatan tahunan terbanyak.



Gambar 3.6 Bagan Alir Perhitungan Metode FAA cara manual

2. Menghitung jumlah keberangkatan tahunan (*annual departure*) pesawat campuran (R_2)

Dalam prakiraan lalu lintas pesawat, struktur perkerasan landasan pacu harus mampu melayani berbagai macam jenis pesawat dengan konfigurasi roda pendaratan dan berat yang berbeda-beda. Oleh karena itu, semua tipe pesawat perlu dikonversikan ke konfigurasi roda pendaratan yang sama dengan pesawat rencana. Kemudian dicari nilai R_2 dengan mengalikan hasil konversi tipe roda pesawat dengan keberangkatan tahunan pesawat. Berikut merupakan tabel faktor konversi konfigurasi roda pendaratan yang terdapat pada Tabel 3.11.

Tabel 3.11 Konversi Konfigurasi Roda 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>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 No. AC 150/5320-6D, 1995*

Adapun persamaan umum untuk konversi berdasarkan *Federal Aviation Administration* (1978) dapat dilihat pada Persamaan 3.1 sebagai berikut.

$$Y = 0,8^{(M-N)} \quad (3.1)$$

dengan:

Y = nilai konversi,

M = konfigurasi roda pendaratan yang dikonversi, dan

N = konfigurasi roda pendaratan yang akan dikonversi.

3. Menghitung beban roda pesawat campuran (W_2)

Tipe konfigurasi roda pendaratan utama sangat menentukan dalam perhitungan tebal perkerasan. Hal ini dikarenakan adanya penyaluran beban pesawat ke perkerasan melalui roda-roda pesawat. Maka untuk merencanakan kekuatan

perkerasan, dianggap bahwa 95% beban ditopang oleh roda pendaratan utama (*main gear*) sedangkan yang 5% diberikan kepada *nose gear*. Perhitungan dapat dirumuskan dalam Persamaan 3.2 sebagai berikut.

$$W_2 = MTOW \times 0,95 \times \frac{1}{n} \quad (3.2)$$

dengan:

$MTOW$ = berat maksimum pesawat saat lepas landas, dan

n = jumlah roda pendaratan utama.

4. Menghitung keberangkatan tahunan ekuivalen (*equivalent annual departure*) pesawat rencana (R_1)

Equivalent annual departure terhadap pesawat rencana dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3.3 berikut.

$$\log R_1 = \log R_2 \times \left(\frac{W_2}{W_1}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (3.3)$$

dengan:

R_1 = keberangkatan tahunan ekuivalen pesawat rencana,

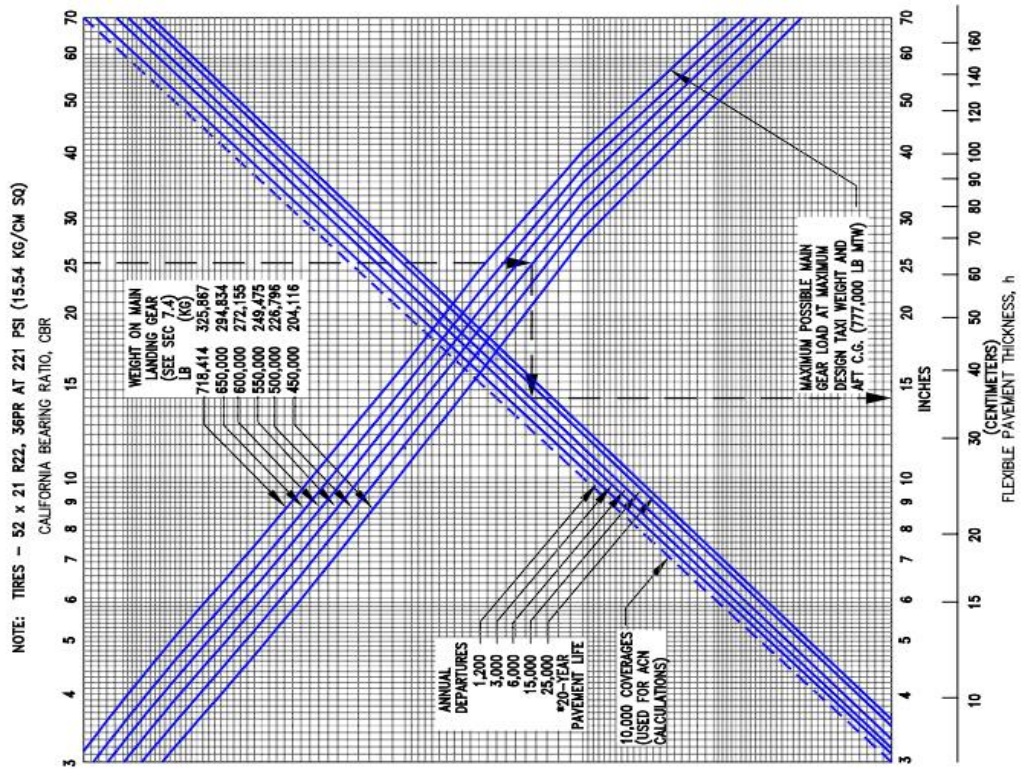
R_2 = jumlah keberangkatan tahunan oleh pesawat berkenaan dengan tipe konfigurasi roda pendaratan pesawat rencana,

W_1 = beban roda pesawat rencana, dan

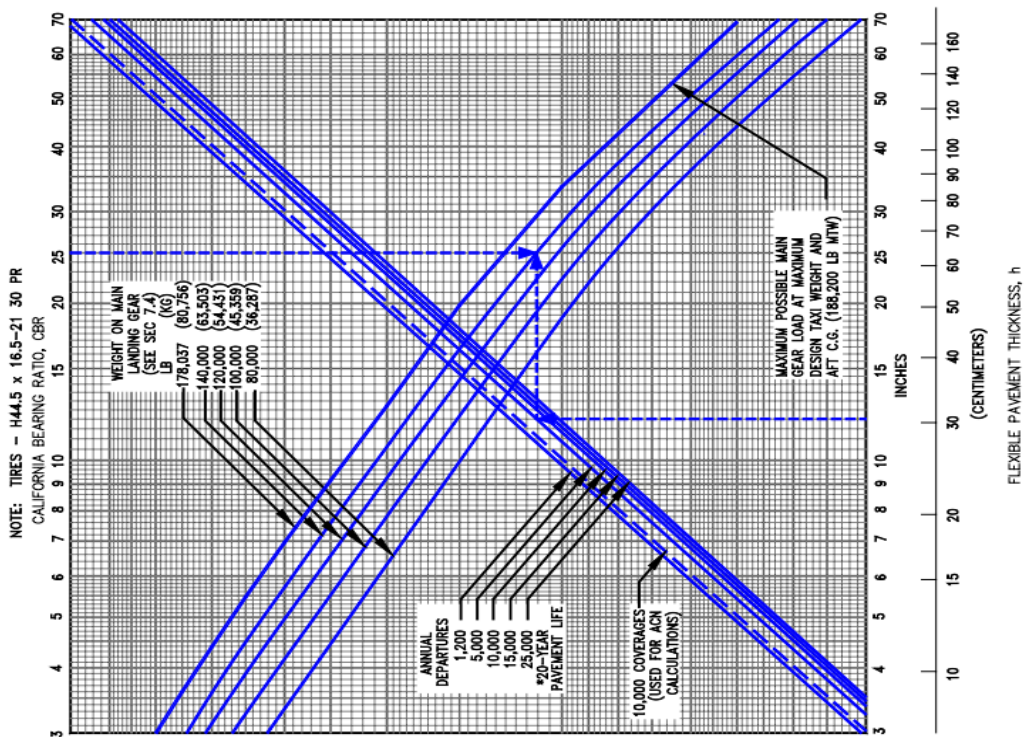
W_2 = beban roda pesawat yang dikonversi (pesawat campuran).

5. Menentukan tebal perkerasan total

Perhitungan tebal perkerasan total dengan cara manual didapat dengan memplotkan data *CBR subgrade*, *gross weight* pesawat rencana, dan nilai *equivalent annual departure* ke dalam grafik sesuai dengan tipe roda pendaratan pesawat rencana. Grafik desain digunakan dengan menarik garis lurus secara vertikal dari sumbu *CBR* ke kurva *gross aircraft weight*, kemudian diteruskan ke arah horizontal hingga menyentuh kurva *annual departure*, dan diteruskan secara vertikal ke sumbu tebal perkerasan sehingga didapat nilai tebal perkerasan total. Berikut merupakan grafik kurva desain perkerasan lentur sebagaimana ditampilkan pada Gambar 3.7 dan Gambar 3.8



Gambar 3.7 Grafik Desain Perkerasan Lentur untuk Pesawat B777-300ER
(Sumber: Pesawat Komersial Boeing Doc. D6-58329-2, 2022)



Gambar 3.8 Grafik Desain Perkerasan Lentur untuk Pesawat B737-900ER
(Sumber: Pesawat Komersial Boeing Doc. D6-58325-7, 2023)

6. Menentukan tebal lapis pondasi bawah (*subbase course*)

Ketebalan dari *subbase course* ditentukan dengan cara yang sama dengan tebal perkerasan total. Nilai *CBR subbase*, *MTOW*, dan keberangkatan tahunan ekuivalen diproyeksikan ke dalam grafik yang sama sehingga didapat nilai yang merupakan tebal lapisan di atas *subbase* yaitu *surface course* dan *base course*. Maka tebal *subbase* sama dengan tebal perkerasan total dikurangi total tebal perkerasan *surface* dan *base*.

7. Menentukan tebal lapis permukaan (*surface course*)

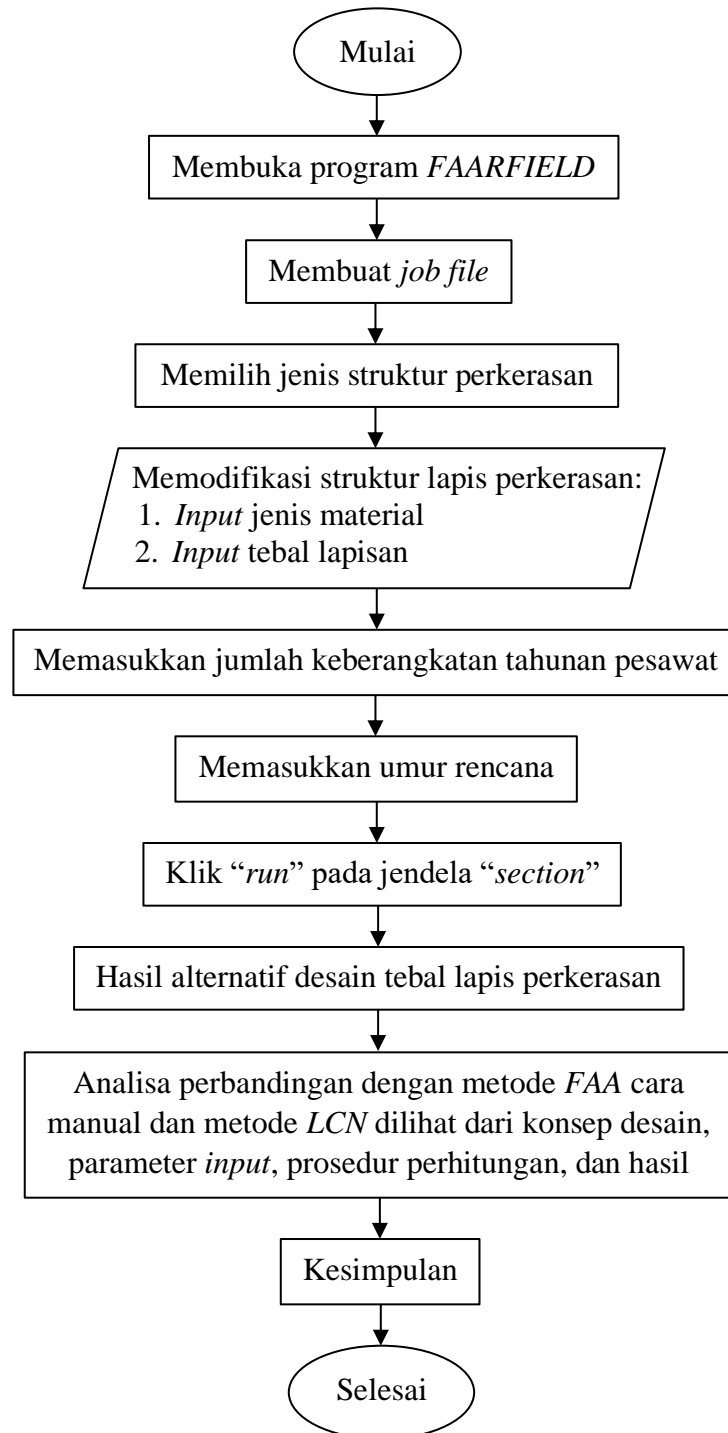
Tebal lapis permukaan dapat ditentukan berdasarkan Tabel 3.10 yang merupakan tabel tebal lapis minimum untuk perkerasan lentur.

8. Menentukan tebal lapis pondasi atas (*base course*)

Tebal *base course* sama dengan total tebal perkerasan *surface* dan *base* dikurangi tebal lapis permukaan. Ketebalan lapis *base course* yang dihitung harus dibandingkan dengan ketebalan *base course* minimum yang didapat dari grafik tebal minimum *base*. Apabila tebal *base course* minimum lebih besar dari tebal *base course* hasil perhitungan maka tetap digunakan nilai tebal lapis *base course* hasil perhitungan.

3.10.2 Metode FAA menggunakan software FAARFIELD

FAARFIELD (*Federal Aviation Administration Rigid and Flexible Iterative Elastic Layered Design*) adalah suatu perangkat lunak yang dikembangkan oleh FAA sejak tahun 1940 sampai dengan sekarang. *FAARFIELD* umumnya digunakan untuk mendesain perkerasan lentur maupun kaku pada bandara berdasarkan dokumen *AC (Advisory Circular) 150/5320-6G*. Versi program yang digunakan dalam desain ini adalah *FAARFIELD* versi 2.0.18. Program *FAARFIELD* didasarkan pada konsep *Cumulative Damage Factor (CDF)*. *Cumulative Damage Factor (CDF)* adalah jumlah distribusi kerusakan yang diakibatkan oleh setiap pesawat pada lalu lintas campuran. Jika desain mendapatkan nilai $CDF = 1$, maka desain sudah dianggap memuaskan oleh *FAARFIELD*. Langkah perhitungan desain dengan metode *FAA software FAARFIELD* dapat dibuat bagan alir pada Gambar 3.9 sebagai berikut.



Gambar 3.9 Bagan Alir Perhitungan Metode FAA Software FAARFIELD

Adapun rumus dari *Cumulative Damage Factor (CDF)* dapat diuraikan dalam Persamaan 3.4 dan Persamaan 3.5 berikut.

$$CDF = \frac{\text{jumlah pengulangan beban yang diterapkan}}{\text{jumlah pengulangan yang diijinkan untuk kegagalan}} \quad (3.4)$$

atau

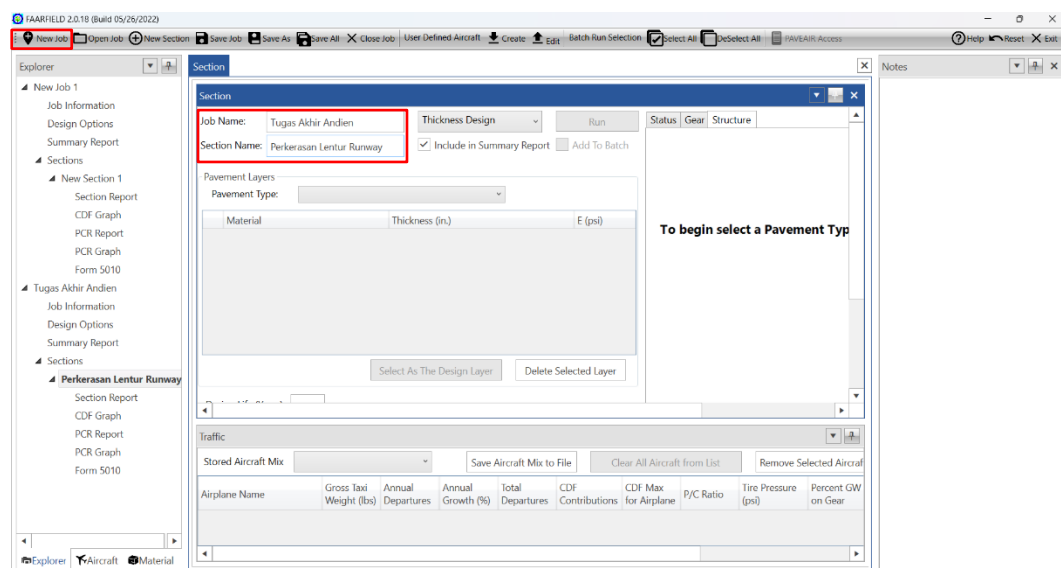
$$CDF = \frac{(\text{keberangkatan tahunan}) \times (\text{umur rencana})}{\left(\frac{\text{lintasan}}{\text{rasio cakupan}}\right) \times (\text{cakupan kerusakan})} \quad (3.5)$$

Nilai *CDF* yang didapat akan menjadi parameter untuk mengetahui apakah desain tebal perkerasan dapat diterima.

Berikut merupakan langkah-langkah penggunaan *software FAARFIELD*.

1. Membuat *job file*

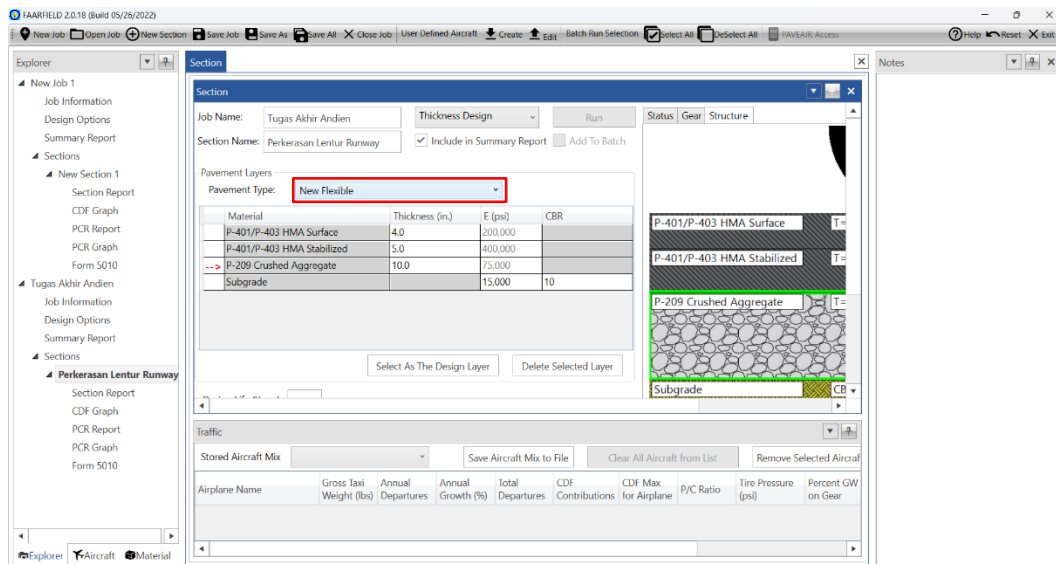
Langkah pertama untuk penggunaan *software FAARFIELD* yaitu harus membuat pekerjaan baru dengan cara menekan tombol “*New Job*” dan memberi nama pada “*Job Name*” serta “*Section Name*” seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.10 berikut.



Gambar 3.10 Membuat *Job File*

2. Memilih jenis perkerasan

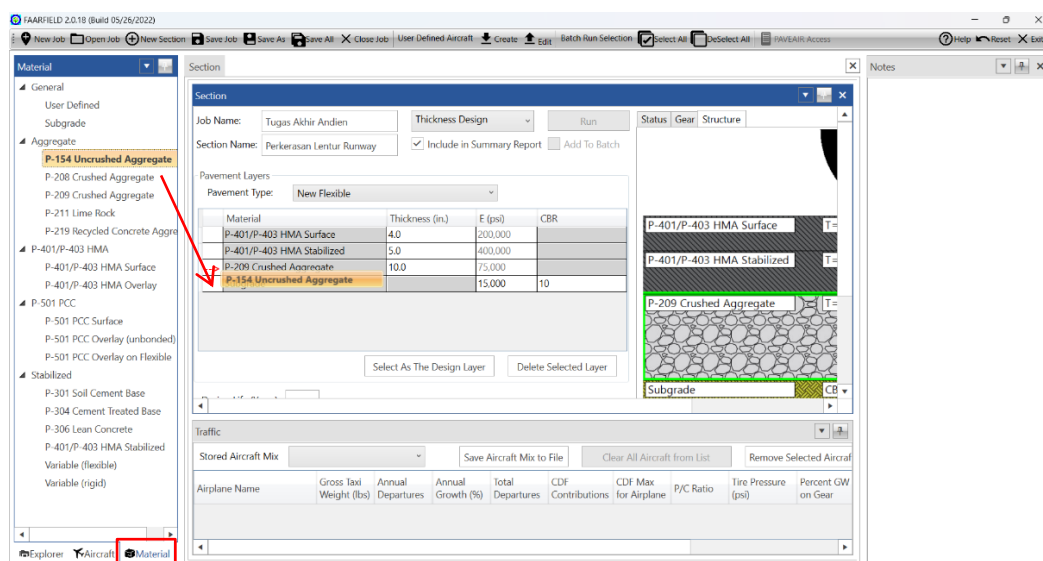
Selanjutnya yaitu memilih jenis perkerasan yang akan digunakan dalam desain diantaranya perkerasan lentur atau perkerasan kaku dengan cara mengubah *toolbox* “*pavement type*”. Maka secara otomatis akan keluar tebal masing-masing lapisan dari program *FAARFIELD* seperti yang terdapat pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11 Memilih Jenis Perkerasan

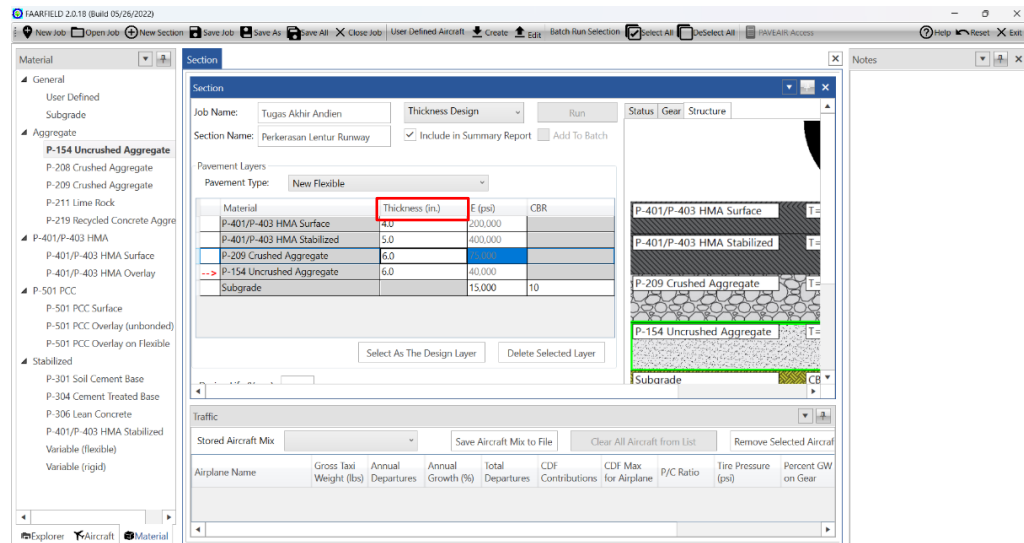
3. Memodifikasi struktur lapis perkerasan

Langkah dalam memodifikasi struktur lapis perkerasan diantaranya mengubah tebal lapisan dan jenis material. Memasukkan jenis material dengan cara klik *toolbox* “material”, pilih material yang diinginkan lalu pindahkan ke jendela “section”. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3.12 berikut.



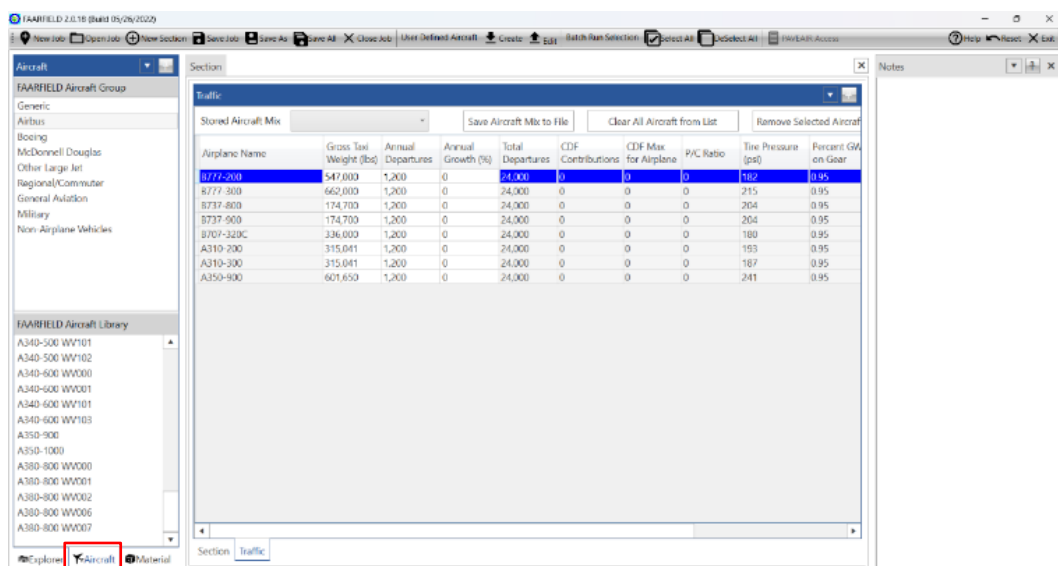
Gambar 3.12 Mengubah Jenis Material

Selain itu, untuk mengubah tebal lapisan dilakukan dengan cara menekan dua kali pada kolom “*thickness*” pada jendela “*section*” seperti pada Gambar 3.13.



Gambar 3.13 Mengubah Tebal Lapisan

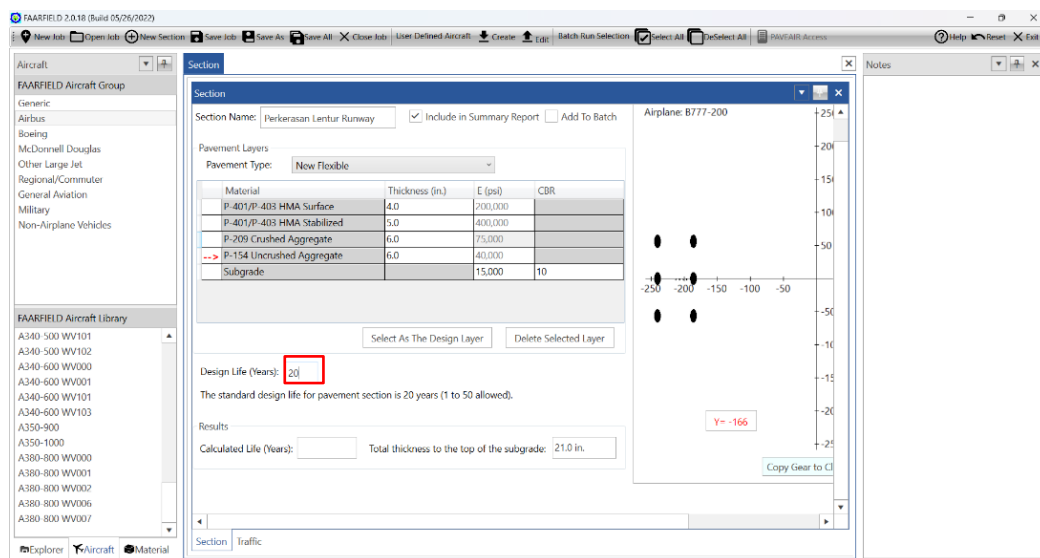
- Memasukkan jumlah keberangkatan tahunan pesawat
Dilakukan dengan cara menekan *toolbox* “*aircraft*”. Kemudian pilih tipe pesawat dan klik dua kali untuk memasukkan ke data lalu lintas pesawat. Ubah “*annual departures*” dan “*annual growth*” sesuai dengan data yang diperoleh seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.14.



Gambar 3.14 Memasukkan Jumlah Keberangkatan Tahunan Pesawat

5. Memasukkan umur rencana

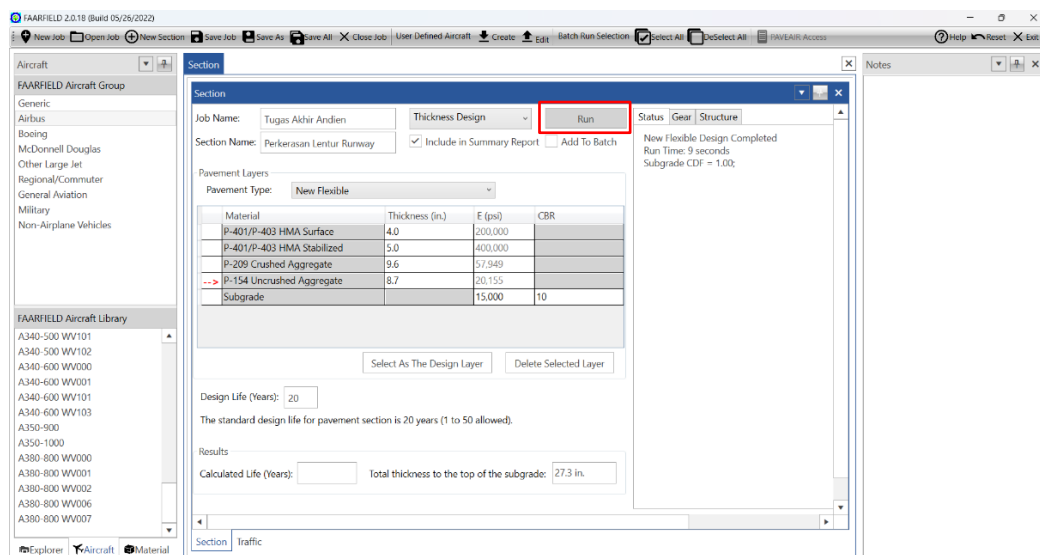
Masukkan umur rencana pada *toolbox* “*design life*”, pada penelitian ini menggunakan desain umur rencana 20 tahun. Langkah ini dapat dilihat pada Gambar 3.15 berikut.



Gambar 3.15 Memasukkan Umur Rencana

6. Melakukan desain struktur perkerasan

Lakukan desain struktur perkerasan dengan cara klik “*run*” pada jendela “*section*”. Program *FAARFIELD* akan melakukan proses desain struktur hingga diperoleh nilai $CDF = 1$ seperti pada Gambar 3.16.



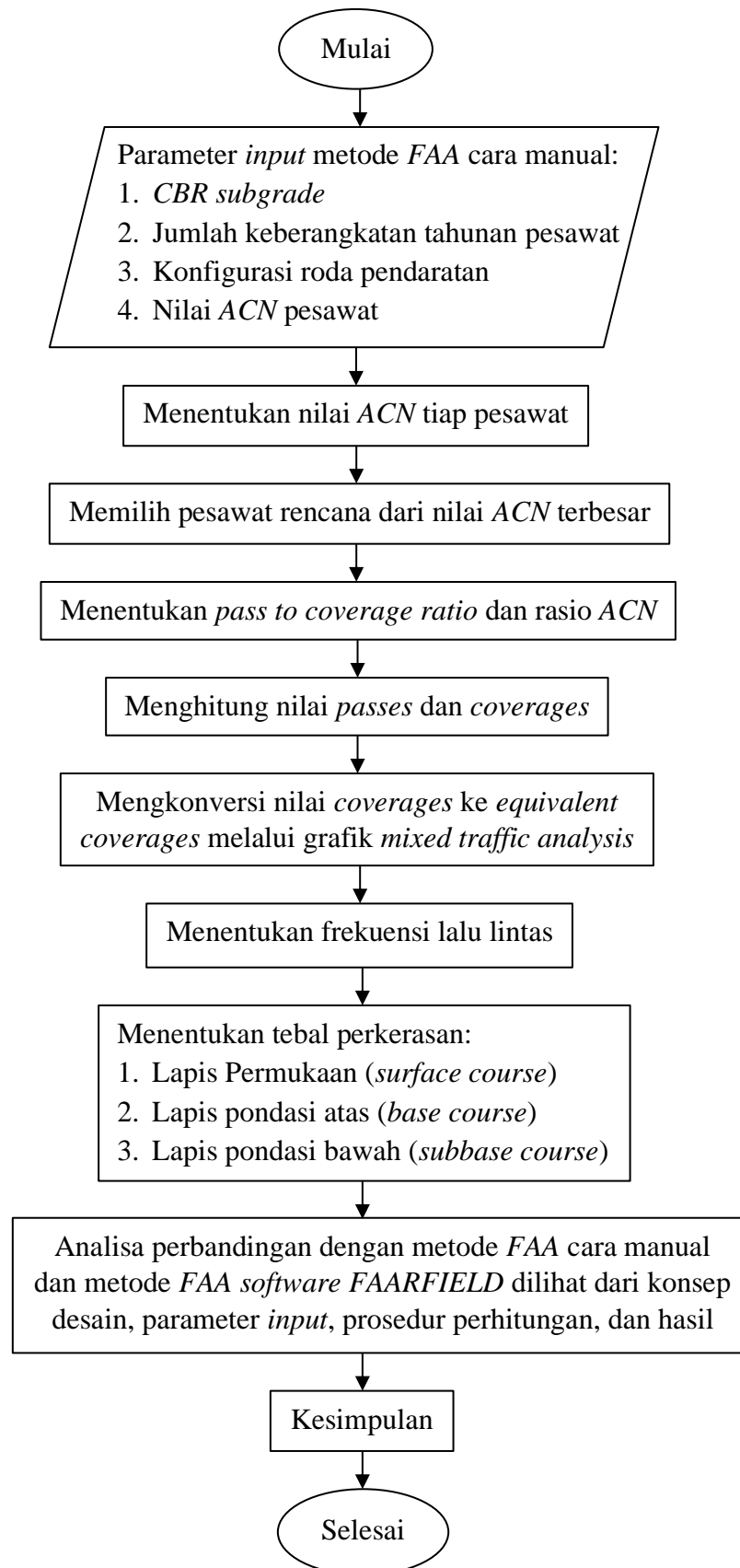
Gambar 3.16 Melakukan Desain Struktur Perkerasan

3.11 Desain Tebal Perkerasan Lentur berdasarkan Metode *LCN*

Sejarah desain perkerasan lapangan terbang di Inggris dimulai pada tahun 1937 ketika landasan pacu pertama kali dibangun. Berdasarkan Kementerian Pertahanan Inggris (2011) yang bertanggung jawab untuk desain konstruksi dan pemeliharaan lapangan terbang, antara tahun 1937 hingga 1945 dibangun sekitar 450 lapangan terbang tanpa memanfaatkan metode desain yang terbukti. Namun dengan data perkerasan dan karakteristik tanah dasar, selama tahap terakhir Perang Dunia II dilakukan pengembangan metode desain perkerasan lapangan terbang. Pada tahun 1948, Departemen Pertahanan Inggris mengembangkan metode *LCN* (*Load Classification Number*).

Perencanaan perkerasan lentur dengan metode *LCN* didasarkan pada manual yang diterbitkan oleh Kementerian Pertahanan Inggris yaitu *Design & Maintenance Guide 27* dengan judul “*A Guide to Airfield Pavement Design and Evaluation*” 3rd edition yang terbit pada tahun 2011. *Design & Maintenance Guide 27* (*DMG 27*) adalah panduan yang dibuat untuk menjadi acuan dalam merancang dan mengevaluasi perkerasan lapangan terbang di Inggris. Metode *LCN* ini merupakan metode perencanaan perkerasan dan evaluasi yang didasarkan pada kapasitas daya dukung yang dinyatakan dalam angka *LCN*. *LCN* adalah angka yang menunjukkan kekuatan dukung tanah dasar bandara terhadap pesawat yang boleh beroperasi pada bandara tersebut. Setiap pesawat dapat dinyatakan dalam *LCN*, dimana angka-angka *LCN* tergantung pada geometri roda pendaratan, tekanan roda pesawat, dan komposisi dari tebal perkerasan (Basuki, 1986).

Perencanaan tebal perkerasan lentur landasan pacu menggunakan metode *LCN* dengan manual *DMG 27* dilakukan dengan beberapa langkah perhitungan. Maka dari itu, untuk lebih jelasnya langkah perhitungan dapat dibuat dalam sebuah bagan alir yang dapat dilihat pada Gambar 3.17 sebagai berikut.



Gambar 3.17 Bagan Alir Perhitungan Metode LCN

Dalam melakukan perencanaan perkerasan lentur landasan pacu menggunakan metode *LCN* dengan manual *DMG 27*, terdapat beberapa hal yang perlu diketahui yaitu sebagai berikut.

1. Nilai *CBR* tanah dasar

Parameter untuk menunjukkan daya dukung tanah dasar pada perencanaan perkerasan lentur adalah nilai *California Bearing Ratio (CBR)*. Berikut merupakan kategori tanah dasar berdasarkan nilai *CBR* yang terdapat pada Tabel 3.12.

Tabel 3.12 Kategori Tanah Dasar Berdasarkan Nilai *CBR*

Kategori Tanah Dasar	<i>CBR</i> (%)
<i>High</i>	15
<i>Medium</i>	10
<i>Low</i>	6
<i>Ultra Low</i>	3

Sumber: Kementerian Pertahanan Inggris, 2011

2. Nilai *ACN*

Aircraft Classification Number (ACN) adalah angka yang menunjukkan efek relatif pesawat terbang terhadap suatu landasan untuk kategori tanah dasar standar yang telah ditentukan. Nilai *ACN* didapat berdasarkan jenis dan berat pesawat, jenis perkerasan, serta kategori tanah dasar berdasar nilai *CBR*. Setelah mendapatkan parameter tersebut, nilai *ACN* dapat dilihat pada tabel *Appendix B* dalam panduan *DMG 27*. Setiap jenis pesawat akan didapatkan nilai *ACN* yang berbeda-beda. Penentuan pesawat rencana menggunakan pesawat yang memiliki nilai *ACN* terbesar. Nilai *ACN* terbesar merupakan nilai *ACN* rencana yang akan digunakan untuk menentukan tebal perkerasan lentur landasan pacu.

3. Rasio *ACN*

Perbandingan antara nilai *ACN* rencana dengan *ACN* pesawat lainnya dinamakan rasio *ACN*. Nilai rasio *ACN* dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.6 berikut.

$$\text{Rasio ACN} = \frac{\text{ACN pesawat yang ditinjau}}{\text{ACN pesawat rencana}} \quad (3.6)$$

4. *Coverages* dan *pass to coverage ratio*

Coverages adalah jumlah suatu titik tertentu pada perkerasan yang diperkirakan mampu menahan tekanan maksimum sebagai akibat dari jumlah lintasan pesawat. Hubungan antara *coverages* dan *pass to coverage ratio* tergantung beberapa faktor, termasuk jumlah dan jarak antar roda pada roda utama pesawat, lebar kontak area ban, dan distribusi lateral akibat jejak roda pesawat terhadap garis tengah perkerasan. Nilai *coverages* dapat dihitung dengan Persamaan 3.7 sebagai berikut.

$$\text{Coverages} = \frac{\text{Passes}}{\text{Pass to Coverage Ratio}} \quad (3.7)$$

Berdasarkan *DMG 27*, nilai *pass to coverages ratio* didapat dari jenis konfigurasi roda pesawat. Berikut nilai *pass to coverages ratio* untuk konfigurasi roda *dual*, *dual tandem*, dan *tridem* dapat ditunjukkan pada Tabel 3.13, sedangkan Tabel 3.14 menunjukkan nilai *pass to coverages ratio* untuk konfigurasi roda *single*.

Tabel 3.13 Nilai *Pass to Coverage Ratio*

Tipe Roda Utama	<i>Pass to Coverage Ratio</i>		
	<i>Runway</i>	<i>Taxiway</i>	<i>Stand</i>
<i>Single</i>	Lihat Tabel 3.14		
<i>Dual</i>	3,2	2,1	1
<i>Dual Tandem</i>	1,8	1,31	0,5
<i>Tridem</i>	1,44	1	0,33

Sumber: Kementerian Pertahanan Inggris, 2011

Tabel 3.14 Nilai *Pass to Coverage Ratio* untuk Pesawat dengan *Single Main Wheel Gears*

Tekanan Ban (Mpa)	Nilai ACN								
	≤ 10		11-20		21-40		> 40		Semua
	R	T	R	T	R	T	R	T	Stands
≤ 1	8	4	6	3	5	2,5	4	2	1
1-1,5	10	5	8	4	6	3	5	2,5	1
> 1,5	12	6	10	5	7	3,5	6	3	1

R = runway, T = taxiway

Sumber: Kementerian Pertahanan Inggris, 2011

5. Lalu lintas pesawat campuran

Tebal perkerasan landasan pacu dirancang bukan hanya untuk operasional satu jenis pesawat saja, namun perkerasan landasan pacu harus mampu melayani lalu lintas dengan jenis pesawat yang berbeda-beda. Untuk memperhitungkan pengaruh dari berbagai jenis pesawat yang beroperasi, diperlukan hubungan antara tingkat *coverages* setiap jenis pesawat terhadap nilai *coverages* pesawat desain. *Flexible Mixed Traffic Factor (FMTF)* adalah nilai yang digunakan untuk mengkonversi nilai *coverages* suatu pesawat menjadi ekuivalen *coverages* pesawat dengan ACN yang berbeda. Dalam mengkonversi nilai *coverages* dilakukan dengan menggunakan grafik yang terdapat pada *DMG 27* seperti pada Gambar 3.19 berikut.

Kemudian dilakukan perhitungan nilai *Modified Mixed Traffic Factor (MMTF)* dengan menggunakan Persamaan 3.9 berikut.

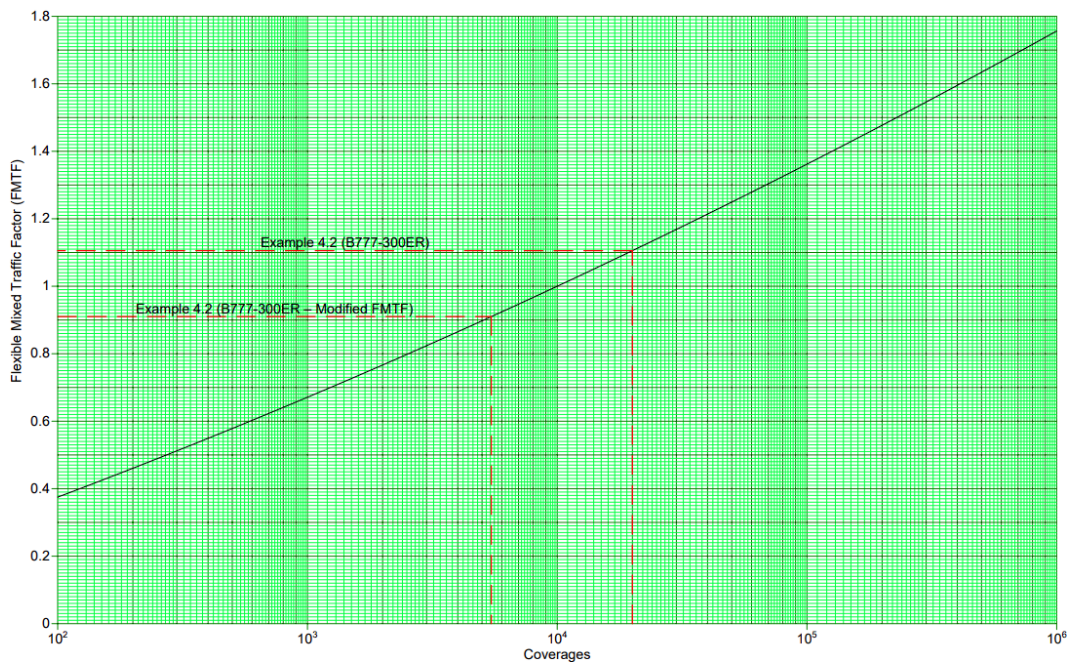
$$MMTF = \text{Rasio ACN} \times FMTF \quad (3.9)$$

dengan:

MMTF = *Modified Mixed Traffic Factor*

FMTF = *Flexible Mixed Traffic Factor*

Setelah mendapatkan nilai *MMTF*, dilakukan lagi konversi ke nilai *equivalent coverages* dengan menggunakan grafik yang sama yang terdapat pada Gambar 3.18.



Gambar 3.18 Grafik *Mixed Traffic Analysis* untuk Perkerasan Lentur

(Sumber: Kementerian Pertahanan Inggris, 2011)

6. Frekuensi lalu lintas

Langkah selanjutnya memperhitungkan efek kelelahan perkerasan lentur akibat pengulangan beban pesawat. Frekuensi lalu lintas yang tinggi memerlukan ketebalan yang jauh lebih besar dibandingkan dengan yang frekuensi lalu lintasnya rendah. Manual *DMG 27* mengelompokkan frekuensi lalu lintas menjadi tiga kelompok berdasarkan jumlah *coverages* selama umur rencana. Berikut merupakan klasifikasi frekuensi lalu lintas yang ditampilkan pada Tabel 3.15.

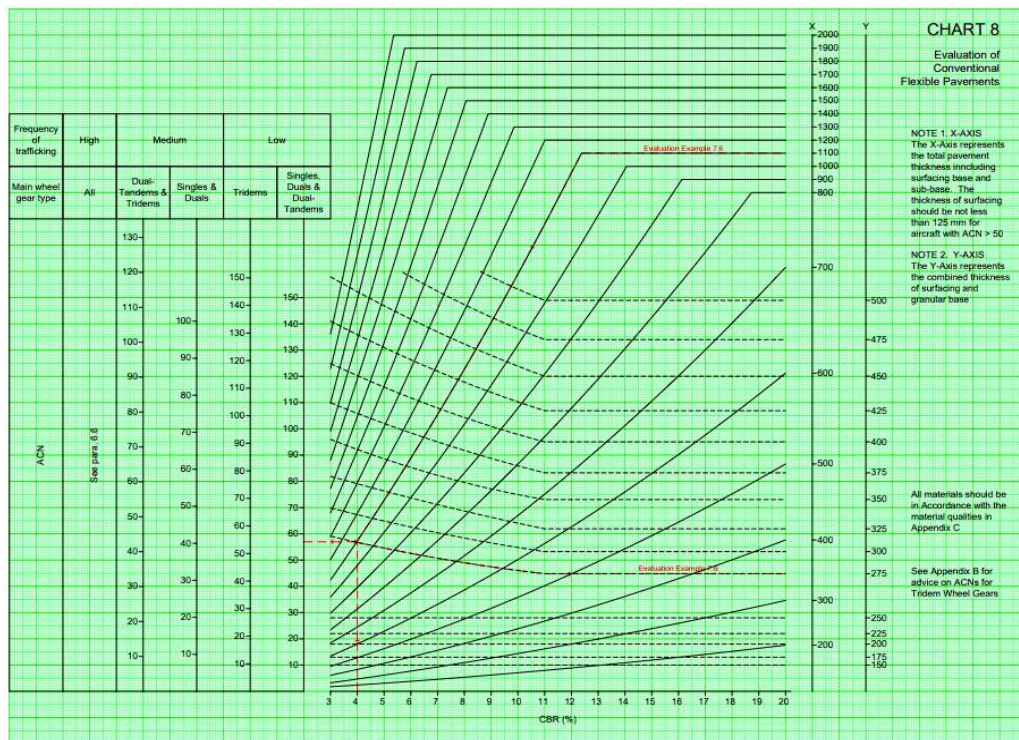
Tabel 3.15 Klasifikasi Frekuensi Lalu Lintas

Frekuensi Lalu Lintas	Jumlah <i>Coverages</i> selama Umur Rencana
<i>Low</i>	10.000
<i>Medium</i>	100.000
<i>High</i>	250.000

Sumber: Kementerian Pertahanan Inggris, 2011

7. Tebal perkerasan lentur

Perencanaan tebal perkerasan lentur berdasarkan manual *DMG 27* dalam metode ini menggunakan cara manual berupa penggunaan grafik, dimana parameter dari grafik antara lain nilai *CBR subgrade*, nilai *ACN* rencana, jenis konfigurasi roda utama pesawat rencana, dan frekuensi lalu lintas. Adapun grafik perencanaan tebal perkerasan lentur terdapat pada Gambar 3.19.



Gambar 3.19 Grafik Desain Tebal Perkerasan Lentur

(Sumber: Kementerian Pertahanan Inggris, 2011)

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif. Menurut Arikunto (2019), pendekatan kuantitatif adalah suatu pendekatan penelitian yang banyak dituntut menggunakan angka, mulai dari pengumpulan data, penafsiran terhadap data, serta penampilan dari hasilnya. Tujuan dari penelitian kuantitatif adalah untuk menjawab suatu rumusan masalah dari hipotesis awal dengan cara matematis. Adapun data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data sekunder. Data sekunder adalah data yang diperoleh peneliti secara tidak langsung melainkan melalui perantara berupa data primer yang sudah disusun dan diolah.

4.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di Bandar Udara Dhoho yang terletak di Kecamatan Banyakan, Grogol, dan Tarokan, Kabupaten Kediri, Provinsi Jawa Timur. Berikut merupakan lokasi penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Lokasi Penelitian
(Sumber: *Google Earth Pro*, 2023)

4.3 Metode Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari PT Jagat Tribuana Sakti selaku *Resident Engineer* proyek pembangunan Bandara Internasional Dhoho. Data-data yang digunakan dalam penelitian antara lain sebagai berikut.

1. Data *CBR subgrade* dan *CBR subbase* pada proyek pembangunan Bandar Udara Dhoho yang digunakan sebagai parameter *input* desain.
2. Data keberangkatan tahunan pesawat Bandar Udara Dhoho yang berfungsi untuk mengetahui beban pesawat-pesawat yang mendarat dan lepas landas yang menjadi data parameter *input* untuk desain.
3. Data konfigurasi roda pesawat Bandar Udara Dhoho yang digunakan sebagai perhitungan pembebanan yang dikonversi ke konfigurasi roda pendaratan pesawat rencana.
4. Data berat lepas landas maksimum (*Maximum Take Off Weight*) pesawat yang beroperasi pada Bandar Udara Dhoho.
5. Data desain perkerasan eksisting *runway* pada Bandar Udara Dhoho yang digunakan sebagai bahan pembanding dengan hasil redesain peneliti.

4.4 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini bertujuan untuk mempermudah proses menganalisis data. Alat yang digunakan berupa beberapa *software* yaitu sebagai berikut.

1. Program *FAARFIELD* versi 2.0.18 yang digunakan untuk memperoleh tebal masing-masing lapis perkerasan pada desain metode *FAA*.
2. *Autocad* digunakan untuk memodelkan tebal lapis perkerasan.

4.5 Analisis Data

Metode analisis data adalah suatu prosedur untuk mempermudah pengelolaan analisis data sehingga memperoleh hasil penelitian berupa evaluasi suatu objek. Data yang didapatkan dari PT Jagat Tribuana Sakti kemudian dilakukan analisis perhitungan tebal lapis perkerasan dengan beberapa metode. Adapun metode metode desain yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Metode *FAA* berdasarkan *Advisory Circular 150/5320-6D* tahun 1995 menggunakan cara manual berupa penggunaan grafik.
2. Metode *FAA* berdasarkan *Advisory Circular 150/5320-6G* manual tahun 2021 menggunakan *software FAARFIELD*.
3. Metode *LCN* berdasarkan *Design & Maintenance Guide 27 3rd edition* tahun 2011 menggunakan cara manual berupa penggunaan grafik.

4.6 Tahapan Analisis Penelitian

Untuk melakukan penelitian yang terarah dan sistematis, maka perlu ditentukan tahapan-tahapan penelitian yang akan dilakukan oleh peneliti. Adapun tahapan penelitian adalah sebagai berikut.

1. Identifikasi masalah

Tahap pertama adalah mengidentifikasi masalah yaitu bagaimana perbandingan evaluasi desain perkerasan lentur landasan pacu dengan kedua metode yang berbeda yaitu antara metode *FAA* cara manual, metode *FAA software FAARFIELD*, dan metode *LCN* dilihat dari konsep desain, parameter *input*, prosedur perhitungan, dan hasil. Sehubungan dengan proyek pembangunan bandara baru yaitu Bandar Udara Dhoho Kediri, maka dilakukan juga perbandingan antara hasil redesain dengan kondisi eksisting.

2. Studi pustaka

Studi pustaka dilakukan dengan mendalami dan memahami data dan informasi yang relevan dengan permasalahan yang sedang diteliti. Studi pustaka didapat dari berbagai sumber seperti jurnal, prosiding, penelitian relevan terdahulu, dan sebagainya.

3. Pengumpulan data sekunder

Pada tahap ini data sekunder seperti data *CBR subgrade*, data *CBR subbase*, data keberangkatan tahunan pesawat, data karakteristik pesawat, dan data desain perkerasan eksisting landasan pacu Bandar Udara Dhoho Kediri dikumpulkan untuk membantu proses penelitian. Sumber data sekunder pada penelitian ini didapat dari PT Jagat Tribuana Sakti selaku *Resident Engineer* proyek pembangunan Bandar Udara Dhoho.

4. Analisis data

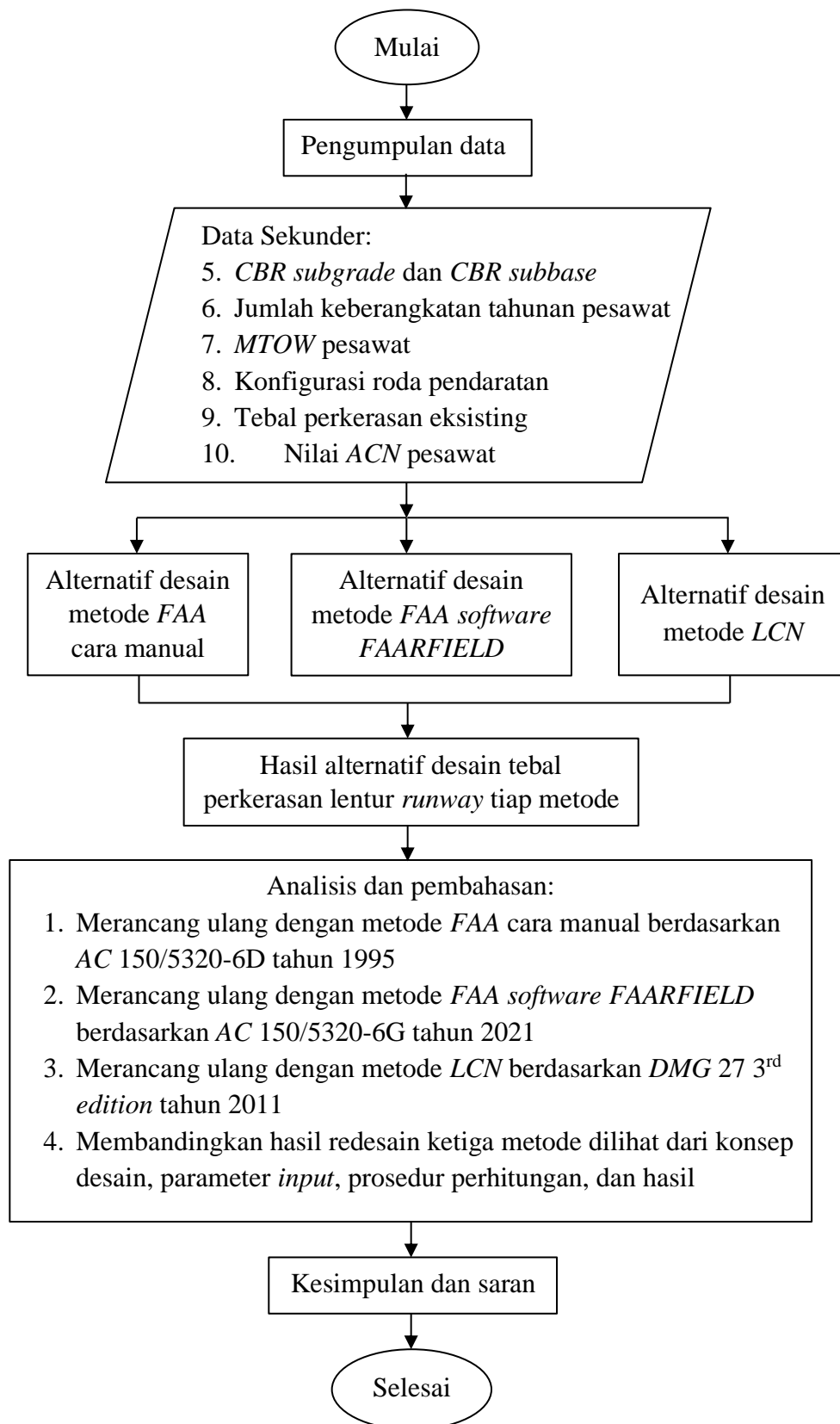
Tahapan selanjutnya adalah melakukan analisis data yang telah diperoleh. Metode analisis desain yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *FAA* berdasarkan *Advisory Circular 150/5320-6D* manual tahun 1995, metode *FAA* berdasarkan *Advisory Circular 150/5320-6G* manual tahun 2021 menggunakan *software FAARFIELD*, dan metode *LCN* berdasarkan *Design & Maintenance Guide 27 3rd edition* tahun 2011.

5. Kesimpulan dan saran

Setelah dilakukan tahap analisis dan pembahasan, dapat ditarik kesimpulan mengenai perbedaan hasil evaluasi desain antara metode *FAA* cara manual, metode *FAA software FAARFIELD*, metode *LCN* untuk desain perkerasan lentur landasan pacu, dan perbandingannya dengan desain eksisting Bandara Dhoho Kediri, disertai dengan pemberian saran kepada pihak proyek pembangunan Bandara Dhoho Kediri.

4.7 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir atau *flowchart* adalah diagram yang menggambarkan suatu proses, urutan, langkah-langkah secara runtut dan jelas mengenai alur kerja dalam penelitian yang akan dilakukan. Langkah-langkah dalam penelitian ini dimulai dengan pengumpulan data sekunder berupa data *CBR* dan data keberangkatan tahunan pesawat yang digunakan untuk merancang ulang tebal tiap lapisan pada *runway* menggunakan metode *FAA* cara manual, metode *FAA software FAARFIELD*, dan metode *LCN*. Hasil perhitungan dari dua metode yang berbeda tersebut dibandingkan berdasarkan konsep desain, parameter *input*, prosedur perhitungan, dan hasil tebal. Adapun bagan alir penelitian yang menggambarkan langkah-langkah yang dilakukan selama penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.2



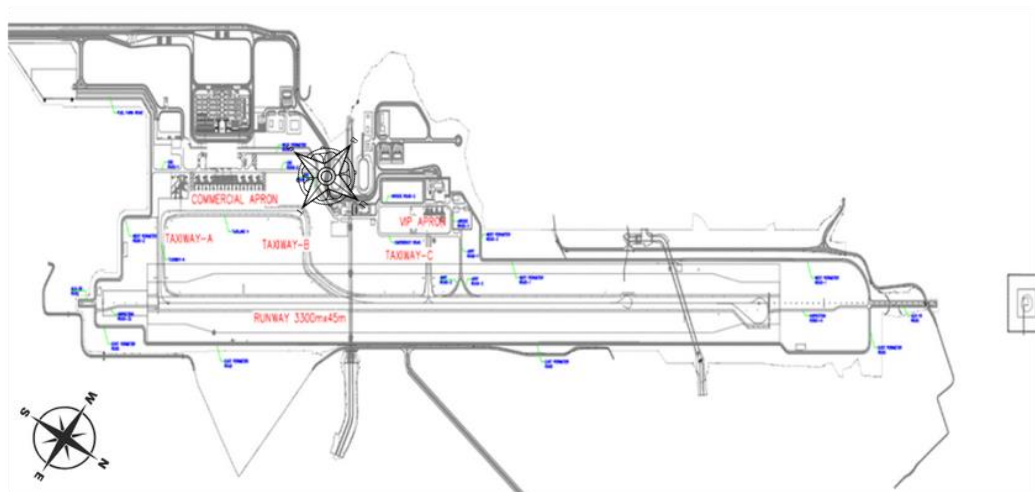
Gambar 4.2 Bagan Alir Penelitian

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Data Penelitian

Data penelitian pada penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari PT Jagat Tribuana Sakti. Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data *CBR* dan data keberangkatan tahunan pesawat yang beroperasi di Bandar Udara Dhoho Kediri. Lingkup objek penelitian ini berfokus pada pekerjaan perkerasan landasan pacu (*runway*) proyek pembangunan Bandar Udara Dhoho Kediri. *Runway* yang dikerjakan pada proyek tersebut memiliki panjang 3.300 m dan lebar 45 m. Sementara panjang *runway strip* adalah 3.540 m dan lebar 280 m, serta panjang dan lebar untuk *Runway End Safety Area (RESA)* yaitu 90 m. Berikut merupakan *layout* pekerjaan proyek pembangunan Bandar Udara Dhoho dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 *Layout* Pekerjaan Proyek Pembangunan Bandar Udara Dhoho Kediri

(Sumber: PT Jagat Tribuana Sakti, 2023)

5.2 Data CBR

Data CBR tanah dasar (*subgrade*) dan CBR pondasi bawah (*subbase*) yang digunakan untuk desain perkerasan pada penelitian ini didapat dari PT Jagat Tribuana Sakti berdasarkan rencana induk Bandar Udara Dhoho (2019), dengan parameter CBR *subgrade* 6% dan CBR *subbase* 59% untuk *runway* termasuk *mini turning pad*.

5.3 Data Keberangkatan Tahunan Pesawat

Data keberangkatan tahunan pesawat adalah data pergerakan pesawat yang beroperasi di Bandar Udara Dhoho Kediri. Pergerakan pesawat pada Bandara Dhoho dibagi menjadi tiga tahap tahun perencanaan yaitu tahap I (2023-2042), tahap II (2043-2058), dan tahap III (2059-2072). Berikut adalah keberangkatan tahunan pesawat yang diperoleh dari PT Jagat Tribuana Sakti dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Data Keberangkatan Tahunan Pesawat

Tipe Pesawat	MTOW (kg)	Keberangkatan Tahunan (pesawat/tahun)		
		Tahap I (2023-2042)	Tahap II (2043-2058)	Tahap III (2059-2072)
B777-300ER	352.441	365	730	1.460
B737-900ER	85.366	9.024	35.197	55.943
ATR 72-600	23.000	3.687	10.246	15.259

Sumber: PT Jagat Tribuana Sakti (2023)

5.4 Data Tebal Perkerasan Eksisting

Data tebal perkerasan eksisting yang didapat dari PT Jagat Tribuana Sakti dibangun untuk tiga tahap umur rencana. Data ini digunakan sebagai acuan atau bahan pembandingan dengan tebal hasil redesain. Berikut adalah data tebal perkerasan eksisting beserta dengan material yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Data Tebal Perkerasan Eksisting

Lapisan	Material	Tebal (mm)		
		Tahap I (2023-2042)	Tahap II (2043-2058)	Tahap III (2059-2072)
<i>Surface</i>	P-401/P-403 <i>HMA Surface</i>	125	125	175
<i>Stabilized Base</i>	P-401/P-403 <i>St (flex)</i>	175	175	175
<i>Base</i>	P-209 <i>Crushed Aggregate</i>	150	150	150
<i>Subbase</i>	P-154 <i>Uncrushed Aggregate</i>	600	600	600

Sumber: PT Jagat Tribuana Sakti (2023)

5.5 Perancangan Struktur Perkerasan Lentur Landasan Pacu

Perancangan struktur perkerasan dilakukan pada perkerasan lentur landasan pacu. Menurut Yasruddin (2012), *runway* digunakan untuk *take off* dan *landing* pesawat sehingga beban yang berada di atasnya tidak tetap melainkan bebannya bersifat dinamis. Perhitungan desain tebal perkerasan lentur *runway* dilakukan dengan menggunakan dua metode yang berbeda agar dapat dibandingkan berdasarkan konsep desain, parameter *input*, prosedur perhitungan, dan hasilnya. Metode yang digunakan adalah metode *FAA* cara manual berdasarkan *Advisory Circular 150/5320-6D* manual tahun 1995, metode *FAA software FAARFIELD* berdasarkan *Advisory Circular 150/5320-6G* manual tahun 2021, dan metode *LCN* berdasarkan *Design & Maintenance Guide 27 3rd edition* manual tahun 2011.

5.6 Alternatif Desain menggunakan Metode *FAA* cara manual

Metode *FAA* berdasarkan *Advisory Circular 150/5320-6D* manual tahun 1995 termasuk ke dalam metode empiris. Metode *FAA* berdasarkan *Advisory Circular 150/5320-6D* memiliki langkah-langkah yang berbeda dengan metode *FAA* berdasarkan *Advisory Circular 150/5320-6G*. Pada metode *FAA AC 150/5320-6G* perhitungan dibantu dengan *software FAARFIELD*, sementara pada metode *FAA AC 150/5320-6D* perhitungannya dilakukan secara manual dengan bantuan grafik. Dalam penelitian ini dilakukan desain tebal perkerasan lentur pada *runway* untuk tiga tahap umur perencanaan dengan dua alternatif penentuan pesawat rencana. Alternatif pertama menggunakan pesawat rencana B777-300ER dan alternatif kedua menggunakan pesawat rencana B737-300ER.

5.6.1 Alternatif Desain Tahap I (2023-2042) Pesawat Rencana B777-300ER

Berikut merupakan prosedur perhitungan desain perkerasan *runway* pada tahap I untuk Bandara Dhoho Kediri. Tahap pertama dalam metode ini adalah menentukan pesawat rencana. Pesawat rencana yang dipilih adalah pesawat B777-300ER karena merupakan pesawat dengan *MTOW* terbesar yang beroperasi di Bandar Udara Dhoho, pesawat tipe B777-300ER ini memiliki konfigurasi roda pendaratan *tridem*. Berikut merupakan tabel konfigurasi roda pada masing-masing pesawat yang dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Konfigurasi Tipe Roda Pesawat

No.	Tipe Pesawat	Konfigurasi Roda
1	B777-300ER	<i>Tridem</i>
2	B737-900ER	<i>Dual Wheel</i>
3	ATR 72-600	<i>Dual Wheel</i>

Sumber: PT Jagat Tribuana Sakti (2023)

Setelah mengetahui konfigurasi roda dari setiap pesawat yang beroperasi di Bandara Dhoho, langkah selanjutnya adalah mengkonversi semua jenis pesawat ke konfigurasi roda yang sama dengan pesawat rencana yaitu pesawat B777-300ER dengan konfigurasi roda *tridem*. Dengan demikian, semua konfigurasi roda pesawat akan dikonversi ke *tridem*. Berikut adalah persamaan umum untuk konversi berdasarkan *Federal Aviation Administration* (1978) seperti pada Persamaan 5.1 berikut.

$$Y = 0,8^{(M-N)} \quad (5.1)$$

Adapun contoh perhitungan untuk mencari nilai konversi yakni sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Pesawat B737-900ER} &= Y = 0,8^{(M-N)} \\
 &= 0,8^{(6-2)} \\
 &= 0,8^{(4)} \\
 &= 0,41
 \end{aligned}$$

Pada perhitungan di atas konfigurasi roda pesawat B737-900ER yaitu *dual wheel* akan dikonversi ke konfigurasi roda *tridem*. Pesawat B777-300ER memiliki

konfigurasi roda yang terdiri dari 6 konfigurasi gandar dan jumlah roda 12 buah, sedangkan pesawat B737-900ER memiliki konfigurasi roda yang terdiri dari 2 konfigurasi gandar dan jumlah roda 4 buah. Maka:

M adalah jumlah konfigurasi gandar pesawat B777-300ER yaitu 6, dan

N adalah jumlah konfigurasi gandar pesawat B737-900ER yaitu 2.

Tabel 5.4 Hasil Konversi ke Konfigurasi Roda Pesawat Rencana

Tipe Pesawat	Jumlah Roda Belakang	Konfigurasi Roda Pesawat		Faktor Pengali
		Dari	Ke	
B777-300ER	12	<i>Tridem</i>	<i>Tridem</i>	1
B737-900ER	4	<i>Dual Wheel</i>	<i>Tridem</i>	0,41
ATR 72-600	4	<i>Dual Wheel</i>	<i>Tridem</i>	0,41

Langkah selanjutnya adalah menghitung jumlah keberangkatan tahunan (*annual departure*) pesawat campuran dengan cara mengalikan keberangkatan tahunan pesawat dengan faktor pengali hasil konversi konfigurasi roda pesawat rencana yang terdapat pada Tabel 5.4. Perhitungan nilai R_2 dapat diuraikan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Pesawat B777-300ER} = R_2 &= \text{keberangkatan tahunan} \times \text{faktor pengali} \\
 &= 365 \times 1 \\
 &= 365
 \end{aligned}$$

Perhitungan jenis pesawat lainnya dilakukan dengan cara yang sama. Selanjutnya yaitu menghitung beban roda pesawat campuran (W_2). Nilai W_2 dapat dihitung dengan cara sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Pesawat B737-900ER} = W_2 &= MTOW \times 0,95 \times \frac{1}{\text{jumlah roda utama}} \\
 &= 85.366 \times 0,95 \times \frac{1}{4} \\
 &= 20.274,43 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Langkah yang sama untuk menghitung nilai W_2 dilakukan juga pada pesawat lainnya. Selanjutnya adalah menghitung beban roda pesawat rencana (W_1) dengan cara sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Pesawat B777-300ER} = W_1 &= \text{beban} \times 0,95 \times \frac{1}{\text{jumlah roda utama}} \\
 &= 352.441 \times 0,95 \times \frac{1}{12}
 \end{aligned}$$

$$= 27.901,58 \text{ kg}$$

Selanjutnya adalah menghitung keberangkatan tahunan ekuivalen pesawat rencana (R_1). Nilai R_1 dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Pesawat B777-300ER} &= \log R_1 = \log R_2 \times \left(\frac{W_2}{W_1}\right)^{\frac{1}{2}} \\ &= \log 365 \times \left(\frac{27.901,58}{27.901,58}\right)^{\frac{1}{2}} \end{aligned}$$

$$\log R_1 = 2,56$$

$$R_1 = 365$$

Langkah yang sama juga diterapkan pada jenis pesawat lainnya. Berdasarkan perhitungan-perhitungan yang telah dilakukan, maka didapatkan rekapitulasi susunan beban maksimum pesawat udara dan konfigurasi roda pendaratan utama yang terdapat pada Tabel 5.5 dan *annual departure* pesawat campuran pada Tabel 5.6.

Tabel 5.5 Susunan Beban Maksimum Pesawat Udara dan Konfigurasi Roda Pendaratan Utama

No	Tipe Pesawat	MTOW (kg)	Konfigurasi Roda Pendaratan	Jumlah Roda Belakang	W ₂	W ₁
					kg	kg
1	B777-300ER	352.441	<i>Tridem</i>	12	27.901,58	27.901,58
2	B737-900ER	85.366	<i>Dual Wheel</i>	4	20.274,43	27.901,58
3	ATR 72-600	23.000	<i>Dual Wheel</i>	4	5.462,50	27.901,58

Tabel 5.6 Annual Departure Pesawat Campuran

No	Tipe Pesawat	Annual Departure	Beban Roda Pesawat Campuran (W ₂)	Beban Pesawat Rencana (W ₁)	Keberangkatan Tahunan Pesawat Campuran (R ₂)	Keberangkatan Tahunan Ekuivalen Pesawat Rencana (R ₁)
			kg	kg		
1	B777-300ER	365	27.901,58	27.901,58	365	365
2	B737-900ER	9.024	20.274,43	27.901,58	3.696,23	1.099,7
3	ATR 72-600	3.687	5.462,50	27.901,58	1.510,20	25,5
Total Annual Departure Campuran						1.490,2

Berdasarkan Tabel 5.5 dan Tabel 5.6, didapatkan nilai *equivalent annual departure* yaitu 1.490,2 dan *MTOW* pesawat rencana yaitu B777-300ER seberat

352,441 kg. Setelah mendapatkan nilai *equivalent annual departure*, maka langkah selanjutnya adalah menentukan masing-masing tebal perkerasan dengan menggunakan grafik.

1. Menentukan tebal perkerasan total dan tebal *subbase*

Dalam menentukan tebal perkerasan lentur total pada *runway*, langkah pertama yaitu memplotkan nilai *CBR subgrade* pada *runway* sebesar 6% ke dalam grafik. Setelah itu tarik garis lurus secara vertikal hingga menyentuh kurva *weight on main landing gear* yaitu seberat 352.441 kg. Kemudian teruskan garis hingga menyentuh kurva *annual departures* yaitu 1.440,2.

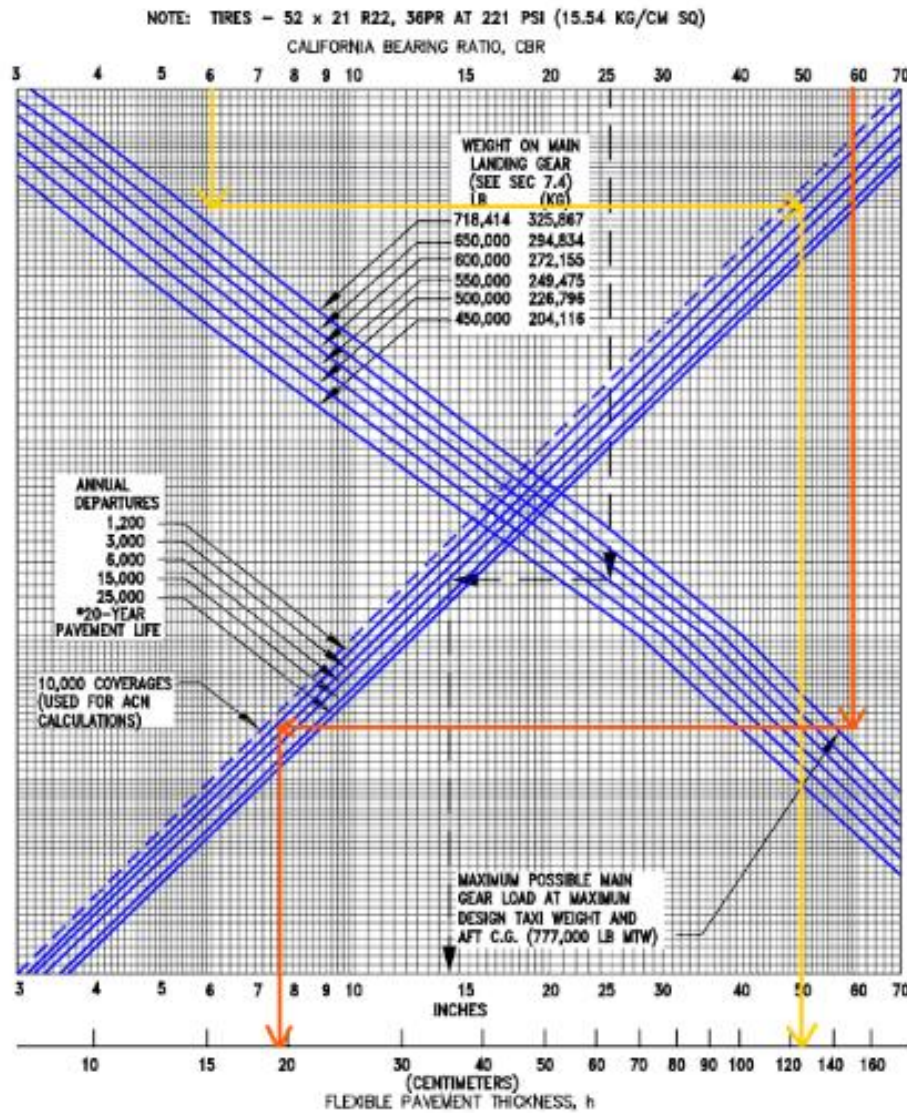
Selanjutnya yaitu menentukan tebal lapis pondasi bawah (*subbase course*). Ketebalan lapis *subbase* ditentukan dengan cara yang sama seperti tebal perkerasan total, namun menggunakan nilai *CBR subbase* yaitu 59%. Berikut merupakan perhitungan tebal menggunakan grafik dapat dilihat pada Gambar 5.2.

Berdasarkan Gambar 5.2, maka dihasilkan total tebal perkerasan lentur pada *runway* adalah 50 inci (127 cm) dan total tebal perkerasan *surface* dan *base* didapat tebal 7,6 inci (19,3 cm), sehingga dapat ditentukan tebal lapisan *subbase* dengan cara berikut ini.

$$\begin{aligned} \text{Tebal } \textit{subbase} &= \text{tebal total} - \text{total tebal perkerasan } \textit{surface} \text{ dan } \textit{base} \\ &= 50 \text{ inci} - 7,6 \text{ inci} \\ &= 42,4 \text{ inci} \end{aligned}$$

2. Menentukan tebal lapis permukaan (*surface course*)

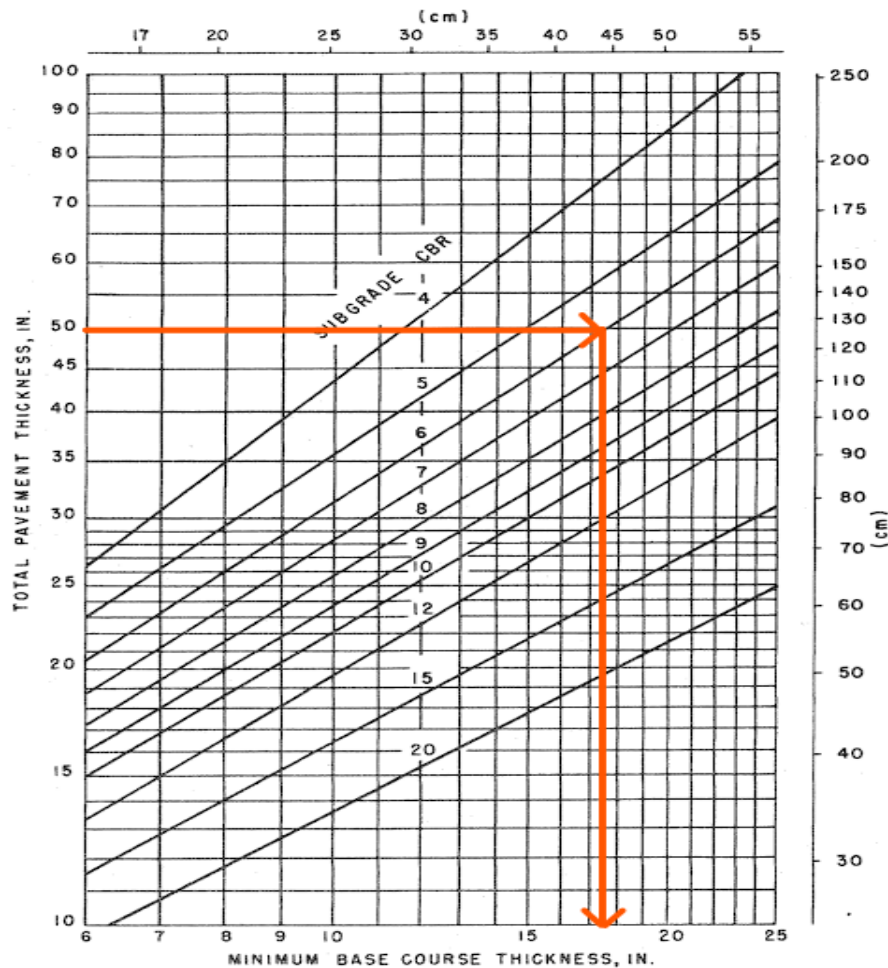
Lapis permukaan ditentukan setebal 125 mm (4,9 inci) disamakan dengan desain tebal lapis permukaan pada eksisting *runway* Bandara Dhoho.



Gambar 5.2 Grafik Perhitungan Tebal Perkerasan Tahap I Pesawat Rencana B777-300ER

3. Menentukan tebal lapis pondasi atas (*base course*)

Tebal *base* minimum didapatkan dengan memasukkan nilai total tebal perkerasan yaitu 50 inci hingga menyentuh kurva *CBR subgrade* 6% kemudian tarik ke bawah sehingga didapatkannya nilai tebal minimum *base course*. Berikut merupakan perhitungan tebal minimum *base course* dengan menggunakan grafik pada Gambar 5.3.



Gambar 5.3 Grafik Perhitungan Tebal Minimum *Base Course* Tahap I Pesawat Rencana B777-300ER

Berdasarkan Grafik 5.3, dapat diketahui bahwa tebal *base course* minimum pada *runway* adalah 17,5 inci (44,45 cm). Untuk memperoleh tebal lapis *base* adalah dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Tebal } base &= \text{total tebal perkerasan } surface \text{ dan } base - \text{tebal } surface \\
 &= 7,6 \text{ inci} - 4,9 \text{ inci} \\
 &= 2,7 \text{ inci}
 \end{aligned}$$

Namun, tebal *base course* minimum dari Grafik 5.3 adalah 17,5 sedangkan dari hasil perhitungan didapat 2,7 inci, sehingga kekurangan 14,8 inci yang dapat diambil dari tebal lapisan *subbase*. Maka hasil perhitungan desain perkerasan dengan metode *FAA* berdasar dokumen *Advisory Circular 150/5320-6D* untuk

20 tahun mendatang didapat tebal perkerasan total sebesar 50 inci (127 cm) dengan tebal masing-masing lapisannya sebagai berikut.

Lapisan <i>surface</i>	= 4,9 inci (125 mm)
Lapisan <i>base</i>	= 17,5 inci (444,5 mm)
Lapisan <i>subbase</i>	= 27,6 inci (701,04 mm)

Akan tetapi, untuk desain yang digunakan pada pengaplikasian di lapangan adalah pembulatan 0,5 cm ke atas dari hasil tebal yang didapat. Maka hasil akhir desain yang digunakan yaitu sebagai berikut.

Lapisan <i>surface</i>	= 125 mm (4,9 inci)
Lapisan <i>stabilized base</i>	= 175 mm (6,9 inci)
Lapisan <i>base</i>	= 445 mm (17,7 inci)
Lapisan <i>subbase</i>	= 705 mm (27,7 inci)

Tebal lapisan *base* dan *subbase* yang didapat dikonversi sesuai dengan material yang dipilih. Berikut merupakan faktor ekuivalensi yang terdapat pada Tabel 5.7 dan Tabel 5.8.

Tabel 5.7 Faktor Ekuivalen untuk Lapisan *Subbase*

Material	Faktor Ekuivalensi
<i>Bituminous Surface Course</i>	1,7 – 2,3
<i>Bituminous Base Course</i>	1,7 – 2,3
<i>Cold Laid Bituminous Base Course</i>	1,5 – 1,7
<i>Mixed In-place Base Course</i>	1,5 – 1,7
<i>Cement Treated Base Course</i>	1,6 – 2,3
<i>Soil Cement Base Course</i>	1,5 – 2,0
<i>Crushed Aggregate Base Course</i>	1,4 – 2,0
<i>Gravel Sub-base Course</i>	1,0

Sumber: *International Civil Aviation Organization* (1983)

Tabel 5.8 Faktor Ekuivalen untuk Lapisan *Base*

Material	Faktor Ekuivalensi
<i>Bituminous Surface Course</i>	1,2 – 1,6
<i>Bituminous Base Course</i>	1,2 – 1,6
<i>Cold Laid Bituminous Base Course</i>	1,0 – 1,2
<i>Mixed In-place Base Course</i>	1,0 – 1,2
<i>Cement Treated Base Course</i>	1,2 – 1,6
<i>Soil Cement Base Course</i>	-
<i>Crushed Aggregate Base Course</i>	1,0
<i>Gravel Sub-base Course</i>	-

Sumber: *International Civil Aviation Organization* (1983)

Dalam hal ini, tebal lapisan *base* yang didapatkan setebal 445 mm dengan material yang dipilih adalah P-209 *Crushed Aggregate* memiliki nilai konversi 1,0 sehingga tebal lapisan *subbase* tetap setebal 445 mm. Tebal lapisan *subbase* yang didapat setebal 705 mm dengan material P-154 *Uncrushed Aggregate* memiliki nilai konversi 1,0 sehingga tebal lapisan *subbase* tetap yaitu 705 mm.

5.6.2 Alternatif Desain Tahap II (2043-2058) Pesawat Rencana B777-300ER

Berikut merupakan prosedur perhitungan desain perkerasan *runway* pada tahap II untuk Bandara Dhoho Kediri. Pesawat rencana yang digunakan sama seperti analisis sebelumnya yaitu menggunakan pesawat rencana B777-300ER karena merupakan pesawat dengan *MTOW* terbesar yang beroperasi di Bandar Udara Dhoho, pesawat tipe B777-300ER ini memiliki konfigurasi roda pendaratan *tridem*. Berikut merupakan tabel konfigurasi roda pada masing-masing pesawat yang dapat dilihat pada Tabel 5.9.

Tabel 5.9 Konfigurasi Tipe Roda Pesawat

No.	Tipe Pesawat	Konfigurasi Roda
1	B777-300ER	<i>Tridem</i>
2	B737-900ER	<i>Dual Wheel</i>
3	ATR 72-600	<i>Dual Wheel</i>

Sumber: PT Jagat Tribuana Sakti (2023)

Setelah mengetahui konfigurasi roda dari setiap pesawat yang beroperasi di Bandara Dhoho, langkah selanjutnya adalah mengkonversi semua jenis pesawat ke konfigurasi roda yang sama dengan pesawat rencana yaitu pesawat B777-300ER dengan konfigurasi roda *tridem*. Dengan demikian, semua konfigurasi roda pesawat akan dikonversi ke *tridem*. Persamaan umum untuk konversi berdasarkan *Federal Aviation Administration* (1978) dapat dilihat pada Persamaan 5.1. Adapun contoh perhitungan untuk mencari nilai konversi yakni sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Pesawat B737-900ER} = Y &= 0,8^{(M-N)} \\
 &= 0,8^{(6-2)} \\
 &= 0,8^{(4)} \\
 &= 0,41
 \end{aligned}$$

Pada perhitungan di atas konfigurasi roda pesawat B737-900ER yaitu *dual wheel* akan dikonversi ke konfigurasi roda *tridem*. Pesawat B777-300ER memiliki konfigurasi roda yang terdiri dari 6 konfigurasi gandar dan jumlah roda 12 buah, sedangkan pesawat B737-900ER memiliki konfigurasi roda yang terdiri dari 2 konfigurasi gandar dan jumlah roda 4 buah. Maka:

M adalah jumlah konfigurasi gandar pesawat B777-300ER yaitu 6, dan

N adalah jumlah konfigurasi gandar pesawat B737-900ER yaitu 2.

Tabel 5.10 Hasil Konversi ke Konfigurasi Roda Pesawat Rencana

Tipe Pesawat	Jumlah Roda Belakang	Konfigurasi Roda Pesawat		Faktor Pengali
		Dari	Ke	
B777-300ER	12	<i>Tridem</i>	<i>Tridem</i>	1
B737-900ER	4	<i>Dual Wheel</i>	<i>Tridem</i>	0,41
ATR 72-600	4	<i>Dual Wheel</i>	<i>Tridem</i>	0,41

Langkah selanjutnya adalah menghitung jumlah keberangkatan tahunan (*annual departure*) pesawat campuran dengan cara mengalikan keberangkatan tahunan pesawat dengan faktor pengali hasil konversi konfigurasi roda pesawat rencana yang terdapat pada Tabel 5.10. Perhitungan nilai R_2 dapat diuraikan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Pesawat B777-300ER} = R_2 &= \text{keberangkatan tahunan} \times \text{faktor pengali} \\
 &= 730 \times 1 \\
 &= 730
 \end{aligned}$$

Perhitungan jenis pesawat lainnya dilakukan dengan cara yang sama. Selanjutnya yaitu menghitung beban roda pesawat campuran (W_2). Nilai W_2 dapat dihitung dengan cara sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Pesawat B737-900ER} = W_2 &= MTOW \times 0,95 \times \frac{1}{\text{jumlah roda utama}} \\
 &= 85.366 \times 0,95 \times \frac{1}{4} \\
 &= 20.274,43 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Langkah yang sama untuk menghitung nilai W_2 dilakukan juga pada pesawat lainnya. Selanjutnya adalah menghitung beban roda pesawat rencana (W_1) dengan cara sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Pesawat B777-300ER} = W_1 &= \text{beban} \times 0,95 \times \frac{1}{\text{jumlah roda utama}} \\
 &= 352.441 \times 0,95 \times \frac{1}{12} \\
 &= 27.901,58 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Selanjutnya adalah menghitung keberangkatan tahunan ekuivalen pesawat rencana (R_1). Nilai R_1 dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Pesawat B777-300ER} = \log R_1 &= \log R_2 \times \left(\frac{W_2}{W_1}\right)^{\frac{1}{2}} \\
 &= \log 730 \times \left(\frac{27.901,58}{27.901,58}\right)^{\frac{1}{2}} \\
 \log R_1 &= 2,86 \\
 R_1 &= 730
 \end{aligned}$$

Langkah yang sama juga diterapkan pada jenis pesawat lainnya. Berdasarkan perhitungan-perhitungan yang telah dilakukan di atas, maka didapatkan rekapitulasi *annual departure* pesawat campuran seperti pada Tabel 5.11.

Tabel 5.11 Annual Departure Pesawat Campuran

No	Tipe Pesawat	Annual Departure	Beban Roda Pesawat Campuran (W_2)	Beban Pesawat Rencana (W_1)	Keberangkatan Tahunan Pesawat Campuran (R_2)	Keberangkatan Tahunan Ekuivalen Pesawat Rencana (R_1)
			kg	kg		
1	B777-300ER	730	27.901,58	27.901,58	730	730
2	B737-900ER	35.197	20.274,43	27.901,58	14.416,69	3.508,74
3	ATR 72-600	10.246	5.462,5	27.901,58	4.196,76	40,09
Total Annual Departure Campuran						4.278,83

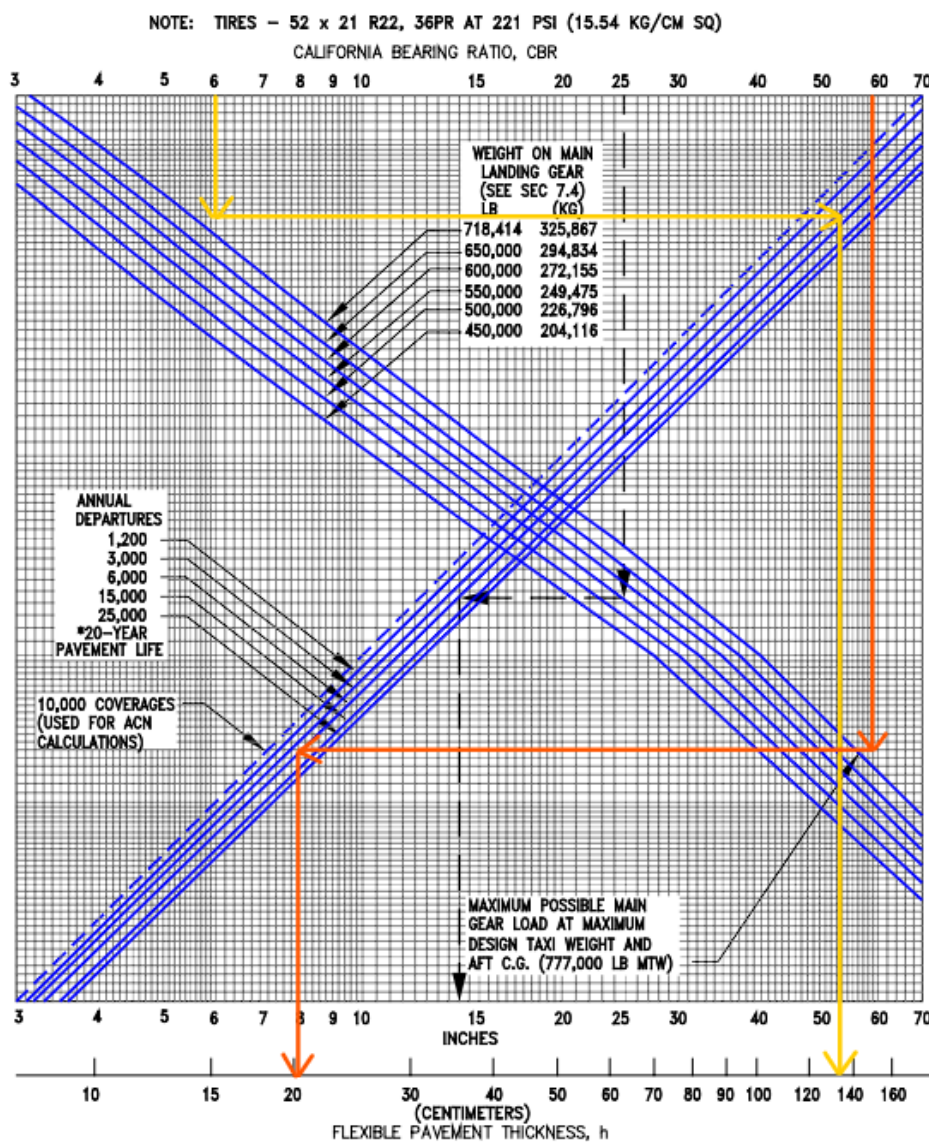
Berdasarkan Tabel 5.11, didapatkan nilai *equivalent annual departure* yaitu 4.278,83 pada pesawat rencana B777-300ER dengan *MTOW* seberat 352.441 kg. Setelah mendapatkan nilai *equivalent annual departure*, maka langkah selanjutnya adalah menentukan masing-masing tebal perkerasan dengan menggunakan grafik yang terdapat pada dokumen *Advisory Circular 150/5320-6D*.

1. Menentukan tebal perkerasan total dan tebal *subbase*

Dalam menentukan tebal perkerasan lentur total pada *runway*, langkah pertama yaitu memplotkan nilai *CBR subgrade* pada *runway* sebesar 6% ke

dalam grafik. Setelah itu tarik garis lurus secara vertikal hingga menyentuh kurva *weight on main landing gear* yaitu seberat 352,441 kg. Kemudian teruskan garis hingga menyentuh kurva *annual departures* yaitu 4.277,75.

Selanjutnya yaitu menentukan tebal lapis pondasi bawah (*subbase course*). Ketebalan lapis *subbase* juga ditentukan dengan cara yang sama seperti tebal perkerasan total, namun menggunakan nilai *CBR subbase* yaitu 59%. Berikut merupakan grafik penentuan tebal perkerasan total dan tebal *subbase course* yang terdapat pada Gambar 5.4.



Gambar 5.4 Grafik Perhitungan Tebal Perkerasan Tahap II Pesawat Rencana B777-300ER

Berdasarkan Gambar 5.4, maka dihasilkan total tebal perkerasan lentur pada *runway* adalah 54 inci (137,16 cm) dan total tebal perkerasan *surface* dan *base* didapat tebal 8 inci (20,32 cm), sehingga dapat ditentukan tebal lapisan *subbase* dengan cara berikut ini.

$$\begin{aligned}\text{Tebal } \textit{subbase} &= \text{tebal total} - \text{total tebal perkerasan } \textit{surface} \text{ dan } \textit{base} \\ &= 54 \text{ inci} - 8 \text{ inci} \\ &= 46 \text{ inci}\end{aligned}$$

2. Menentukan tebal lapis permukaan (*surface course*)

Lapis permukaan ditentukan setebal 125 mm (4,9 inci) disamakan dengan desain tebal lapis permukaan pada eksisting *runway* Bandara Dhoho.

3. Menentukan tebal lapis pondasi atas (*base course*)

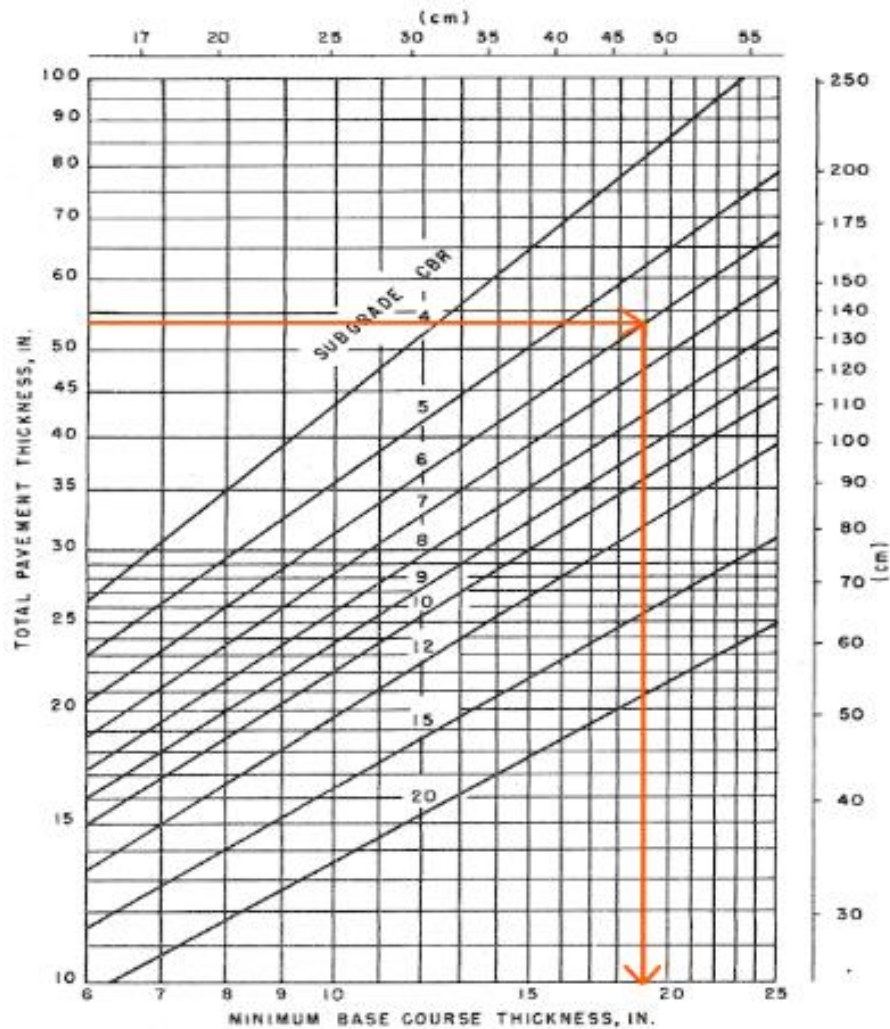
Tebal *base* minimum didapatkan dengan memasukkan nilai total tebal perkerasan yaitu 54 inci hingga menyentuh kurva *CBR subgrade* 6% kemudian tarik ke bawah sehingga didapatkannya nilai tebal minimum *base course*. Berikut merupakan perhitungan tebal minimum *base course* dengan menggunakan grafik pada Gambar 5.5.

Berdasarkan Grafik 5.5, dapat diketahui bahwa tebal *base course* minimum pada *runway* adalah 19 inci (48,26 cm). Untuk memperoleh tebal lapis *base* adalah dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{Tebal } \textit{base} &= \text{total tebal perkerasan } \textit{surface} \text{ dan } \textit{base} - \text{tebal } \textit{surface} \\ &= 8 \text{ inci} - 4,9 \text{ inci} \\ &= 3,1 \text{ inci}\end{aligned}$$

Namun, tebal *base course* minimum dari Grafik 5.5 adalah 19 sedangkan dari hasil perhitungan didapat 3,1 inci, sehingga kekurangan 15,9 inci yang dapat diambil dari tebal lapisan *subbase*. Maka hasil perhitungan desain perkerasan dengan metode *FAA* berdasar dokumen *Advisory Circular* 150/5320-6D untuk 20 tahun mendatang didapat tebal perkerasan total sebesar 54 inci (137,16 cm) dengan tebal masing-masing lapisannya sebagai berikut.

Lapisan <i>surface</i>	= 4,9 inci (102 mm)
Lapisan <i>base</i>	= 19 inci (482,6 mm)
Lapisan <i>subbase</i>	= 30,1 inci (787,4 mm)



Gambar 5.5 Grafik Perhitungan Tebal Minimum *Base Course* Tahap II Pesawat Rencana B777-300ER

Akan tetapi, untuk desain yang digunakan pada pengaplikasian di lapangan adalah pembulatan 0,5 cm ke atas dari hasil tebal yang didapat. Maka hasil akhir desain yang digunakan yaitu sebagai berikut.

Lapisan <i>surface</i>	= 125 mm (4,9 inci)
Lapisan <i>stabilized base</i>	= 175 mm (6,9 inci)
Lapisan <i>base</i>	= 485 mm (19,1 inci)
Lapisan <i>subbase</i>	= 790 mm (31,1 inci)

Tebal lapisan *base* dan *subbase* yang didapat dikonversi sesuai dengan material yang dipilih. Faktor ekuivalensi dapat dilihat pada Tabel 5.8 dan Tabel

5.9. Dalam hal ini, tebal lapisan *base* yang didapatkan setebal tebal 485 mm dengan material yang dipilih adalah P-209 *Crushed Aggregate* memiliki nilai konversi 1,0 sehingga tebal lapisan *subbase* tetap setebal 485 mm. Tebal lapisan *subbase* yang didapat setebal 790 mm dengan material P-154 *Uncrushed Aggregate* memiliki nilai konversi 1,0 sehingga tebal lapisan *subbase* tetap yaitu 790 mm.

5.6.3 Alternatif Desain Tahap III (2059-2072) Pesawat Rencana B777-300ER

Berikut merupakan prosedur perhitungan desain perkerasan *runway* pada tahap III untuk Bandara Dhoho Kediri. Pesawat rencana yang digunakan sama seperti analisis sebelumnya yaitu menggunakan pesawat rencana B777-300ER karena merupakan pesawat dengan *MTOW* terbesar yang beroperasi di Bandar Udara Dhoho, pesawat tipe B777-300ER ini memiliki konfigurasi roda pendaratan *tridem*. Berikut merupakan tabel konfigurasi roda pada masing-masing pesawat yang dapat dilihat pada Tabel 5.12.

Tabel 5.12 Konfigurasi Tipe Roda Pesawat

No.	Tipe Pesawat	Konfigurasi Roda
1	B777-300ER	<i>Tridem</i>
2	B737-900ER	<i>Dual Wheel</i>
3	ATR 72-600	<i>Dual Wheel</i>

Sumber: PT Jagat Tribuana Sakti (2023)

Setelah mengetahui konfigurasi roda dari setiap pesawat yang beroperasi di Bandara Dhoho, langkah selanjutnya adalah mengkonversi semua jenis pesawat ke konfigurasi roda yang sama dengan pesawat rencana yaitu pesawat B777-300ER dengan konfigurasi roda *tridem*. Dengan demikian, semua konfigurasi roda pesawat akan dikonversi ke *tridem*. Persamaan umum untuk konversi berdasarkan *Federal Aviation Administration* (1978) dapat dilihat pada Persamaan 5.1. Adapun contoh perhitungan untuk mencari nilai konversi yakni sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Pesawat B737-900ER} = Y &= 0,8^{(M-N)} \\
 &= 0,8^{(6-2)} \\
 &= 0,8^{(4)}
 \end{aligned}$$

$$= 0,41$$

Pada perhitungan di atas konfigurasi roda pesawat B737-900ER yaitu *dual wheel* akan dikonversi ke konfigurasi roda *tridem*. Pesawat B777-300ER memiliki konfigurasi roda yang terdiri dari 6 konfigurasi gandar dan jumlah roda 12 buah, sedangkan pesawat B737-900ER memiliki konfigurasi roda yang terdiri dari 2 konfigurasi gandar dan jumlah roda 4 buah. Maka:

M adalah jumlah konfigurasi gandar pesawat B777-300ER yaitu 6, dan

N adalah jumlah konfigurasi gandar pesawat B737-900ER yaitu 2.

Tabel 5.13 Hasil Konversi ke Konfigurasi Roda Pesawat Rencana

Tipe Pesawat	Jumlah Roda Belakang	Konfigurasi Roda Pesawat		Faktor Pengali
		Dari	Ke	
B777-300ER	12	<i>Tridem</i>	<i>Tridem</i>	1
B737-900ER	4	<i>Dual Wheel</i>	<i>Tridem</i>	0,41
ATR 72-600	4	<i>Dual Wheel</i>	<i>Tridem</i>	0,41

Langkah selanjutnya adalah menghitung jumlah keberangkatan tahunan (*annual departure*) pesawat campuran dengan cara mengalikan keberangkatan tahunan pesawat dengan faktor pengali hasil konversi konfigurasi roda pesawat rencana yang terdapat pada Tabel 5.13. Perhitungan nilai R_2 dapat diuraikan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Pesawat B777-300ER} = R_2 &= \text{keberangkatan tahunan} \times \text{faktor pengali} \\ &= 1460 \times 1 \\ &= 1460 \end{aligned}$$

Perhitungan jenis pesawat lainnya dilakukan dengan cara yang sama. Selanjutnya yaitu menghitung beban roda pesawat campuran (W_2). Nilai W_2 dapat dihitung dengan cara sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Pesawat B737-900ER} = W_2 &= MTOW \times 0,95 \times \frac{1}{\text{jumlah roda utama}} \\ &= 85.366 \times 0,95 \times \frac{1}{4} \\ &= 20.274,43 \text{ kg} \end{aligned}$$

Langkah yang sama untuk menghitung nilai W_2 dilakukan juga pada pesawat lainnya. Selanjutnya adalah menghitung beban roda pesawat rencana (W_1) dengan cara sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Pesawat B777-300ER} = W_1 &= \text{beban} \times 0,95 \times \frac{1}{\text{jumlah roda utama}} \\ &= 352.441 \times 0,95 \times \frac{1}{12} \\ &= 27.901,58 \text{ kg} \end{aligned}$$

Selanjutnya adalah menghitung keberangkatan tahunan ekuivalen pesawat rencana (R_1). Nilai R_1 dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Pesawat B777-300ER} = \log R_1 &= \log R_2 \times \left(\frac{W_2}{W_1}\right)^{\frac{1}{2}} \\ &= \log 1460 \times \left(\frac{27.901,58}{27.901,58}\right)^{\frac{1}{2}} \\ \log R_1 &= 3,16 \\ R_1 &= 1460 \end{aligned}$$

Langkah yang sama juga diterapkan pada jenis pesawat lainnya. Berdasarkan perhitungan-perhitungan yang telah dilakukan di atas, maka didapatkan rekapitulasi *annual departure* pesawat campuran seperti pada Tabel 5.14.

Tabel 5.14 Annual Departure Pesawat Campuran

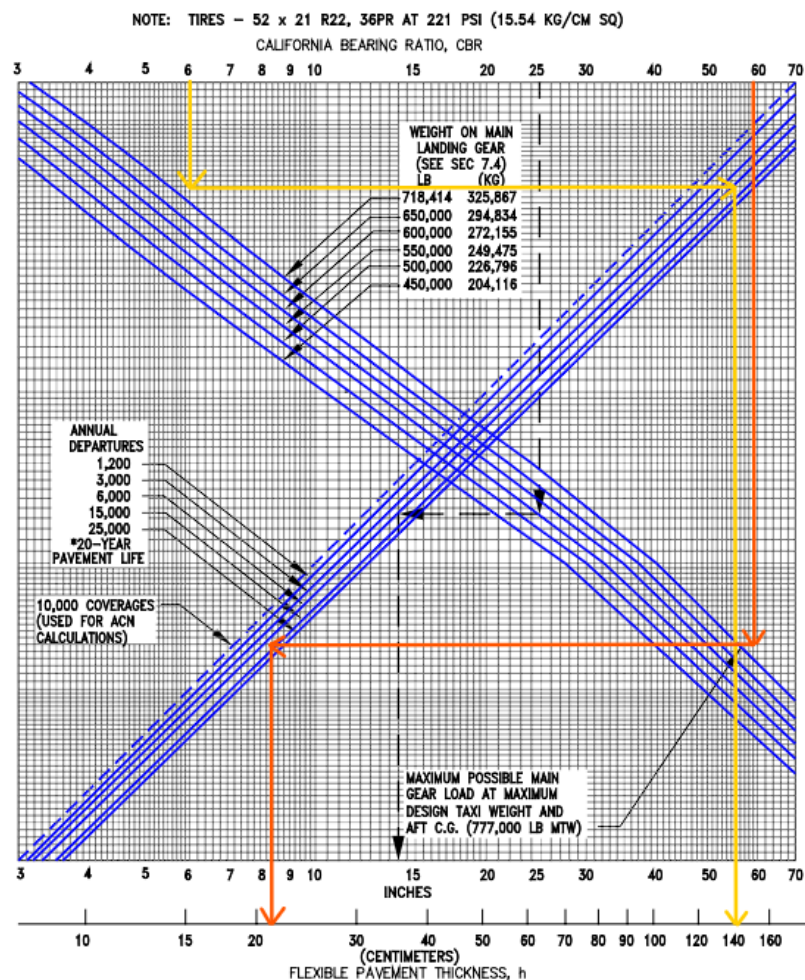
No	Tipe Pesawat	Annual Departure	Beban Roda Pesawat Campuran (W_2)	Beban Pesawat Rencana (W_1)	Keberangkatan Tahunan Pesawat Campuran (R_2)	Keberangkatan Tahunan Ekuivalen Pesawat Rencana (R_1)
			kg	kg		
1	B777-300ER	1.460	27.901.58	27.901.58	1.460	1.460
2	B737-900ER	55.943	20.274,43	27.901.58	22.914,25	5.208,29
3	ATR 72-600	15.259	5.462,5	27.901.58	6.250,09	47,81
Total Annual Departure Campuran						6.716,1

Berdasarkan Tabel 5.14, didapatkan nilai *equivalent annual departure* yaitu 6.716,1 pada pesawat rencana B777-300ER dengan *MTOW* seberat 352.441 kg. Setelah mendapatkan nilai *equivalent annual departure*, maka langkah selanjutnya adalah menentukan masing-masing tebal perkerasan dengan menggunakan grafik yang terdapat pada dokumen *Advisory Circular 150/5320-6D*.

1. Menentukan tebal perkerasan total dan tebal *subbase*

Dalam menentukan tebal perkerasan lentur total pada *runway*, langkah pertama yaitu memplotkan nilai *CBR subgrade* pada *runway* sebesar 6% ke dalam grafik. Setelah itu tarik garis lurus secara vertikal hingga menyentuh kurva *weight on main landing gear* yaitu seberat 352.441 kg. Kemudian teruskan garis hingga menyentuh kurva *annual departures* yaitu 6.716,1.

Selanjutnya yaitu menentukan tebal lapis pondasi bawah (*subbase course*). Ketebalan lapis *subbase* juga ditentukan dengan cara yang sama seperti tebal perkerasan total, namun menggunakan nilai *CBR subbase* yaitu 59%. Berikut merupakan grafik penentuan tebal perkerasan total dan tebal *subbase course* yang terdapat pada Gambar 5.6.



Gambar 5.6 Grafik Perhitungan Tebal Perkerasan Tahap III Pesawat Rencana B777-300ER

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.6, maka dihasilkan total tebal perkerasan lentur pada *runway* adalah 55,1 inci (140 cm) dan total tebal perkerasan *surface* dan *base* didapat tebal 8,4 inci (21,336 cm), sehingga dapat ditentukan tebal lapisan *subbase* dengan cara berikut ini.

$$\begin{aligned}\text{Tebal } subbase &= \text{tebal total} - \text{total tebal perkerasan } surface \text{ dan } base \\ &= 55,1 \text{ inci} - 8,4 \text{ inci} \\ &= 46,7 \text{ inci}\end{aligned}$$

2. Menentukan tebal lapis permukaan (*surface course*)

Lapis permukaan ditentukan setebal 175 mm (6,9 inci) disamakan dengan desain tebal lapis permukaan pada eksisting *runway* Bandara Dhoho.

3. Menentukan tebal lapis pondasi atas (*base course*)

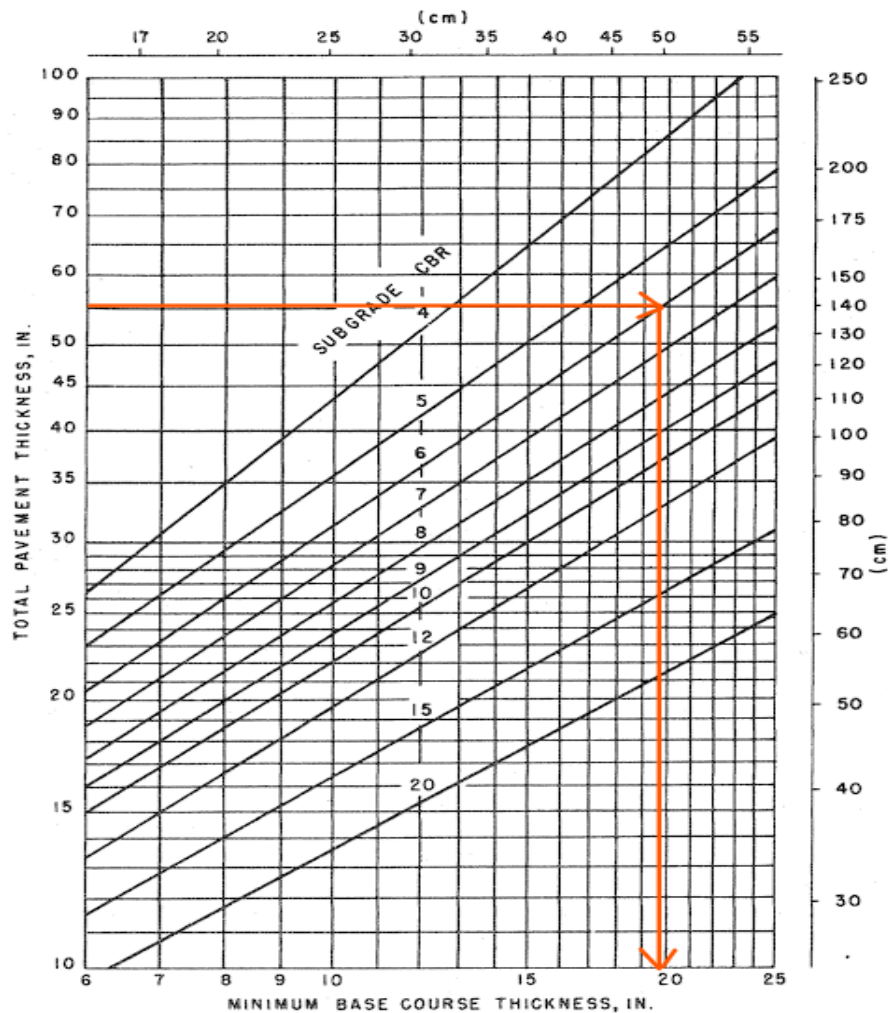
Tebal *base* minimum didapatkan dengan memasukkan nilai total tebal perkerasan yaitu 55,1 inci hingga menyentuh kurva *CBR subgrade* 6% kemudian tarik ke bawah sehingga didapatkannya nilai tebal minimum *base course*. Berikut merupakan perhitungan tebal minimum *base course* dengan menggunakan grafik pada Gambar 5.7.

Berdasarkan Grafik 5.7, dapat diketahui bahwa tebal *base course* minimum pada *runway* adalah 19,9 inci (50,546 cm). Untuk memperoleh tebal lapis *base* adalah dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{Tebal } base &= \text{total tebal perkerasan } surface \text{ dan } base - \text{tebal } surface \\ &= 8,4 \text{ inci} - 6,9 \text{ inci} \\ &= 1,5 \text{ inci}\end{aligned}$$

Namun, tebal *base course* minimum dari grafik di atas adalah 19,9 sedangkan dari hasil perhitungan didapat 1,5 inci, sehingga kekurangan 18,4 inci yang dapat diambil dari tebal lapisan *subbase*. Maka hasil perhitungan desain perkerasan dengan metode *FAA* berdasar dokumen *Advisory Circular* 150/5320-6D untuk 20 tahun mendatang didapat tebal perkerasan total sebesar 55,1 inci (140 cm) dengan tebal masing-masing lapisannya sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{Lapisan } surface &= 6,9 \text{ inci (175 mm)} \\ \text{Lapisan } base &= 19,9 \text{ inci (505,46 mm)} \\ \text{Lapisan } subbase &= 28,3 \text{ inci (718,82 mm)}\end{aligned}$$



Gambar 5.7 Grafik Perhitungan Tebal Minimum *Base Course* Tahap III Pesawat Rencana B777-300ER

Akan tetapi, untuk desain yang digunakan pada pengaplikasian di lapangan adalah pembulatan 0,5 cm ke atas dari hasil tebal yang didapat. Maka hasil akhir desain yang digunakan yaitu sebagai berikut.

Lapisan <i>surface</i>	= 175 mm (6,9 inci)
Lapisan <i>stabilized base</i>	= 175 mm (6,9 inci)
Lapisan <i>base</i>	= 510 mm (20,1 inci)
Lapisan <i>subbase</i>	= 720 mm (28,3 inci)

Tebal lapisan *base* dan *subbase* yang didapat dikonversi sesuai dengan material yang dipilih. Faktor ekuivalensi dapat dilihat pada Tabel 5.8 dan Tabel 5.9. Dalam hal ini, tebal lapisan *base* yang didapatkan setebal tebal 510 mm

dengan material yang dipilih adalah P-209 *Crushed Aggregate* memiliki nilai konversi 1,0 sehingga tebal lapisan *subbase* tetap setebal 510 mm. Tebal lapisan *subbase* yang didapat setebal 770 mm dengan material P-154 *Uncrushed Aggregate* memiliki nilai konversi 1,0 sehingga tebal lapisan *subbase* tetap yaitu 770 mm.

5.6.4 Alternatif Desain Tahap I (2023-2042) Pesawat Rencana B737-900ER

Berbeda dengan analisis sebelumnya yang menggunakan pesawat rencana jenis B777-300ER, pada alternatif dua ini desain perkerasan lentur pada *runway* Bandara Dhoho umur perencanaan tahap I menggunakan pesawat rencana B737-900ER. Pesawat tipe B737-900ER dijadikan sebagai pesawat rencana karena pesawat ini memiliki keberangkatan tahunan terbanyak dalam tiga tahap umur perencanaan di Bandara Dhoho. Pesawat tipe B737-900ER ini memiliki konfigurasi roda pendaratan *dual wheel*. Berikut merupakan tabel konfigurasi roda pada masing-masing pesawat yang dapat dilihat pada Tabel 5.15.

Tabel 5.15 Konfigurasi Tipe Roda Pesawat

No.	Tipe Pesawat	Konfigurasi Roda
1	B777-300ER	<i>Tridem</i>
2	B737-900ER	<i>Dual Wheel</i>
3	ATR 72-600	<i>Dual Wheel</i>

Sumber: PT Jagat Tribuana Sakti (2023)

Setelah mengetahui konfigurasi roda dari setiap pesawat yang beroperasi di Bandara Dhoho, langkah selanjutnya adalah mengkonversi semua jenis pesawat ke konfigurasi roda yang sama dengan pesawat rencana yaitu pesawat B737-900ER dengan konfigurasi roda *dual wheel*. Dengan demikian, semua konfigurasi roda pesawat akan dikonversi ke *dual wheel*. Persamaan umum untuk konversi berdasarkan *Federal Aviation Administration* (1978) dapat dilihat pada Persamaan 5.1 di atas. Adapun contoh perhitungan untuk mencari nilai konversi yakni sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Pesawat B737-900ER} = Y &= 0,8^{(M-N)} \\ &= 0,8^{(2-6)} \end{aligned}$$

$$= 0,8^{(-4)}$$

$$= 2,441$$

Pada perhitungan di atas konfigurasi roda pesawat B777-300ER yaitu *tridem* akan dikonversi ke konfigurasi roda *dual wheel*. Pesawat B737-900ER memiliki konfigurasi roda yang terdiri dari 2 konfigurasi gandar dan jumlah roda 4 buah, sedangkan pesawat B777-300ER memiliki konfigurasi roda yang terdiri dari 6 konfigurasi gandar dan jumlah roda 12 buah. Maka:

M adalah jumlah konfigurasi gandar pesawat B737-900ER yaitu 2, dan

N adalah jumlah konfigurasi gandar pesawat B777-300ER yaitu 6.

Tabel 5.16 Hasil Konversi ke Konfigurasi Roda Pesawat Rencana

Tipe Pesawat	Jumlah Roda Belakang	Konfigurasi Roda Pesawat		Faktor Pengali
		Dari	Ke	
B777-300ER	12	<i>Tridem</i>	<i>Dual Wheel</i>	1
B737-900ER	4	<i>Dual Wheel</i>	<i>Dual Wheel</i>	2,441
ATR 72-600	4	<i>Dual Wheel</i>	<i>Dual Wheel</i>	2,441

Langkah selanjutnya adalah menghitung jumlah keberangkatan tahunan (*annual departure*) pesawat campuran dengan cara mengalikan keberangkatan tahunan pesawat dengan faktor pengali hasil konversi konfigurasi roda pesawat rencana yang terdapat pada Tabel 5.16. Perhitungan nilai R_2 dapat diuraikan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Pesawat B777-300ER} = R_2 &= \text{keberangkatan tahunan} \times \text{faktor pengali} \\ &= 365 \times 2,441 \\ &= 891,11 \end{aligned}$$

Perhitungan jenis pesawat lainnya dilakukan dengan cara yang sama. Selanjutnya yaitu menghitung beban roda pesawat campuran (W_2). Nilai W_2 dapat dihitung dengan cara sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Pesawat B777-300ER} = W_2 &= MTOW \times 0,95 \times \frac{1}{\text{jumlah roda utama}} \\ &= 352.441 \times 0,95 \times \frac{1}{12} \\ &= 27.901,58 \text{ kg} \end{aligned}$$

Langkah yang sama untuk menghitung nilai W_2 dilakukan juga pada pesawat lainnya. Selanjutnya adalah menghitung beban roda pesawat rencana (W_1) dengan cara sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Pesawat B737-900ER} = W_1 &= \text{beban} \times 0,95 \times \frac{1}{\text{jumlah roda utama}} \\ &= 85.366 \times 0,95 \times \frac{1}{4} \\ &= 20.274,43 \text{ kg} \end{aligned}$$

Selanjutnya adalah menghitung keberangkatan tahunan ekuivalen pesawat rencana (R_1). Nilai R_1 dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Pesawat B777-300ER} = \log R_1 &= \log R_2 \times \left(\frac{W_2}{W_1}\right)^{\frac{1}{2}} \\ &= \log 891,11 \times \left(\frac{27.901,58}{20.274,43}\right)^{\frac{1}{2}} \\ \log R_1 &= 3,46 \\ R_1 &= 2.888,06 \end{aligned}$$

Langkah yang sama juga diterapkan pada jenis pesawat lainnya. Berdasarkan perhitungan-perhitungan yang telah dilakukan di atas, maka didapatkan rekapitulasi susunan beban maksimum pesawat udara dan konfigurasi roda pendaratan utama yang terdapat pada Tabel 5.17 dan *annual departure* pesawat campuran seperti pada Tabel 5.18.

Tabel 5.17 Susunan Beban Maksimum Pesawat Udara dan Konfigurasi Roda Pendaratan Utama

No	Tipe Pesawat	MTOW (kg)	Konfigurasi Roda Pendaratan	Jumlah Roda Belakang	W_2	W_1
					kg	kg
1	B777-300ER	352.441	<i>Tridem</i>	12	27.901,58	20.274,43
2	B737-900ER	85.366	<i>Dual Wheel</i>	4	20.274,43	20.274,43
3	ATR 72-600	23.000	<i>Dual Wheel</i>	4	5.462,5	20.274,43

Tabel 5.18 Annual Departure Pesawat Campuran

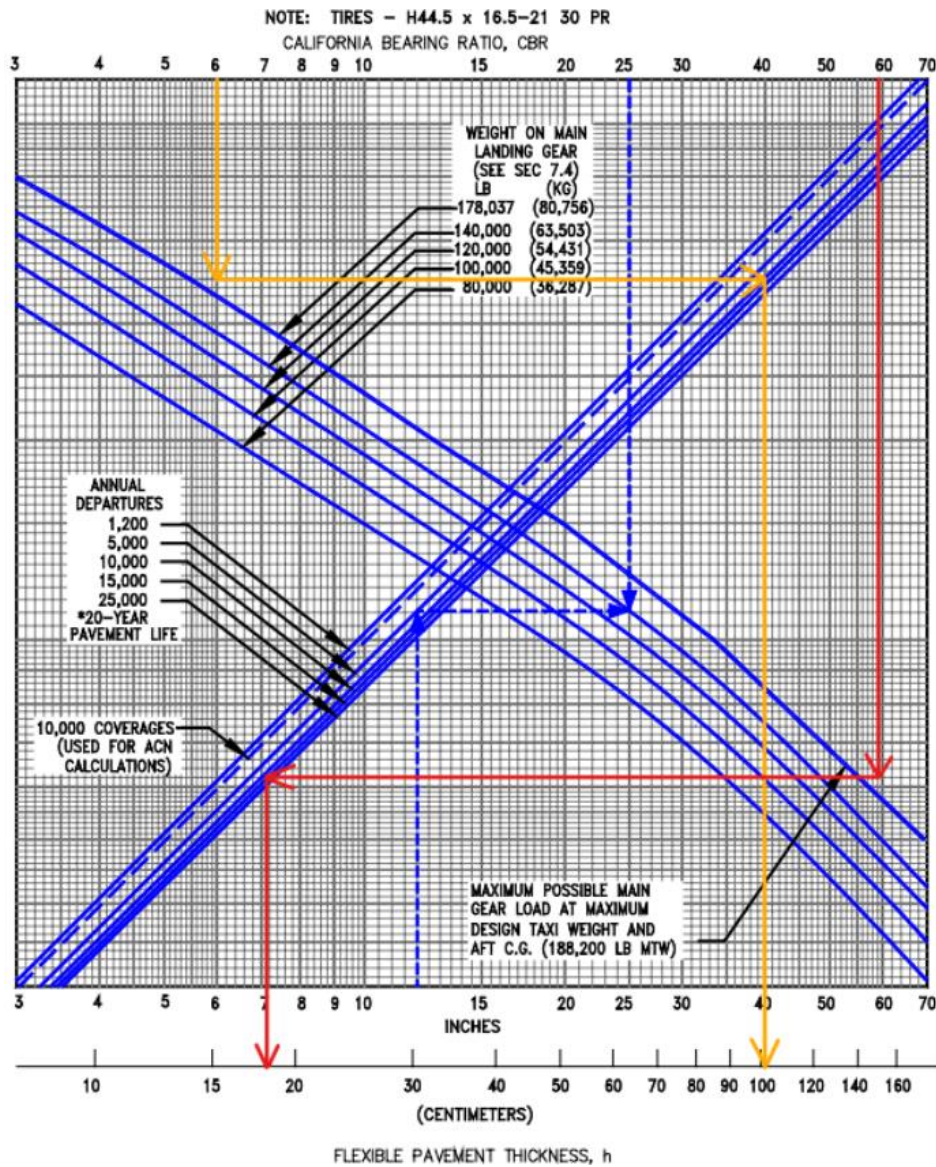
No	Tipe Pesawat	Annual Departure	Beban Roda Pesawat Campuran (W ₂)	Beban Pesawat Rencana (W ₁)	Keberangkatan Tahunan Pesawat Campuran (R ₂)	Keberangkatan Tahunan Ekuivalen Pesawat Rencana (R ₁)
			kg	kg		
1	B777-300ER	365	27.901,58	20.274,43	891,11	2.889,06
2	B737-900ER	9.024	20.274,43	20.274,43	9.024	9.024
3	ATR 72-600	3.687	5.462,5	20.274,43	3.687	71,01
Total Annual Departure Campuran						11.983,08

Berdasarkan Tabel 5.17 dan Tabel 5.18, didapatkan nilai *equivalent annual departure* yaitu 11.983,08 dan *MTOW* pesawat rencana yaitu B737-900ER seberat 85.366 kg. Setelah mendapatkan nilai *equivalent annual departure*, maka langkah selanjutnya adalah menentukan masing-masing tebal perkerasan dengan menggunakan grafik yang terdapat pada dokumen *Advisory Circular 150/5320-6D*.

1. Menentukan tebal perkerasan total dan tebal *subbase*

Dalam menentukan tebal perkerasan lentur total pada *runway*, langkah pertama yaitu memplotkan nilai *CBR subgrade* pada *runway* sebesar 6% ke dalam grafik. Setelah itu tarik garis lurus secara vertikal hingga menyentuh kurva *weight on main landing gear* yaitu seberat 85.366 kg. Kemudian teruskan garis hingga menyentuh kurva *annual departures* yaitu 11.983,08.

Selanjutnya yaitu menentukan tebal lapis pondasi bawah (*subbase course*). Ketebalan lapis *subbase* juga ditentukan dengan cara yang sama seperti tebal perkerasan total, namun menggunakan nilai *CBR subbase* yaitu 59%. Berikut merupakan grafik penentuan tebal perkerasan total dan tebal *subbase course* yang terdapat pada Gambar 5.8.



Gambar 5.8 Grafik Perhitungan Tebal Perkerasan Tahap I Pesawat Rencana B737-900ER

Berdasarkan Gambar 5.8, maka dihasilkan total tebal perkerasan lentur pada *runway* adalah 40 inci (101,6 cm) dan total tebal perkerasan *surface* dan *base* didapat tebal 7,2 inci (18,29 cm), sehingga dapat ditentukan tebal lapisan *subbase* dengan cara berikut ini.

$$\begin{aligned} \text{Tebal subbase} &= \text{tebal total} - \text{total tebal perkerasan surface dan base} \\ &= 40 \text{ inci} - 7,2 \text{ inci} \\ &= 32,8 \text{ inci} \end{aligned}$$

2. Menentukan tebal lapis permukaan (*surface course*)

Lapis permukaan ditentukan setebal 125 mm (4,9 inci) disamakan dengan desain tebal lapis permukaan pada eksisting *runway* Bandara Dhoho.

3. Menentukan tebal lapis pondasi atas (*base course*)

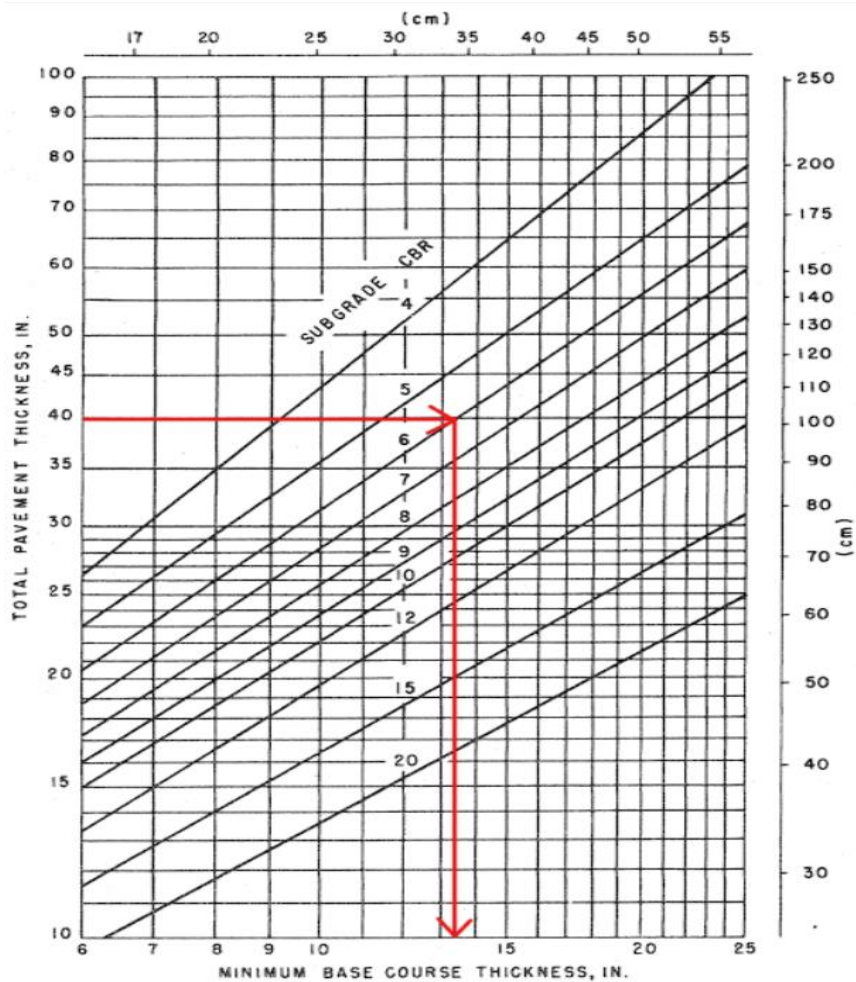
Tebal *base* minimum didapatkan dengan memasukkan nilai total tebal perkerasan yaitu 40 inci hingga menyentuh kurva *CBR subgrade* 6% kemudian tarik ke bawah sehingga didapatkannya nilai tebal minimum *base course*. Berikut merupakan perhitungan tebal minimum *base course* dengan menggunakan grafik pada Gambar 5.9.

Berdasarkan Grafik 5.9 dapat diketahui bahwa tebal *base course* minimum pada *runway* adalah 13,3 inci (33,782 cm). Untuk memperoleh tebal lapis *base* adalah dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Tebal } base &= \text{total tebal perkerasan } surface \text{ dan } base - \text{tebal } surface \\ &= 7,2 \text{ inci} - 4,9 \text{ inci} \\ &= 2,3 \text{ inci} \end{aligned}$$

Namun, tebal *base course* minimum dari Grafik 5.9 adalah 13,3 sedangkan dari hasil perhitungan didapat 2,3 inci, sehingga kekurangan 11 inci yang dapat diambil dari tebal lapisan *subbase*. Maka hasil perhitungan desain perkerasan dengan metode *FAA* berdasar dokumen *Advisory Circular* 150/5320-6D untuk 20 tahun mendatang didapat tebal perkerasan total sebesar 40 inci (101,6 cm) dengan tebal masing-masing lapisannya sebagai berikut.

Lapisan <i>surface</i>	= 4,9 inci (125 mm)
Lapisan <i>base</i>	= 13,3 inci (337,82 mm)
Lapisan <i>subbase</i>	= 21,8 inci (553,72 mm)



Gambar 5.9 Grafik Perhitungan Tebal Minimum *Base Course* Tahap I Pesawat Rencana B737-900ER

Akan tetapi, untuk desain yang digunakan pada pengaplikasian di lapangan adalah pembulatan 0,5 cm ke atas dari hasil tebal yang didapat. Maka hasil akhir desain yang digunakan yaitu sebagai berikut.

Lapisan <i>surface</i>	= 125 mm (4,9 inci)
Lapisan <i>stabilized base</i>	= 175 mm (6,9 inci)
Lapisan <i>base</i>	= 340 mm (13,4 inci)
Lapisan <i>subbase</i>	= 555 mm (21,8 inci)

Tebal lapisan *base* dan *subbase* yang didapat dikonversi sesuai dengan material yang dipilih. Faktor ekuivalensi dapat dilihat pada Tabel 5.8 dan Tabel 5.9. Dalam hal ini, tebal lapisan *base* yang didapatkan setebal tebal 340 mm

dengan material yang dipilih adalah P-209 *Crushed Aggregate* memiliki nilai konversi 1,0 sehingga tebal lapisan *subbase* tetap setebal 340 mm. Tebal lapisan *subbase* yang didapat setebal 555 mm dengan material P-154 *Uncrushed Aggregate* memiliki nilai konversi 1,0 sehingga tebal lapisan *subbase* tetap yaitu 555 mm.

5.6.5 Alternatif Desain Tahap II (2043-2058) Pesawat Rencana B737-900ER

Berbeda dengan analisis sebelumnya yang menggunakan pesawat rencana jenis B777-300ER, pada alternatif dua ini desain perkerasan lentur pada *runway* Bandara Dhoho umur perencanaan tahap II menggunakan pesawat rencana B737-900ER. Pesawat tipe B737-900ER dijadikan sebagai pesawat rencana karena pesawat ini memiliki keberangkatan tahunan terbanyak dalam 3 tahap umur perencanaan di Bandara Dhoho. Pesawat tipe B737-900ER ini memiliki konfigurasi roda pendaratan *dual wheel*. Berikut merupakan tabel konfigurasi roda pada masing-masing pesawat yang dapat dilihat pada Tabel 5.19.

Tabel 5.19 Konfigurasi Tipe Roda Pesawat

No.	Tipe Pesawat	Konfigurasi Roda
1	B777-300ER	<i>Tridem</i>
2	B737-900ER	<i>Dual Wheel</i>
3	ATR 72-600	<i>Dual Wheel</i>

Sumber: PT Jagat Tribuana Sakti (2023)

Setelah mengetahui konfigurasi roda dari setiap pesawat yang beroperasi di Bandara Dhoho, langkah selanjutnya adalah mengkonversi semua jenis pesawat ke konfigurasi roda yang sama dengan pesawat rencana yaitu pesawat B737-900ER dengan konfigurasi roda *dual wheel*. Dengan demikian, semua konfigurasi roda pesawat akan dikonversi ke *dual wheel*. Persamaan umum untuk konversi berdasarkan *Federal Aviation Administration* (1978) dapat dilihat pada Persamaan 5.1. Adapun contoh perhitungan untuk mencari nilai konversi yakni sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Pesawat B737-900ER} = Y &= 0,8^{(M-N)} \\
 &= 0,8^{(2-6)} \\
 &= 0,8^{(-4)}
 \end{aligned}$$

$$= 2,441$$

Pada perhitungan di atas konfigurasi roda pesawat B777-300ER yaitu *tridem* akan dikonversi ke konfigurasi roda *dual wheel*. Pesawat B737-900ER memiliki konfigurasi roda yang terdiri dari 2 konfigurasi gandar dan jumlah roda 4 buah, sedangkan pesawat B777-300ER memiliki konfigurasi roda yang terdiri dari 6 konfigurasi gandar dan jumlah roda 12 buah. Maka:

M adalah jumlah konfigurasi gandar pesawat B737-900ER yaitu 2, dan

N adalah jumlah konfigurasi gandar pesawat B777-300ER yaitu 6.

Tabel 5.20 Hasil Konversi ke Konfigurasi Roda Pesawat Rencana

Tipe Pesawat	Jumlah Roda Belakang	Konfigurasi Roda Pesawat		Faktor Pengali
		Dari	Ke	
B777-300ER	12	<i>Tridem</i>	<i>Dual Wheel</i>	1
B737-900ER	4	<i>Dual Wheel</i>	<i>Dual Wheel</i>	2,441
ATR 72-600	4	<i>Dual Wheel</i>	<i>Dual Wheel</i>	2,441

Langkah selanjutnya adalah menghitung jumlah keberangkatan tahunan (*annual departure*) pesawat campuran dengan cara mengalikan keberangkatan tahunan pesawat dengan faktor pengali hasil konversi konfigurasi roda pesawat rencana yang terdapat pada Tabel 5.20. Perhitungan nilai R_2 dapat diuraikan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Pesawat B777-300ER} = R_2 &= \text{keberangkatan tahunan} \times \text{faktor pengali} \\ &= 730 \times 2,441 \\ &= 1.782,23 \end{aligned}$$

Perhitungan jenis pesawat lainnya dilakukan dengan cara yang sama. Selanjutnya yaitu menghitung beban roda pesawat campuran (W_2). Nilai W_2 dapat dihitung dengan cara sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Pesawat B777-300ER} = W_2 &= MTOW \times 0,95 \times \frac{1}{\text{jumlah roda utama}} \\ &= 352.441 \times 0,95 \times \frac{1}{12} \\ &= 27.901,58 \text{ kg} \end{aligned}$$

Langkah yang sama untuk menghitung nilai W_2 dilakukan juga pada pesawat lainnya. Selanjutnya adalah menghitung beban roda pesawat rencana (W_1) dengan cara sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Pesawat B737-900ER} = W_1 &= \text{beban} \times 0,95 \times \frac{1}{\text{jumlah roda utama}} \\ &= 85.366 \times 0,95 \times \frac{1}{4} \\ &= 20.274,43 \text{ kg} \end{aligned}$$

Selanjutnya adalah menghitung keberangkatan tahunan ekuivalen pesawat rencana (R_1). Nilai R_1 dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Pesawat B777-300ER} = \log R_1 &= \log R_2 \times \left(\frac{W_2}{W_1}\right)^{\frac{1}{2}} \\ &= \log 1.782,23 \times \left(\frac{27.901,58}{20.274,43}\right)^{\frac{1}{2}} \\ \log R_1 &= 3,81 \\ R_1 &= 6.512,52 \end{aligned}$$

Langkah yang sama juga diterapkan pada jenis pesawat lainnya. Berdasarkan perhitungan-perhitungan yang telah dilakukan di atas, maka didapatkan rekapitulasi *annual departure* pesawat campuran seperti pada Tabel 5.21.

Tabel 5.21 Annual Departure Pesawat Campuran

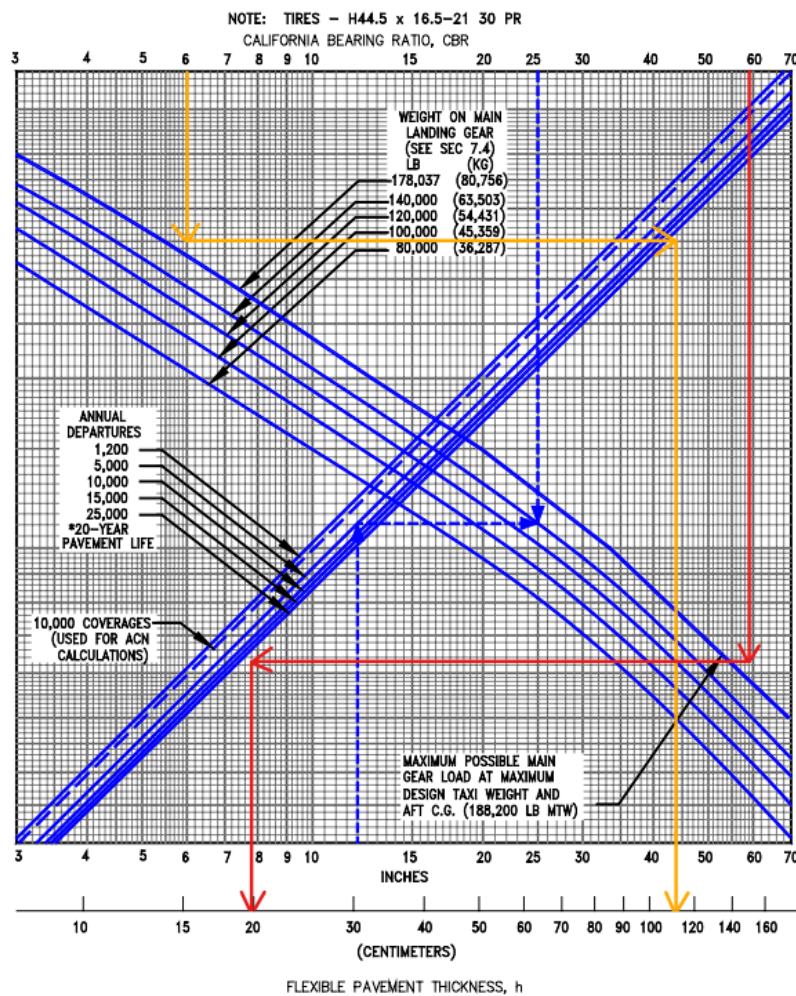
No	Tipe Pesawat	Annual Departure	Beban Roda Pesawat Campuran (W_2)	Beban Pesawat Rencana (W_1)	Keberangkatan Tahunan Pesawat Campuran (R_2)	Keberangkatan Tahunan Ekuivalen Pesawat Rencana (R_1)
			kg	kg		
1	B777-300ER	730	27.901,58	20.274,43	1.782,23	6.512,52
2	B737-900ER	35.197	20.274,43	20.274,43	35.197	35.197
3	ATR 72-600	10.246	5.462,5	20.274,43	10.246	120,71
Total Annual Departure Campuran						41.830,23

Berdasarkan Tabel 5.21, didapatkan nilai *equivalent annual departure* yaitu 41.830,23 pada pesawat rencana B737-900ER dengan *MTOW* seberat 85.366 kg. Setelah mendapatkan nilai *equivalent annual departure*, maka langkah selanjutnya adalah menentukan masing-masing tebal perkerasan dengan menggunakan grafik yang terdapat pada dokumen *Advisory Circular 150/5320-6D*.

1. Menentukan tebal perkerasan total dan tebal *subbase*

Dalam menentukan tebal perkerasan lentur total pada *runway*, langkah pertama yaitu memplotkan nilai *CBR subgrade* pada *runway* sebesar 6% ke dalam grafik. Setelah itu tarik garis lurus secara vertikal hingga menyentuh kurva *weight on main landing gear* yaitu seberat 85.366 kg. Kemudian teruskan garis hingga menyentuh kurva *annual departures* yaitu 41.830,23.

Selanjutnya yaitu menentukan tebal lapis pondasi bawah (*subbase course*). Ketebalan lapis *subbase* juga ditentukan dengan cara yang sama seperti tebal perkerasan total, namun menggunakan nilai *CBR subbase* yaitu 59%. Berikut merupakan grafik penentuan tebal perkerasan total dan tebal *subbase course* yang terdapat pada Gambar 5.10.



Gambar 5.10 Grafik Perhitungan Tebal Perkerasan Tahap II Pesawat Rencana B737-900ER

Berdasarkan Gambar 5.10, maka dihasilkan total tebal perkerasan lentur pada *runway* adalah 44 inci (111,76 cm) dan total tebal perkerasan *surface* dan *base* didapat tebal 7,8 inci (19,812 cm), sehingga dapat ditentukan tebal lapisan *subbase* dengan cara berikut ini.

$$\begin{aligned}\text{Tebal } \textit{subbase} &= \text{tebal total} - \text{total tebal perkerasan } \textit{surface} \text{ dan } \textit{base} \\ &= 44 \text{ inci} - 7,8 \text{ inci} \\ &= 36,2 \text{ inci}\end{aligned}$$

2. Menentukan tebal lapis permukaan (*surface course*)

Lapis permukaan ditentukan setebal 125 mm (4,9 inci) disamakan dengan desain tebal lapis permukaan pada eksisting *runway* Bandara Dhoho.

3. Menentukan tebal lapis pondasi atas (*base course*)

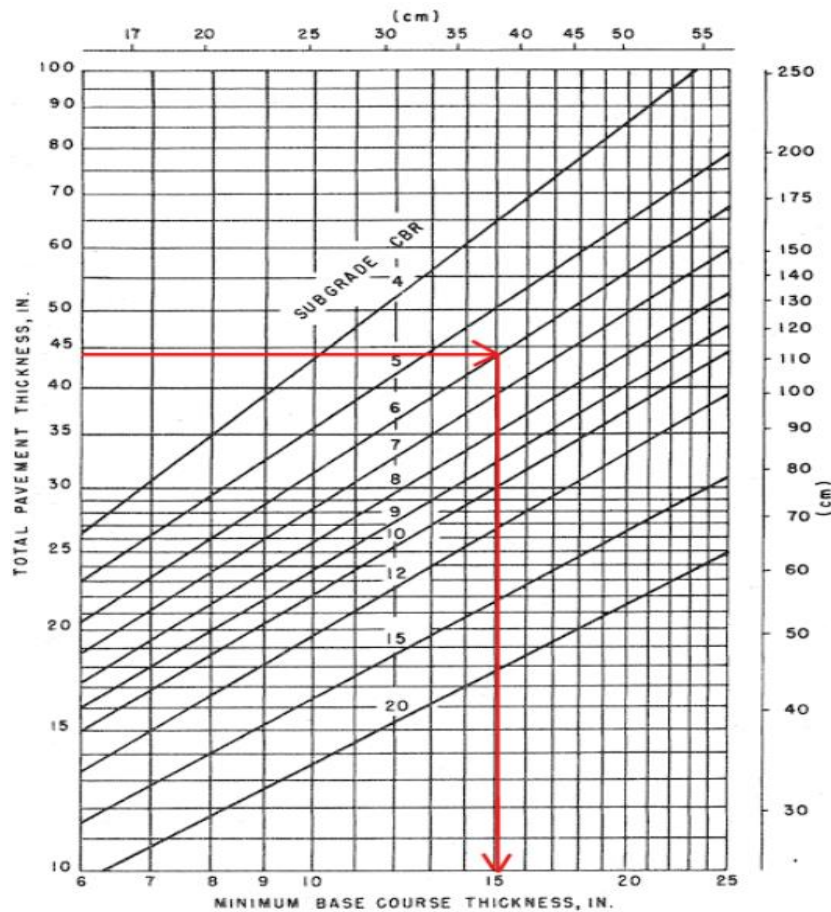
Tebal *base* minimum didapatkan dengan memasukkan nilai total tebal perkerasan yaitu 44 inci hingga menyentuh kurva *CBR subgrade* 6% kemudian tarik ke bawah sehingga didapatkannya nilai tebal minimum *base course*. Berikut merupakan perhitungan tebal minimum *base course* dengan menggunakan grafik pada Gambar 5.11.

Berdasarkan Grafik 5.11, dapat diketahui bahwa tebal *base course* minimum pada *runway* adalah 15 inci (38,1 cm). Untuk memperoleh tebal lapis *base* adalah dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{Tebal } \textit{base} &= \text{total tebal perkerasan } \textit{surface} \text{ dan } \textit{base} - \text{tebal } \textit{surface} \\ &= 7,8 \text{ inci} - 4,9 \text{ inci} \\ &= 2,9 \text{ inci}\end{aligned}$$

Namun, tebal *base course* minimum dari Grafik 5.11 adalah 15 inci sedangkan dari hasil perhitungan didapat 2,9 inci, sehingga kekurangan 12,1 inci yang dapat diambil dari tebal lapisan *subbase*. Maka hasil perhitungan desain perkerasan dengan metode *FAA* berdasar dokumen *Advisory Circular* 150/5320-6D untuk 20 tahun mendatang didapat tebal perkerasan total sebesar 44 inci (111,76 cm) dengan tebal masing-masing lapisannya sebagai berikut.

Lapisan <i>surface</i>	= 4,9 inci (102 mm)
Lapisan <i>base</i>	= 15 inci (381 mm)
Lapisan <i>subbase</i>	= 24,1 inci (612,14 mm)



Gambar 5.11 Grafik Perhitungan Tebal Minimum *Base Course* Tahap II Pesawat Rencana B737-900ER

Akan tetapi, untuk desain yang digunakan pada pengaplikasian di lapangan adalah pembulatan 0,5 cm ke atas dari hasil tebal yang didapat. Maka hasil akhir desain yang digunakan yaitu sebagai berikut.

Lapisan <i>surface</i>	= 125 mm (4,3 inci)
Lapisan <i>stabilized base</i>	= 175 mm (6,9 inci)
Lapisan <i>base</i>	= 385 mm (15,1 inci)
Lapisan <i>subbase</i>	= 615 mm (24,2 inci)

Tebal lapisan *base* dan *subbase* yang didapat dikonversi sesuai dengan material yang dipilih. Faktor ekuivalensi dapat dilihat pada Tabel 5.8 dan Tabel 5.9. Dalam hal ini, tebal lapisan *base* yang didapatkan setebal tebal 385 mm dengan material yang dipilih adalah P-209 *Crushed Aggregate* memiliki nilai

konversi 1,0 sehingga tebal lapisan *subbase* tetap setebal 385 mm. Tebal lapisan *subbase* yang didapat setebal 615 mm dengan material P-154 *Uncrushed Aggregate* memiliki nilai konversi 1,0 sehingga tebal lapisan *subbase* tetap yaitu 615 mm.

5.6.6 Alternatif Desain Tahap III (2059-2072) Pesawat Rencana B737-900ER

Berbeda dengan analisis sebelumnya yang menggunakan pesawat rencana jenis B777-300ER, pada alternatif dua ini desain perkerasan lentur pada *runway* Bandara Dhoho umur perencanaan tahap III menggunakan pesawat rencana B737-900ER. Pesawat tipe B737-900ER dijadikan sebagai pesawat rencana karena pesawat ini memiliki keberangkatan tahunan terbanyak dalam 3 tahap umur perencanaan perkerasan di Bandara Dhoho. Pesawat tipe B737-900ER ini memiliki konfigurasi roda pendaratan *dual wheel*. Berikut merupakan tabel konfigurasi roda pada masing – masing pesawat yang dapat dilihat pada Tabel 5.22.

Tabel 5.22 Konfigurasi Tipe Roda Pesawat

No.	Tipe Pesawat	Konfigurasi Roda
1	B777-300ER	<i>Tridem</i>
2	B737-900ER	<i>Dual Wheel</i>
3	ATR 72-600	<i>Dual Wheel</i>

Sumber: PT Jagat Tribuana Sakti (2023)

Setelah mengetahui konfigurasi roda dari setiap pesawat yang beroperasi di Bandara Dhoho, langkah selanjutnya adalah mengkonversi semua jenis pesawat ke konfigurasi roda yang sama dengan pesawat rencana yaitu pesawat B737-900ER dengan konfigurasi roda *dual wheel*. Dengan demikian, semua konfigurasi roda pesawat akan dikonversi ke *dual wheel*. Persamaan umum untuk konversi berdasarkan *Federal Aviation Administration* (1978) dapat dilihat pada Persamaan 5.1. Adapun contoh perhitungan untuk mencari nilai konversi yakni sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Pesawat B737-900ER} = Y &= 0,8^{(M-N)} \\
 &= 0,8^{(2-6)} \\
 &= 0,8^{(-4)} \\
 &= 2,441
 \end{aligned}$$

Pada perhitungan di atas konfigurasi roda pesawat B777-300ER yaitu *tridem* akan dikonversi ke konfigurasi roda *dual wheel*. Pesawat B737-900ER memiliki konfigurasi roda yang terdiri dari 2 konfigurasi gandar dan jumlah roda 4 buah, sedangkan pesawat B777-300ER memiliki konfigurasi roda yang terdiri dari 6 konfigurasi gandar dan jumlah roda 12 buah. Maka:

M adalah jumlah konfigurasi gandar pesawat B737-900ER yaitu 2, dan

N adalah jumlah konfigurasi gandar pesawat B777-300ER yaitu 6.

Tabel 5.23 Hasil Konversi ke Konfigurasi Roda Pesawat Rencana

Tipe Pesawat	Jumlah Roda Belakang	Konfigurasi Roda Pesawat		Faktor Pengali
		Dari	Ke	
B777-300ER	12	<i>Tridem</i>	<i>Dual Wheel</i>	1
B737-900ER	4	<i>Dual Wheel</i>	<i>Dual Wheel</i>	2,441
ATR 72-600	4	<i>Dual Wheel</i>	<i>Dual Wheel</i>	2,441

Langkah selanjutnya adalah menghitung jumlah keberangkatan tahunan (*annual departure*) pesawat campuran dengan cara mengalikan keberangkatan tahunan pesawat dengan faktor pengali hasil konversi konfigurasi roda pesawat rencana yang terdapat pada Tabel 5.23. Perhitungan nilai R_2 dapat diuraikan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Pesawat B777-300ER} = R_2 &= \text{keberangkatan tahunan} \times \text{faktor pengali} \\
 &= 1.460 \times 2,441 \\
 &= 3.564,45
 \end{aligned}$$

Perhitungan jenis pesawat lainnya dilakukan dengan cara yang sama. Selanjutnya yaitu menghitung beban roda pesawat campuran (W_2). Nilai W_2 dapat dihitung dengan cara sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Pesawat B777-300ER} = W_2 &= MTOW \times 0,95 \times \frac{1}{\text{jumlah roda utama}} \\
 &= 352.441 \times 0,95 \times \frac{1}{12} \\
 &= 27.901,58 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Langkah yang sama untuk menghitung nilai W_2 dilakukan juga pada pesawat lainnya. Selanjutnya adalah menghitung beban roda pesawat rencana (W_1) dengan cara sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Pesawat B737-900ER} = W_1 &= \text{beban} \times 0,95 \times \frac{1}{\text{jumlah roda utama}} \\
 &= 85.366 \times 0,95 \times \frac{1}{4} \\
 &= 20.274,43 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Selanjutnya adalah menghitung keberangkatan tahunan ekuivalen pesawat rencana (R_1). Nilai R_1 dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Pesawat B777-300ER} = \log R_1 &= \log R_2 \times \left(\frac{W_2}{W_1}\right)^{\frac{1}{2}} \\
 &= \log 3.564,45 \times \left(\frac{27.901,58}{20.274,43}\right)^{\frac{1}{2}} \\
 \log R_1 &= 4,17 \\
 R_1 &= 14.685,6
 \end{aligned}$$

Langkah yang sama juga diterapkan pada jenis pesawat lainnya. Berdasarkan perhitungan-perhitungan yang telah dilakukan di atas, maka didapatkan rekapitulasi *annual departure* pesawat campuran seperti pada Tabel 5.24.

Tabel 5.24 Annual Departure Pesawat Campuran

No	Tipe Pesawat	Annual Departure	Beban Roda Pesawat Campuran (W_2)	Beban Pesawat Rencana (W_1)	Keberangkatan Tahunan Pesawat Campuran (R_2)	Keberangkatan Tahunan Ekuivalen Pesawat Rencana (R_1)
			kg	kg		
1	B777-300ER	1.460	27.901,58	20.274,43	3.564,45	14.685,60
2	B737-900ER	55.943	20.274,43	20.274,43	55.943	55.943
3	ATR 72-600	15.259	5.462,5	20.274,43	15.259	148,43
Total Annual Departure Campuran						70.777,03

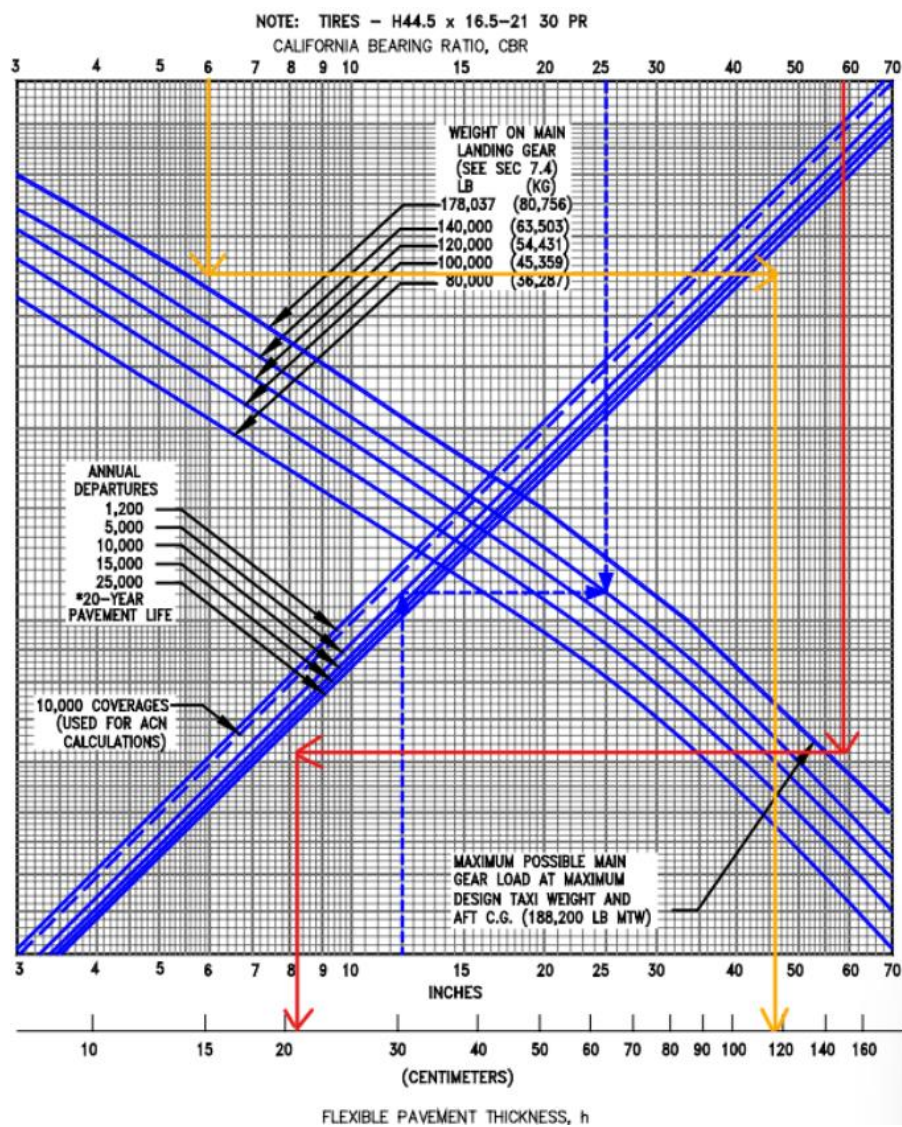
Berdasarkan Tabel 5.24, didapatkan nilai *equivalent annual departure* yaitu 70.777,03 pada pesawat rencana B737-900ER dengan *MTOW* seberat 85.366 kg. Setelah mendapatkan nilai *equivalent annual departure*, maka langkah selanjutnya adalah menentukan masing-masing tebal perkerasan dengan menggunakan grafik yang terdapat pada dokumen *Advisory Circular 150/5320-6D*.

1. Menentukan tebal perkerasan total dan tebal *subbase*

Dalam menentukan tebal perkerasan lentur total pada *runway*, langkah pertama yaitu memplotkan nilai *CBR subgrade* pada *runway* sebesar 6% ke

dalam grafik. Setelah itu tarik garis lurus secara vertikal hingga menyentuh kurva *weight on main landing gear* yaitu seberat 85.366 kg. Kemudian teruskan garis hingga menyentuh kurva *annual departures* yaitu 70.777,03.

Selanjutnya yaitu menentukan tebal lapis pondasi bawah (*subbase course*). Ketebalan lapis *subbase* juga ditentukan dengan cara yang sama seperti tebal perkerasan total, namun menggunakan nilai *CBR subbase* yaitu 59%. Berikut merupakan grafik penentuan tebal perkerasan total dan tebal *subbase course* yang terdapat pada Gambar 5.12.



Gambar 5.12 Grafik Perhitungan Tebal Perkerasan Tahap III Pesawat Rencana B737-900ER

Berdasarkan Gambar 5.12, maka dihasilkan total tebal perkerasan lentur pada *runway* adalah 46 inci (116,84 cm) dan total tebal perkerasan *surface* dan *base* didapat tebal 8,2 inci (20,828 cm), sehingga dapat ditentukan tebal lapisan *subbase* dengan cara berikut ini.

$$\begin{aligned}\text{Tebal } \textit{subbase} &= \text{tebal total} - \text{total tebal perkerasan } \textit{surface} \text{ dan } \textit{base} \\ &= 46 \text{ inci} - 8,2 \text{ inci} \\ &= 37,8 \text{ inci}\end{aligned}$$

2. Menentukan tebal lapis permukaan (*surface course*)

Lapis permukaan ditentukan setebal 175 mm (6,9 inci) disamakan dengan desain tebal lapis permukaan pada eksisting *runway* Bandara Dhoho.

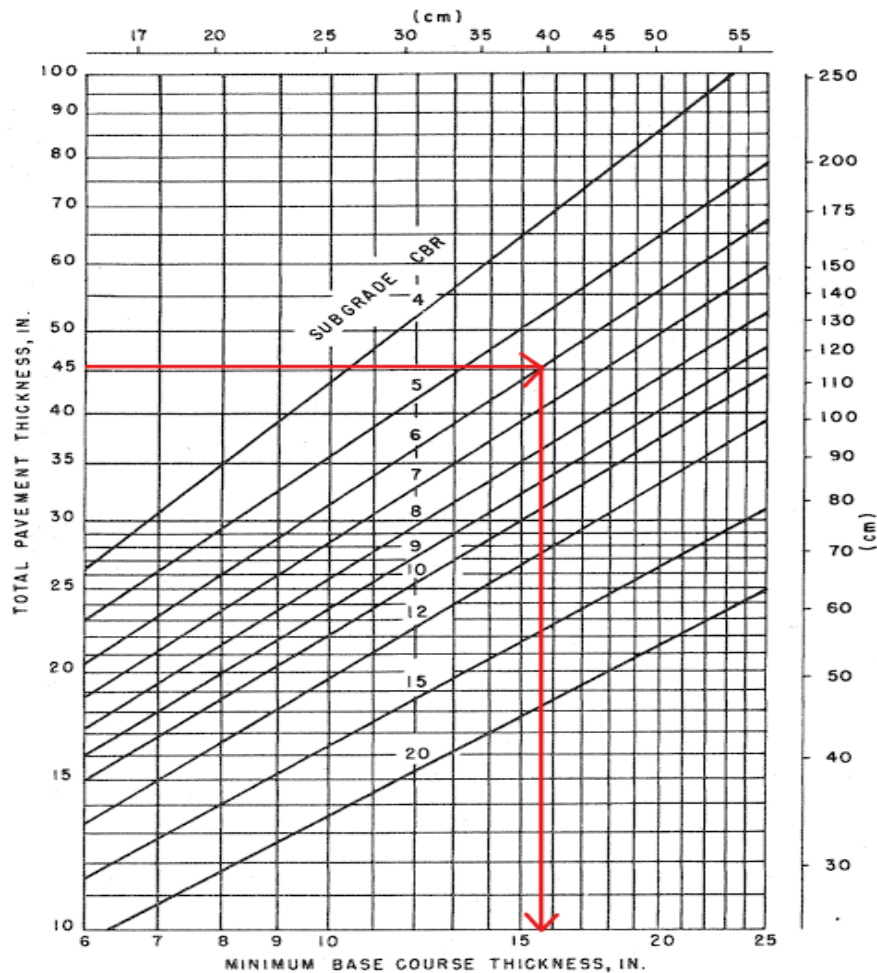
3. Menentukan tebal lapis pondasi atas (*base course*)

Tebal *base* minimum didapatkan dengan memasukkan nilai total tebal perkerasan yaitu 46 inci hingga menyentuh kurva *CBR subgrade* 6% kemudian tarik ke bawah sehingga didapatkannya nilai tebal minimum *base course*. Berikut merupakan perhitungan tebal minimum *base course* dengan menggunakan grafik pada Gambar 5.13.

Berdasarkan Gambar 5.13, dapat diketahui bahwa tebal *base course* minimum pada *runway* adalah 15,8 inci (40,132 cm). Untuk memperoleh tebal lapis *base* adalah dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{Tebal } \textit{base} &= \text{total tebal perkerasan } \textit{surface} \text{ dan } \textit{base} - \text{tebal } \textit{surface} \\ &= 8,2 \text{ inci} - 6,9 \text{ inci} \\ &= 1,3 \text{ inci}\end{aligned}$$

Namun, tebal *base course* minimum dari grafik di atas adalah 15,8 inci sedangkan dari hasil perhitungan didapat 1,3 inci, sehingga kekurangan 14,5 inci yang dapat diambil dari tebal lapisan *subbase*.



Gambar 5.13 Grafik Perhitungan Tebal Minimum *Base Course* Tahap III Pesawat Rencana B737-900ER

Maka hasil perhitungan desain perkerasan dengan metode *FAA* berdasar dokumen *Advisory Circular 150/5320-6D* untuk 20 tahun mendatang didapat tebal perkerasan total sebesar 46 inci (116,84 cm) dengan tebal masing-masing lapisannya sebagai berikut.

Lapisan <i>surface</i>	= 6,9 inci (102 mm)
Lapisan <i>base</i>	= 15,8 inci (401,32 mm)
Lapisan <i>subbase</i>	= 23,3 inci (591,82 mm)

Akan tetapi, untuk desain yang digunakan pada pengaplikasian di lapangan adalah pembulatan 0,5 cm ke atas dari hasil tebal yang didapat. Maka hasil akhir desain yang digunakan yaitu sebagai berikut.

Lapisan <i>surface</i>	= 175 mm (6,9 inci)
Lapisan <i>stabilized base</i>	= 175 mm (6,9 inci)
Lapisan <i>base</i>	= 405 mm (15,9 inci)
Lapisan <i>subbase</i>	= 595 mm (23,4 inci)

Tebal lapisan *base* dan *subbase* yang didapat dikonversi sesuai dengan material yang dipilih. Faktor ekuivalensi dapat dilihat pada Tabel 5.8 dan Tabel 5.9. Dalam hal ini, tebal lapisan *base* yang didapatkan setebal tebal 405 mm dengan material yang dipilih adalah P-209 *Crushed Aggregate* memiliki nilai konversi 1,0 sehingga tebal lapisan *subbase* tetap setebal 405 mm. Tebal lapisan *subbase* yang didapat setebal 645 mm dengan material P-154 *Uncrushed Aggregate* memiliki nilai konversi 1,0 sehingga tebal lapisan *subbase* tetap yaitu 645 mm.

Adapun material yang digunakan pada metode *FAA* cara manual ini didasarkan pada dokumen *FAA AC 150/5370-10H*. Lapisan *surface* memakai material P-401/P-403 *Hot Mix Asphalt (HMA)* yang dipilih karena jenis material ini digunakan untuk perkerasan lentur. Dikarenakan pesawat yang beroperasi memiliki berat kotor ≥ 100.000 lbs maka dibutuhkan lapisan *stabilized base* yang menggunakan material P-401/P-403 *HMA Stabilized*. Lapisan *base* memakai material P-209 *Crushed Aggregate* dimana material ini dipilih karena berat kotor pesawat memuat ≥ 100.000 lbs (45,360 kg). Lapisan *subbase* memakai material P-154 *Uncrushed Aggregate* karena satu-satunya material yang dapat dipakai untuk lapisan *subbase* sesuai dengan Tabel 3.10 yaitu tebal lapis minimum untuk perkerasan lentur.

Adapun rekapitulasi tebal perkerasan alternatif desain menggunakan metode *FAA* cara manual untuk tahap I, tahap II, dan tahap III terdapat pada Tabel 5.25.

Tabel 5.25 Rekapitulasi Tebal Perkerasan Metode FAA Cara Manual dengan Dua Alternatif Pesawat Rencana

Lapisan	Material	Tebal (mm)					
		Pesawat Rencana B777-300ER			Pesawat Rencana B737-900ER		
		Tahap I (2023-2042)	Tahap II (2043-2058)	Tahap III (2059-2072)	Tahap I (2023-2042)	Tahap II (2043-2058)	Tahap III (2059-2072)
<i>AC-WC</i>	P-401/P-403 HMA	50	50	100	50	50	100
<i>AC-BC</i>		75	75	75	75	75	75
<i>AC-Base layer 1</i>	P-401/P-403 HMA	85	85	85	85	85	85
<i>AC-Base layer 2</i>	<i>Stabilized</i>	90	90	90	90	90	90
<i>Base</i>	P-209 Crushed Aggregate	445	485	510	340	385	405
<i>Subbase</i>	P-154 Uncrushed Aggregate	705	790	720	555	615	595

Berdasarkan hasil tebal lapis perkerasan dari dua alternatif penentuan pesawat rencana, dapat dilihat bahwa ketebalan pada alternatif dengan pesawat rencana B777-300ER lebih tebal dibandingkan pesawat rencana B737-900ER. Maka dari itu, dengan menggunakan metode *FAA* cara manual dipilih pesawat rencana yang paling kritis berdasarkan *MTOW* terbesar yaitu B777-300ER. Pesawat B777-300ER memiliki *MTOW* seberat 352.441 kg. Berikut adalah hasil akhir alternatif desain tebal perkerasan menggunakan metode *FAA* cara manual dapat dilihat pada Gambar 5.26.

Tabel 5.26 Rekapitulasi Hasil Akhir Tebal Perkerasan Metode *FAA* Cara Manual

Lapisan	Material	Tebal (mm)		
		Metode <i>FAA</i> cara manual		
		Tahap I (2023-2042)	Tahap II (2043-2058)	Tahap III (2059-2072)
<i>AC-WC</i>	P-401/P-403	50	50	100
<i>AC-BC</i>	<i>HMA</i>	75	75	75
<i>Stabilized Base (AC-Base) layer 1</i>	P-401/P-403	85	85	85
<i>Stabilized Base (AC-Base) layer 2</i>	<i>HMA Stabilized</i>	90	90	90
<i>Base</i>	P-209 <i>Crushed Aggregate</i>	445	485	510
<i>Subbase</i>	P-154 <i>Uncrushed Aggregate</i>	705	790	720

5.7 Alternatif Desain menggunakan Metode *FAA software FAARFIELD*

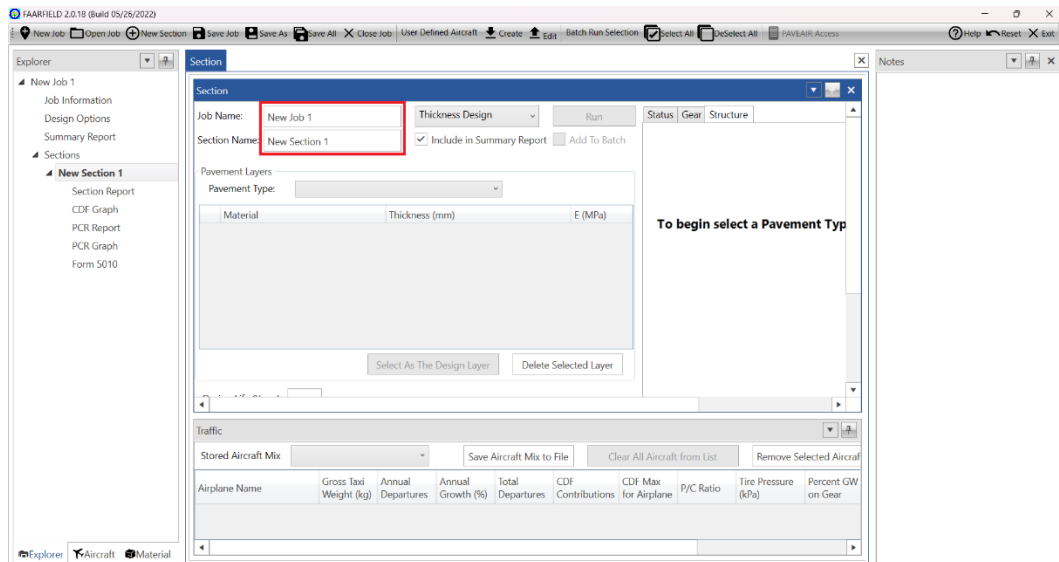
Berikut adalah langkah-langkah perhitungan desain tebal perkerasan lentur pada *runway* Bandara Dhoho dengan metode *FAA* berdasarkan AC 150/5320-6G menggunakan *software FAARFIELD*. Perhitungan desain perkerasan lentur dilakukan pada tiga tahap umur rencana yaitu tahap I (2023-2042), tahap II (2043-2058), dan tahap III (2059-2072).

5.7.1 Alternatif Desain Perkerasan Tahap I (2023-2042)

Adapun prosedur perhitungan desain perkerasan lentur *runway* pada tahap I yakni sebagai berikut.

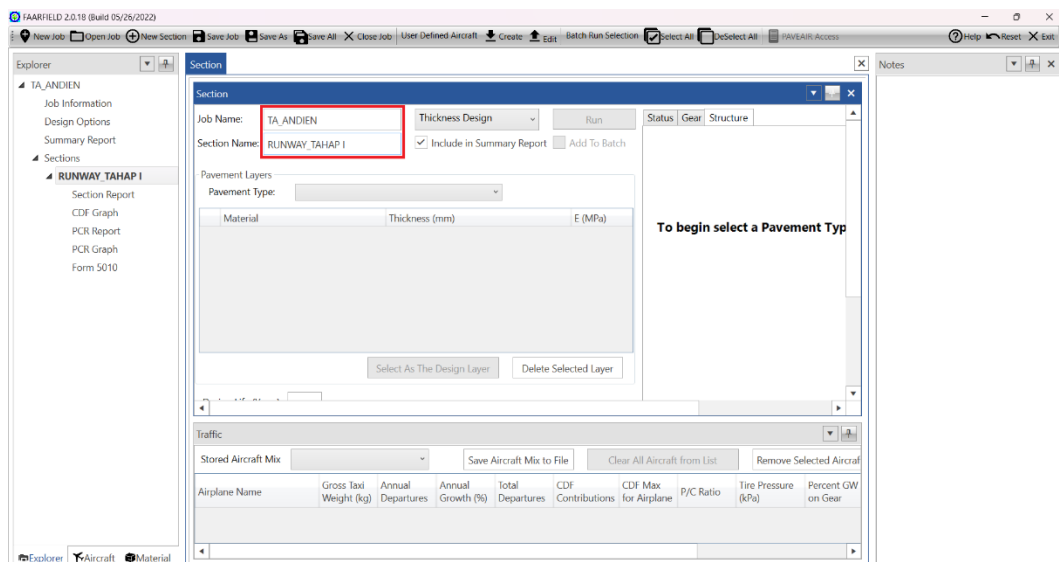
1. Membuat *job file*

Langkah pertama adalah membuat *job file* pada *software FAARFIELD* dengan cara menekan tombol “*New Job*” sehingga secara otomatis akan muncul tampilan untuk pekerjaan baru seperti yang terlihat pada Gambar 5.14.



Gambar 5.14 Membuat *Job File*

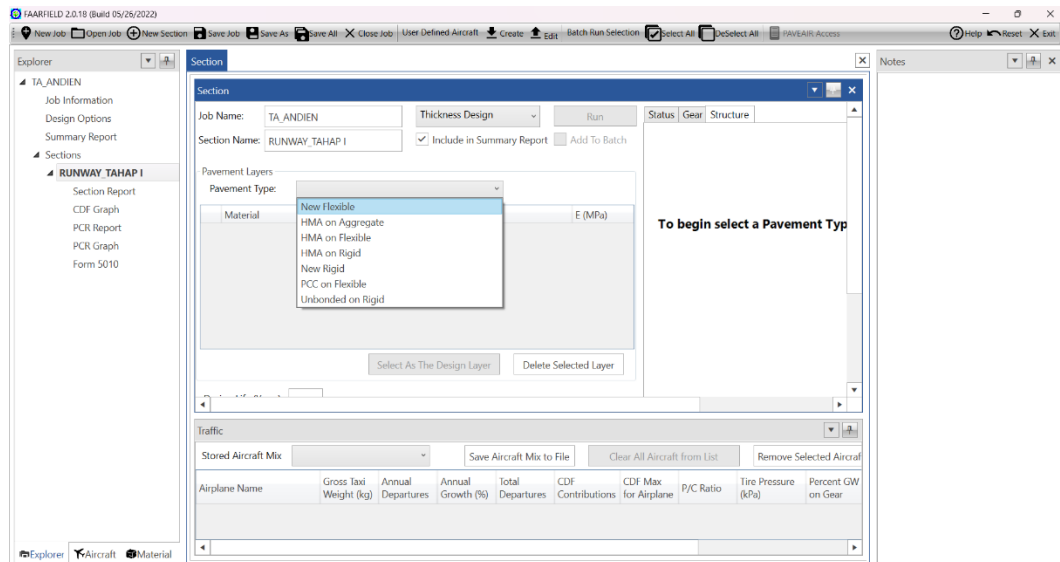
Setelah menekan tombol “*New Job*”, beri nama pada “*Job Name*” dan “*Section Name*”. Seperti yang terdapat pada Gambar 5.15 “*Job Name*” diisi TA_ANDIEN dan “*Section Name*” diisi RUNWAY_TAHAP I.



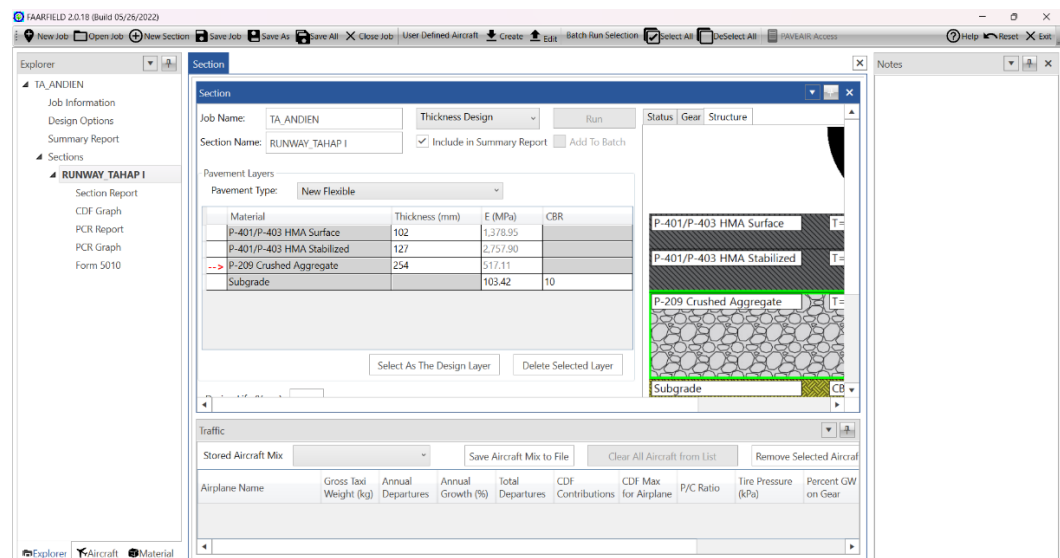
Gambar 5.15 Mengisi *Job Name* dan *Section Name*

2. Memilih jenis perkerasan

Setelah membuat *job file*, langkah selanjutnya adalah memilih jenis perkerasan dengan mengubah *toolbox* “*pavement type*” yaitu *new flexible* untuk melakukan perhitungan perkerasan lentur seperti pada Gambar 5.16.



Gambar 5.16 Memilih Jenis Perkerasan



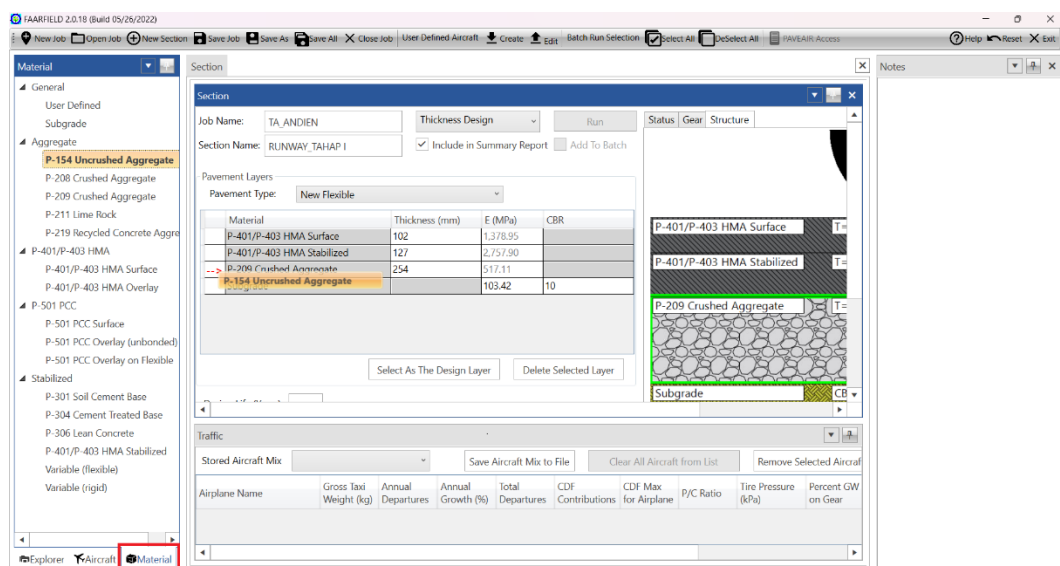
Gambar 5.17 Jendela Awal Desain Perkerasan dari FAARFIELD

Setelah klik “*pavement type*” akan muncul tampilan awal struktur dimana nilai-nilai yang terdapat pada Gambar 5.17 adalah nilai yang otomatis dibuat oleh

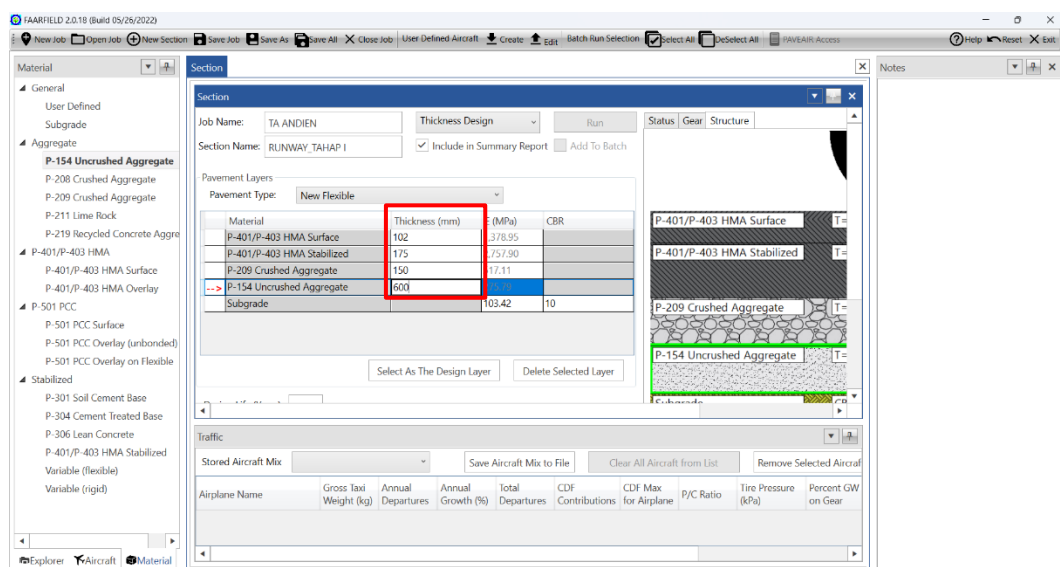
FAARFIELD dan sudah terdapat material yang digunakan pada setiap susunan lapis perkerasan.

3. Memodifikasi struktur lapis perkerasan

Selanjutnya adalah memodifikasi struktur lapis perkerasan yaitu memasukkan jenis material dan tebal awal dengan cara klik *toolbox* “material” dan pilih material yang diinginkan lalu pindahkan ke jendela “section” kemudian masukkan tebal pada setiap lapisnya seperti pada Gambar 5.18 dan Gambar 5.19.

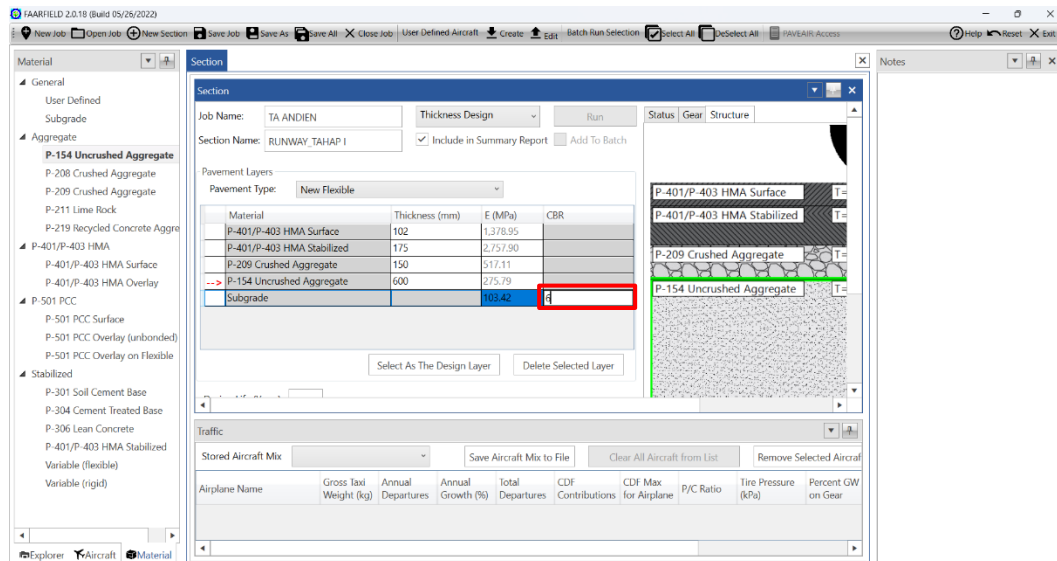


Gambar 5.18 Memasukkan Material Susun Perkerasan



Gambar 5.19 Memasukkan Tebal Awal pada Setiap Lapis

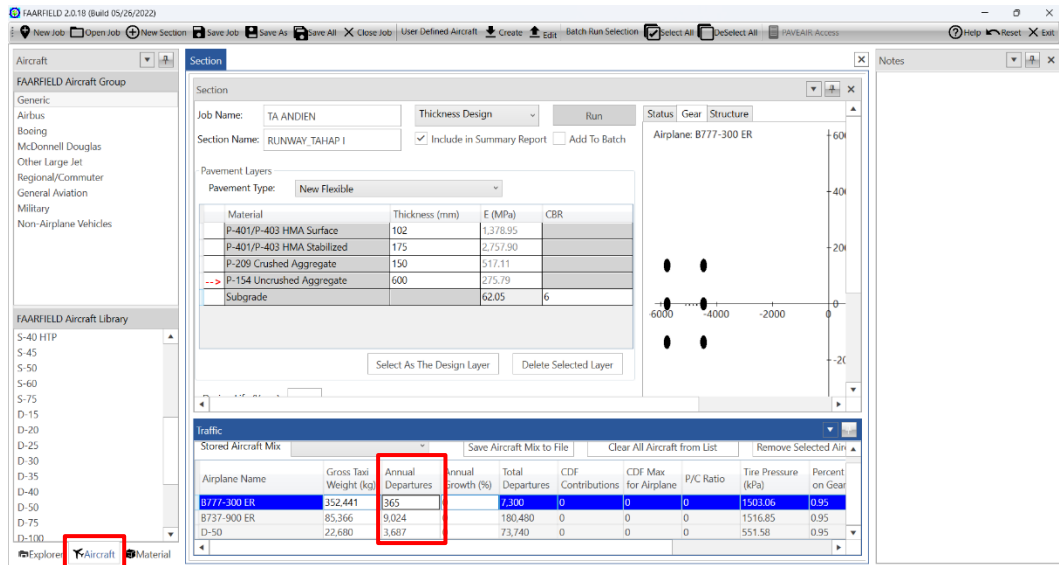
Kemudian masukkan nilai *CBR subgrade* pada *runway* yaitu 6% seperti yang terdapat pada Gambar 5.20.



Gambar 5.20 Memasukkan Data CBR Subgrade

4. Memasukkan keberangkatan tahunan pesawat

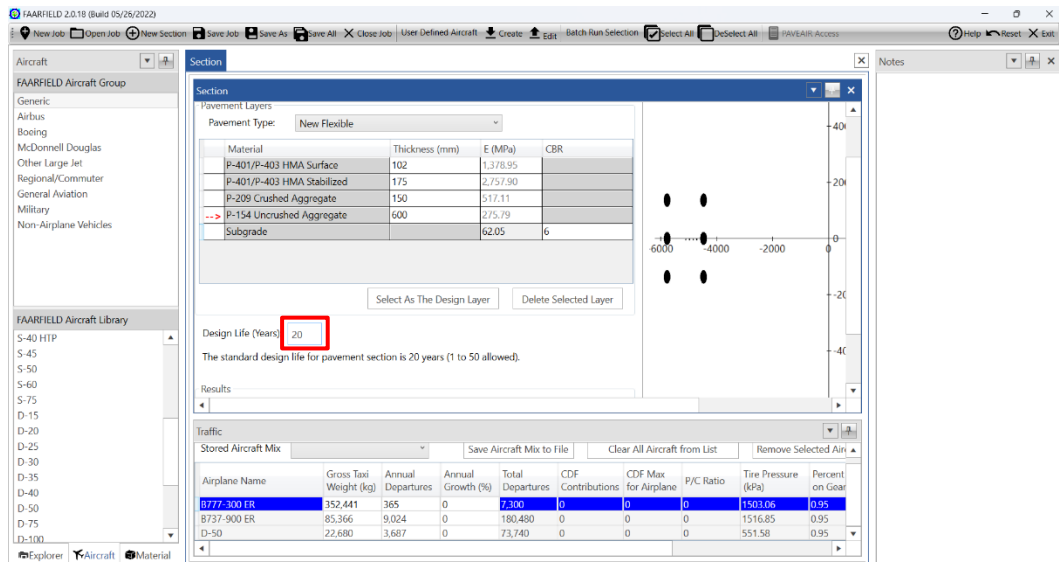
Langkah selanjutnya adalah memasukkan keberangkatan tahunan pesawat dengan cara menekan *toolbox "aircraft"* lalu klik dua kali untuk memilih tipe pesawat dan masukkan *annual departures* serta *annual growth*. *Annual growth* sendiri berfungsi untuk mengukur atau memprediksi pertumbuhan lalu lintas pesawat hingga umur rencana. Dalam penelitian ini *annual growth* dihitung 0% karena data yang didapatkan dari PT Jagat Tribuana Sakti sudah merupakan data rencana pada setiap umur rencana di tiga tahap perencanaan yaitu tahap I pada umur rencana 2023-2042, tahap II pada umur rencana 2043-2058, dan tahap III pada umur rencana 2059-2072. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.21 berikut.



Gambar 5.21 Memasukkan Keberangkatan Tahunan Pesawat

5. Memasukkan umur rencana

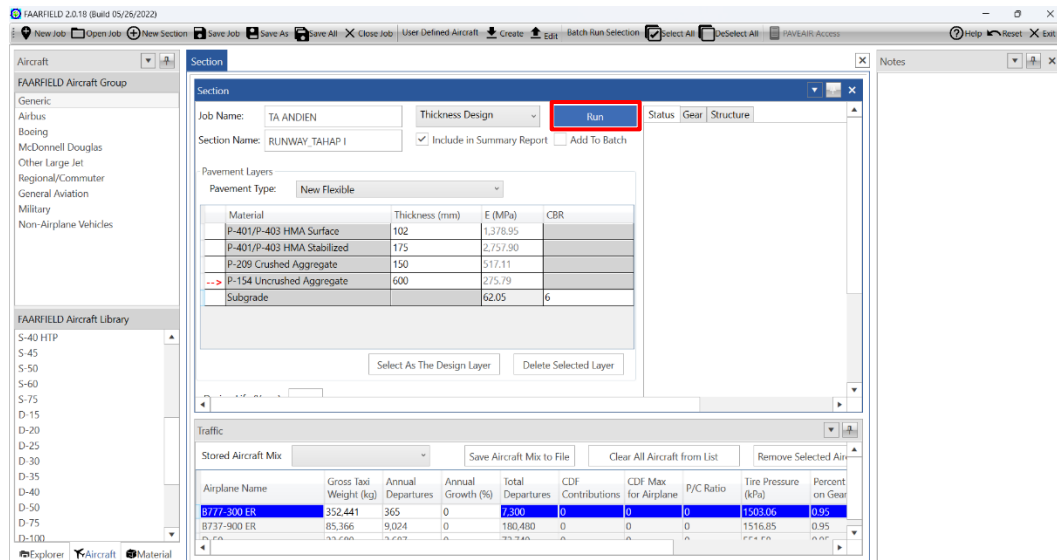
Setelah memasukkan keberangkatan tahunan pesawat, selanjutnya adalah memasukkan umur rencana pada kolom “*design life*”. Dalam hal ini umur rencana desain perkerasan yaitu 20 tahun (2023-2042) seperti pada Gambar 5.22 berikut.



Gambar 5.22 Memasukkan Umur Rencana

6. Melakukan desain struktur perkerasan

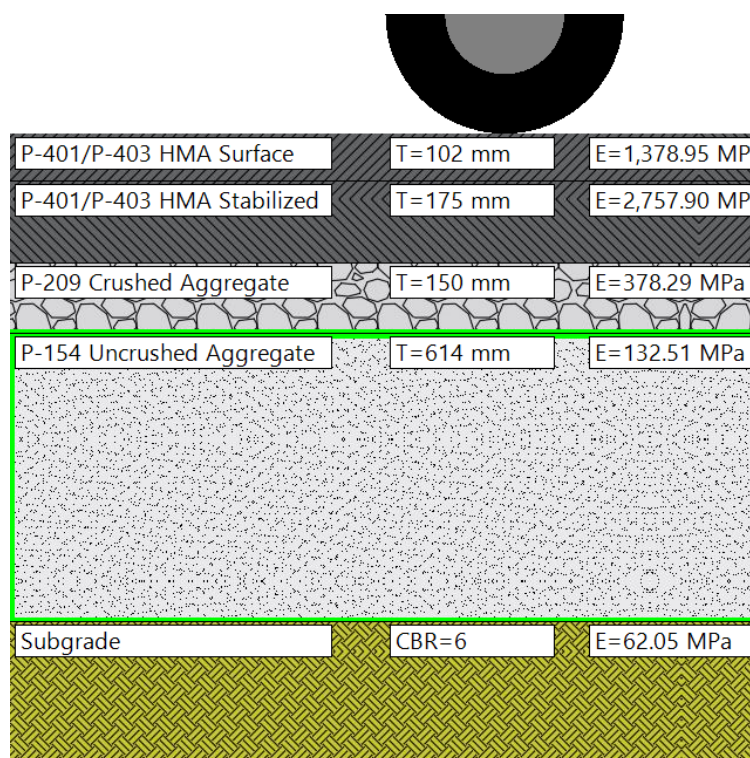
Setelah langkah-langkah di atas telah dilakukan, klik *run* untuk memulai analisis desain tebal perkerasan dan tunggu hasilnya seperti yang terdapat pada Gambar 5.23.



Gambar 5.23 Running Design

Untuk melakukan desain pada tebal perkerasan *new flexible*, dalam FAARFIELD proses desain hanya pada bagian *subbase*, hal ini dapat dilihat pada tanda panah yang berada di lapisan *subbase*. Namun tebal lapisan lainnya juga nanti akan menyesuaikan pada saat proses *run*.

Pada metode FAA dengan software FAARFIELD memakai nilai CDF untuk menentukan tebal lapis perkerasan. Berdasarkan hasil *running design*, didapat nilai $CDF = 1$, maka desain dianggap sudah memuaskan oleh FAARFIELD. Adapun tebal perkerasan lentur pada *runway* berdasarkan *running design* FAARFIELD yaitu untuk lapisan *surface* 102 mm, untuk lapisan *stabilized base* 175 mm, lapisan *base* 150 mm, dan lapisan *subbase* sebesar 614 mm. Modifikasi tebal awal pada lapisan *stabilized base*, *base*, dan *subbase* disamakan dengan ketebalan desain eksisting. Berikut merupakan gambar ilustrasi tebal lapisan perkerasan berdasarkan FAARFIELD dapat dilihat pada Gambar 5.24.



Gambar 5.24 Ilustrasi Tebal Perkerasan Tahap I berdasarkan FAARFIELD

Namun, untuk desain yang digunakan pada pengaplikasian di lapangan adalah pembulatan 0,5 cm ke atas dari hasil tebal yang didapat. Maka hasil akhir desain yang digunakan yaitu sebagai berikut.

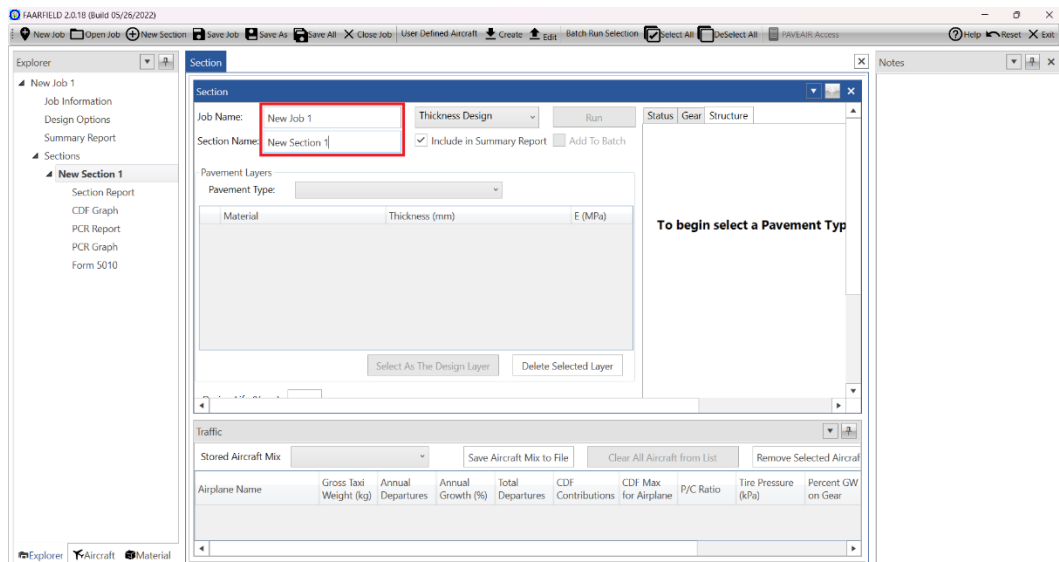
Lapisan <i>surface</i>	= 105 mm (4,1 inci)
Lapisan <i>stabilized base</i>	= 175 mm (6,9 inci)
Lapisan <i>base</i>	= 150 mm (5,9 inci)
Lapisan <i>subbase</i>	= 615 mm (24,2 inci)

5.7.2 Alternatif Desain Perkerasan Tahap II (2043-2058)

Adapun prosedur perhitungan desain perkerasan lentur *runway* pada tahap II yakni sebagai berikut.

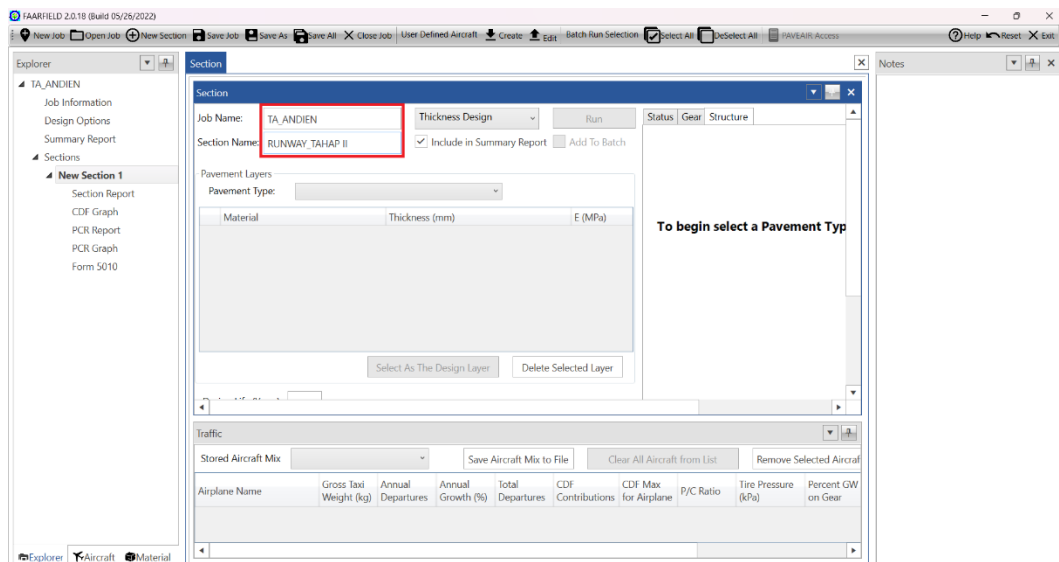
1. Membuat *job file*

Langkah pertama adalah membuat *job file* pada *software FAARFIELD* dengan cara menekan tombol “*New Job*” sehingga secara otomatis akan muncul tampilan untuk pekerjaan baru seperti yang terlihat pada Gambar 5.25.



Gambar 5.25 Membuat Job File

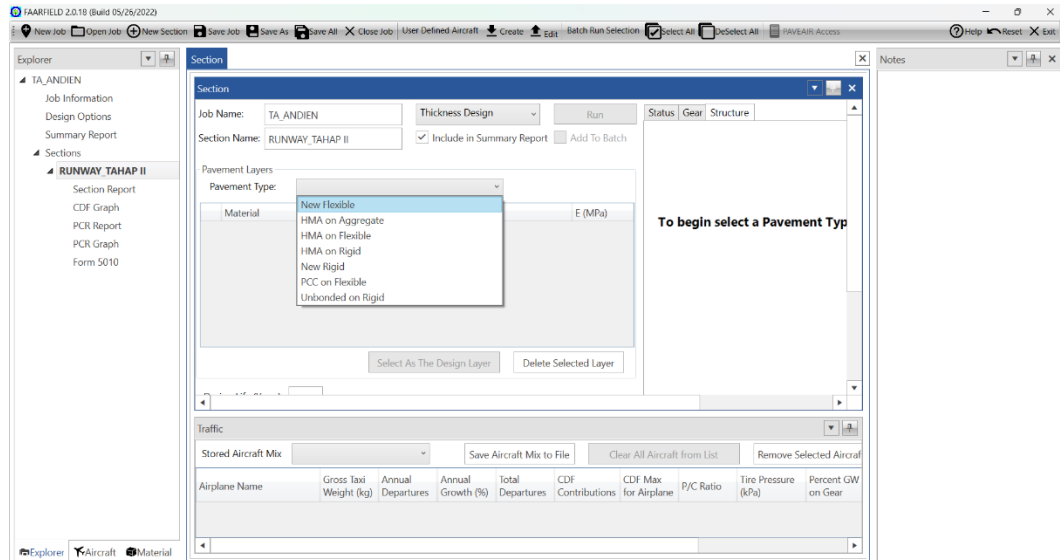
Setelah menekan tombol “New Job”, beri nama pada “Job Name” dan “Section Name”. Seperti yang terdapat pada Gambar 5.26 “Job Name” diisi TA_ANDIEN dan “Section Name” diisi RUNWAY_TAHAP II.



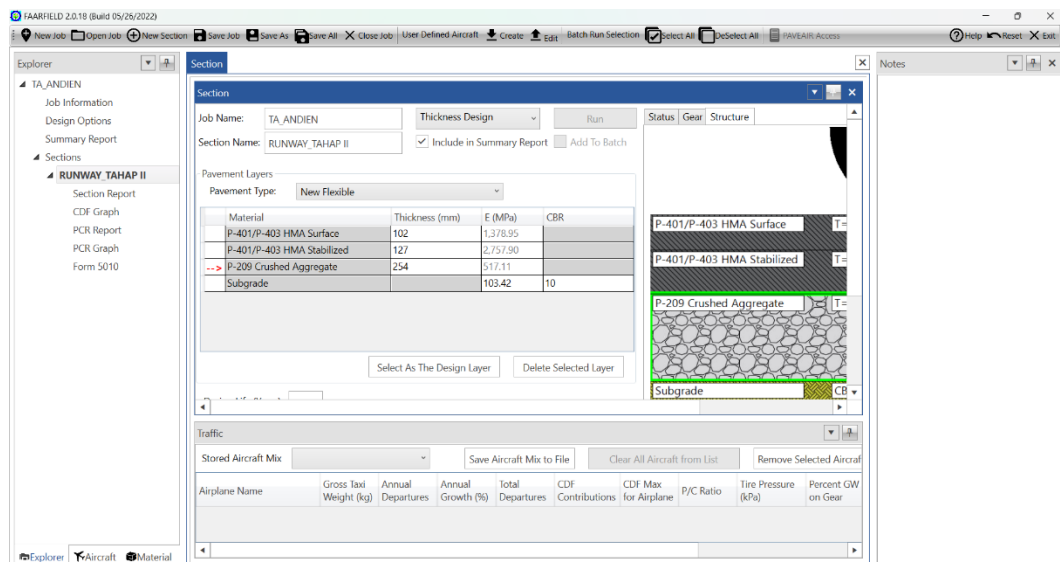
Gambar 5.26 Mengisi Job Name dan Section Name

2. Memilih jenis perkerasan

Setelah membuat *job file*, langkah selanjutnya adalah memilih jenis perkerasan dengan mengubah *toolbox* “*pavement type*” yaitu *new flexible* untuk melakukan perhitungan perkerasan lentur seperti pada Gambar 5.27.



Gambar 5.27 Memilih Jenis Perkerasan



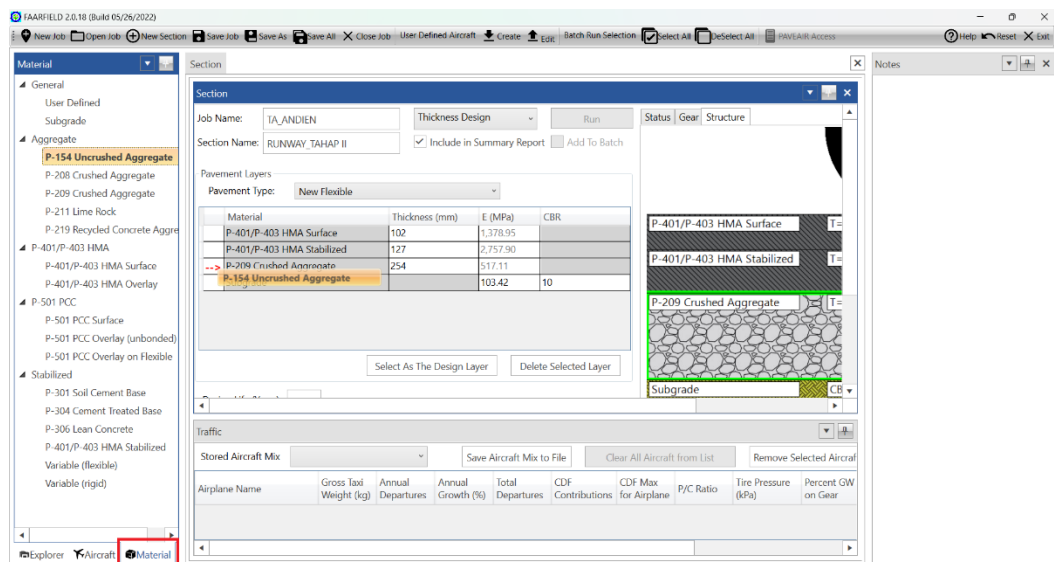
Gambar 5.28 Jendela Awal Desain Perkerasan dari FAARFIELD

Setelah klik “*pavement type*” akan muncul tampilan awal struktur dimana nilai-nilai yang terdapat pada Gambar 5.28 adalah nilai yang otomatis dibuat oleh

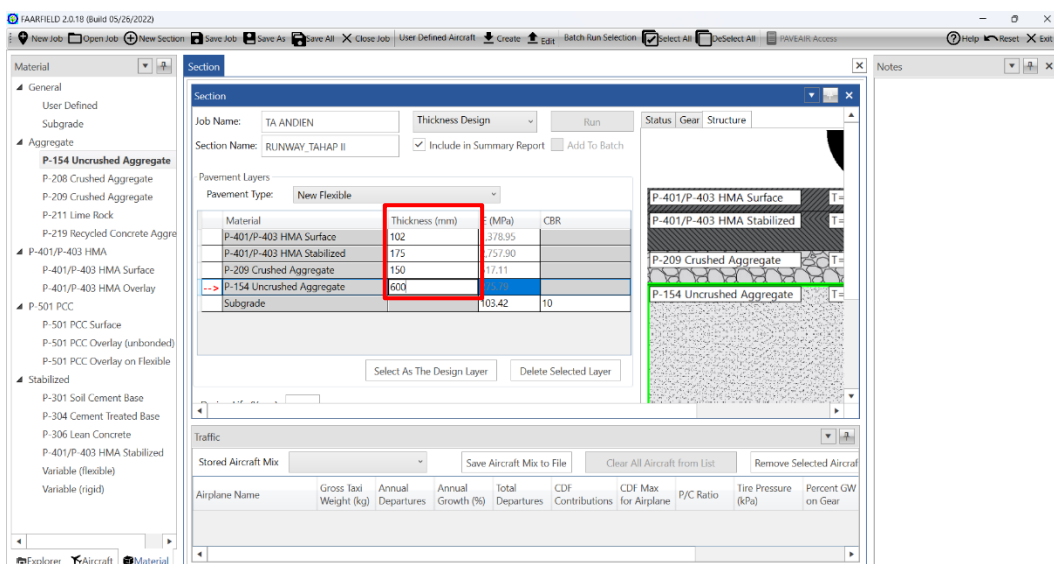
FAARFIELD dan sudah terdapat material yang digunakan pada setiap susunan lapis perkerasan.

3. Memodifikasi struktur lapis perkerasan

Selanjutnya adalah memodifikasi struktur lapis perkerasan yaitu memasukkan jenis material dan tebal awal dengan cara klik *toolbox* “material” dan pilih material yang diinginkan lalu pindahkan ke jendela “section” kemudian masukkan tebal pada setiap lapisnya seperti pada Gambar 5.29 dan Gamba 5.30.

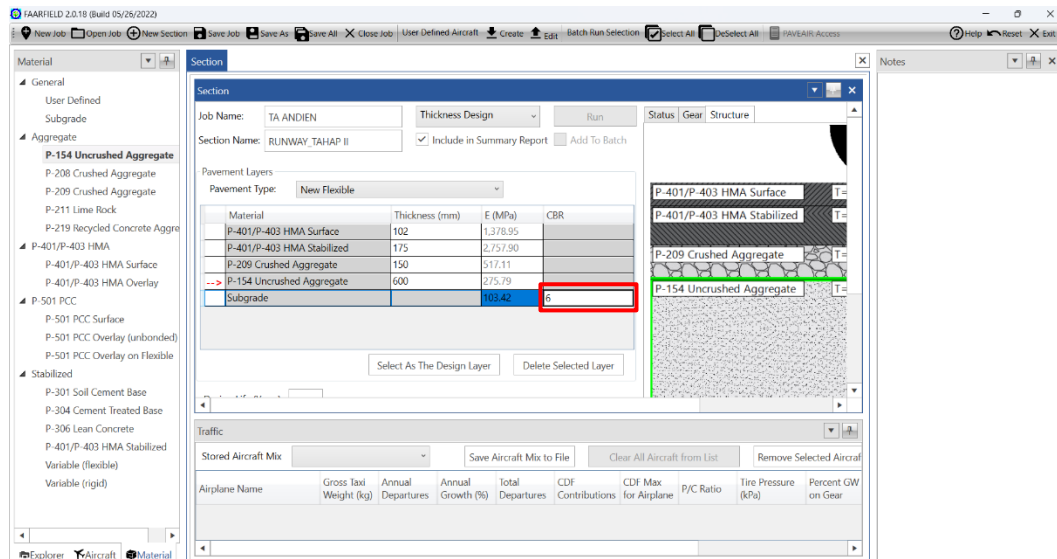


Gambar 5.29 Memasukkan Material Susun Perkerasan



Gambar 5.30 Memasukkan Tebal Awal pada Setiap Lapis

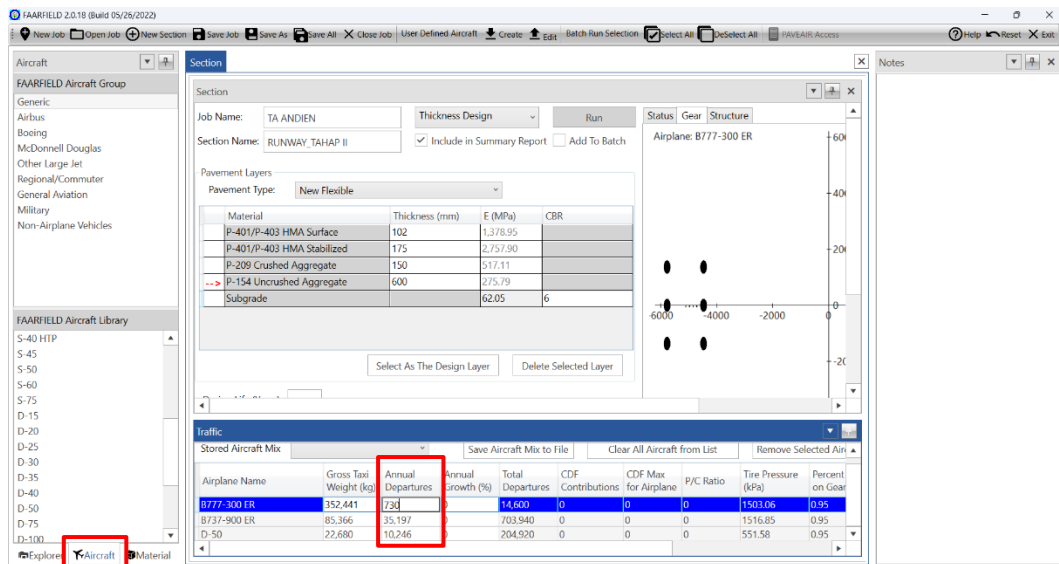
Kemudian masukkan nilai *CBR subgrade* pada *runway* yaitu 6% seperti yang terdapat pada Gambar 5.31.



Gambar 5.31 Memasukkan Data CBR Subgrade

4. Memasukkan keberangkatan tahunan pesawat

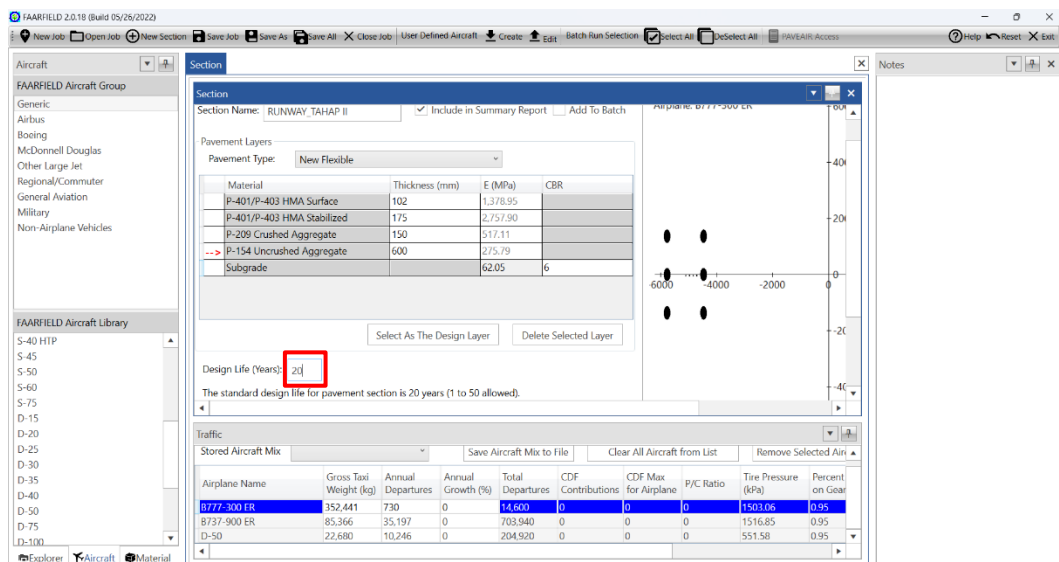
Langkah selanjutnya adalah memasukkan keberangkatan tahunan pesawat dengan cara menekan *toolbox "aircraft"* lalu klik dua kali untuk memilih tipe pesawat dan masukkan *annual departures* serta *annual growth*. *Annual growth* sendiri berfungsi untuk mengukur atau memprediksi pertumbuhan lalu lintas pesawat hingga umur rencana. Dalam penelitian ini *annual growth* dihitung 0% karena data yang didapatkan dari PT Jagat Tribuana Sakti sudah merupakan data rencana pada setiap umur rencana di tiga tahap perencanaan yaitu tahap I pada umur rencana 2023-2042, tahap II pada umur rencana 2043-2058, dan tahap III pada umur rencana 2059-2072. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.32 berikut.



Gambar 5.32 Memasukkan Keberangkatan Tahunan Pesawat

5. Memasukkan umur rencana

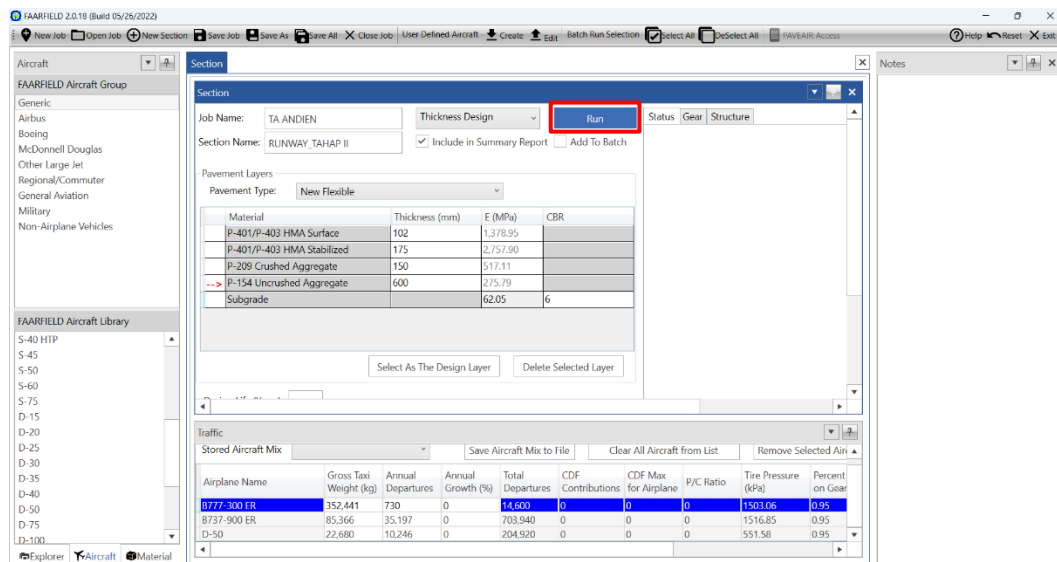
Setelah memasukkan keberangkatan tahunan pesawat, selanjutnya adalah memasukkan umur rencana pada kolom “*design life*”. Dalam hal ini umur rencana desain perkerasan yaitu 20 tahun (2043-2058) seperti pada Gambar 5.33 berikut.



Gambar 5.33 Memasukkan Umur Rencana

6. Melakukan desain struktur perkerasan

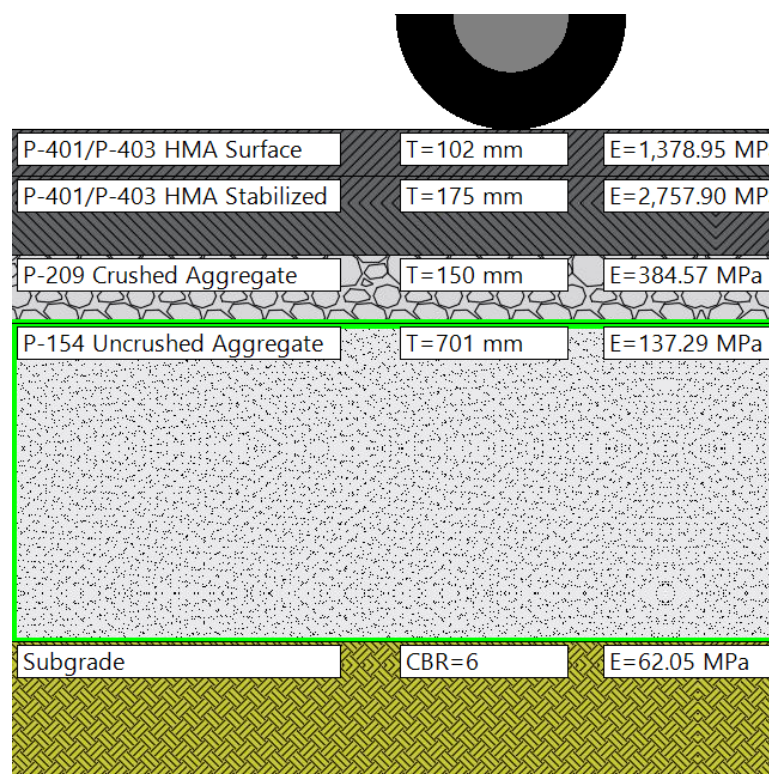
Setelah langkah-langkah di atas telah dilakukan, klik *run* untuk memulai analisis desain tebal perkerasan dan tunggu hasilnya seperti yang terdapat pada Gambar 5.34.



Gambar 5.34 Running Design

Untuk melakukan desain pada tebal perkerasan *new flexible*, dalam FAARFIELD proses desain hanya pada bagian *subbase*, hal ini dapat dilihat pada tanda panah yang berada di lapisan *subbase*. Namun tebal lapisan lainnya juga nanti akan menyesuaikan pada saat proses *run*.

Pada metode FAA dengan software FAARFIELD memakai nilai CDF untuk menentukan tebal lapis perkerasan. Berdasarkan hasil *running design*, didapat nilai $CDF = 1$, maka desain dianggap sudah memuaskan oleh FAARFIELD. Adapun tebal perkerasan lentur pada *runway* berdasarkan *running design* FAARFIELD yaitu untuk lapisan *surface* 102 mm, untuk lapisan *stabilized base* 175 mm, lapisan *base* 150 mm, dan lapisan *subbase* sebesar 701 mm. Modifikasi tebal awal pada lapisan *stabilized base*, *base*, dan *subbase* disamakan dengan ketebalan desain eksisting. Berikut merupakan gambar ilustrasi tebal lapisan perkerasan berdasarkan FAARFIELD dapat dilihat pada Gambar 5.35.



Gambar 5.35 Ilustrasi Tebal Perkerasan Tahap II berdasarkan FAARFIELD

Namun, untuk desain yang digunakan pada pengaplikasian di lapangan adalah pembulatan 0,5 cm ke atas dari hasil tebal yang didapat. Maka hasil akhir desain yang digunakan yaitu sebagai berikut.

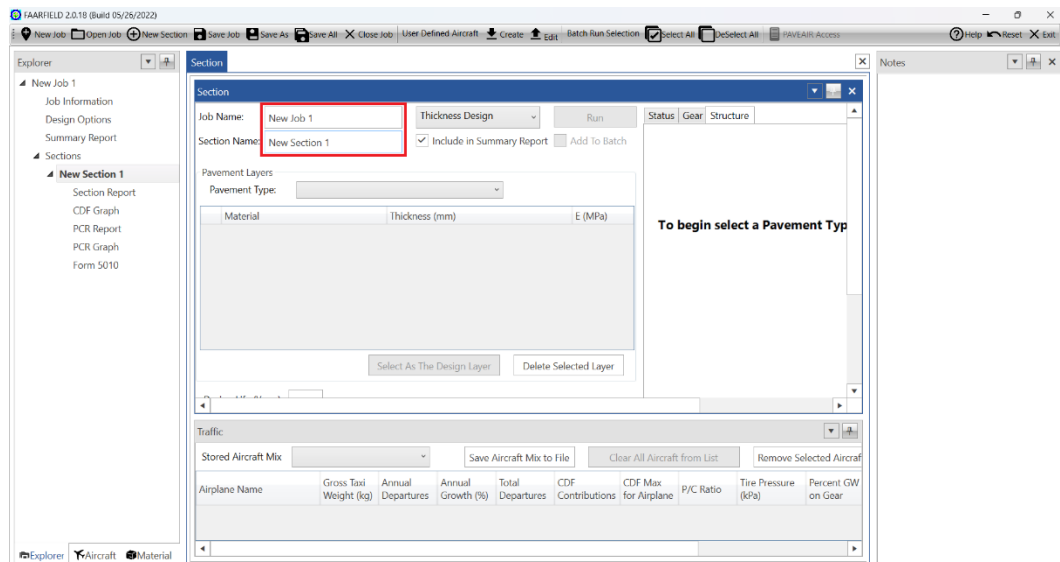
Lapisan <i>surface</i>	= 105 mm (4,1 inci)
Lapisan <i>stabilized base</i>	= 175 mm (6,9 inci)
Lapisan <i>base</i>	= 150 mm (5,9 inci)
Lapisan <i>subbase</i>	= 705 mm (27,7 inci)

5.7.3 Alternatif Desain Perkerasan Tahap III (2059-2072)

Adapun prosedur perhitungan desain perkerasan lentur *runway* pada tahap III yakni sebagai berikut.

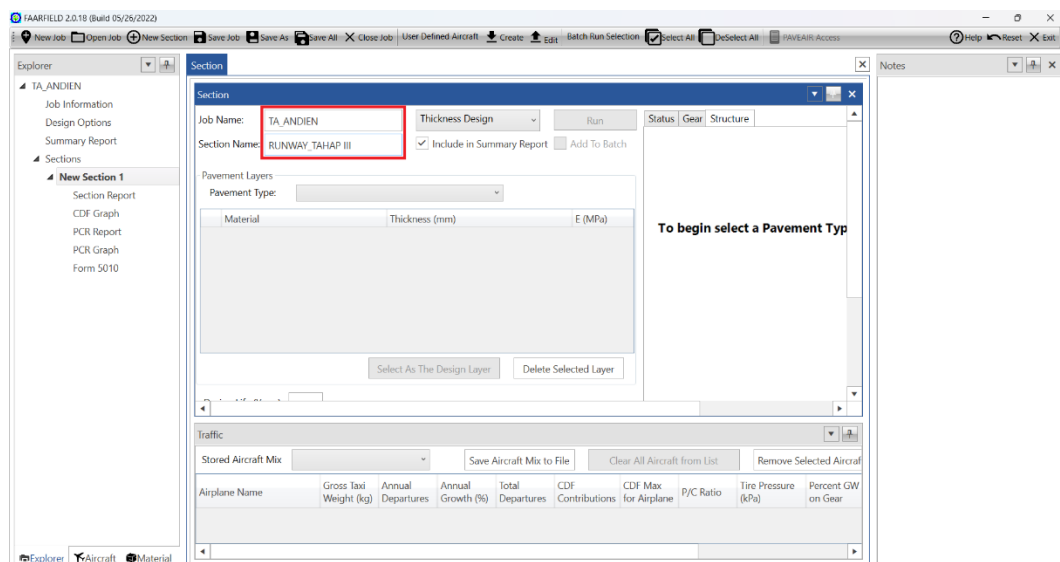
1. Membuat *job file*

Langkah pertama adalah membuat *job file* pada *software FAARFIELD* dengan cara menekan tombol “*New Job*” sehingga secara otomatis akan muncul tampilan untuk pekerjaan baru seperti yang terlihat pada Gambar 5.36.



Gambar 5.36 Membuat Job File

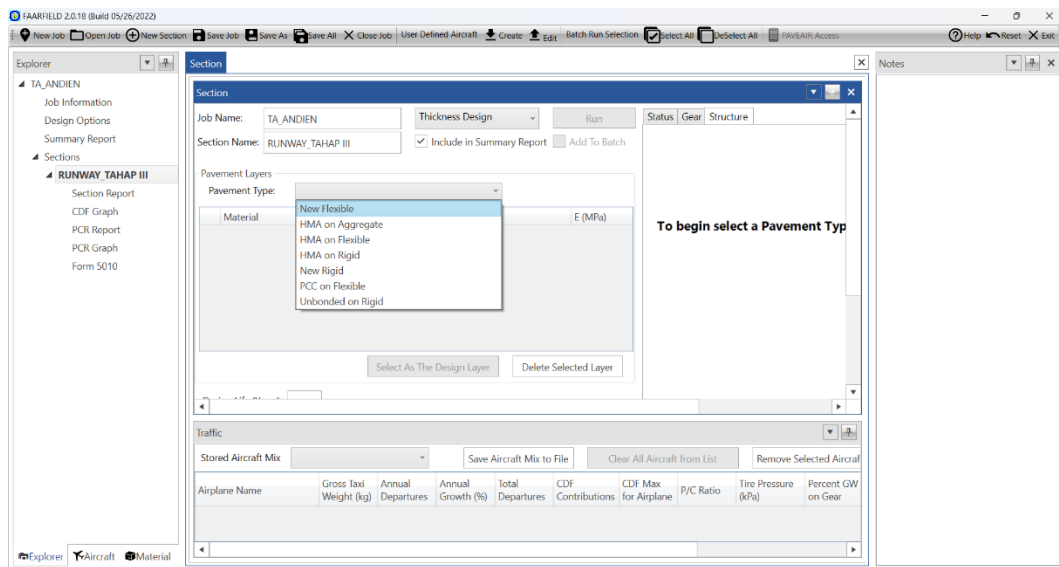
Setelah menekan tombol “*New Job*”, beri nama pada “*Job Name*” dan “*Section Name*”. Seperti yang terdapat pada Gambar 5.37 “*Job Name*” diisi TA_ANDIEN dan “*Section Name*” diisi RUNWAY_TAHAP III.



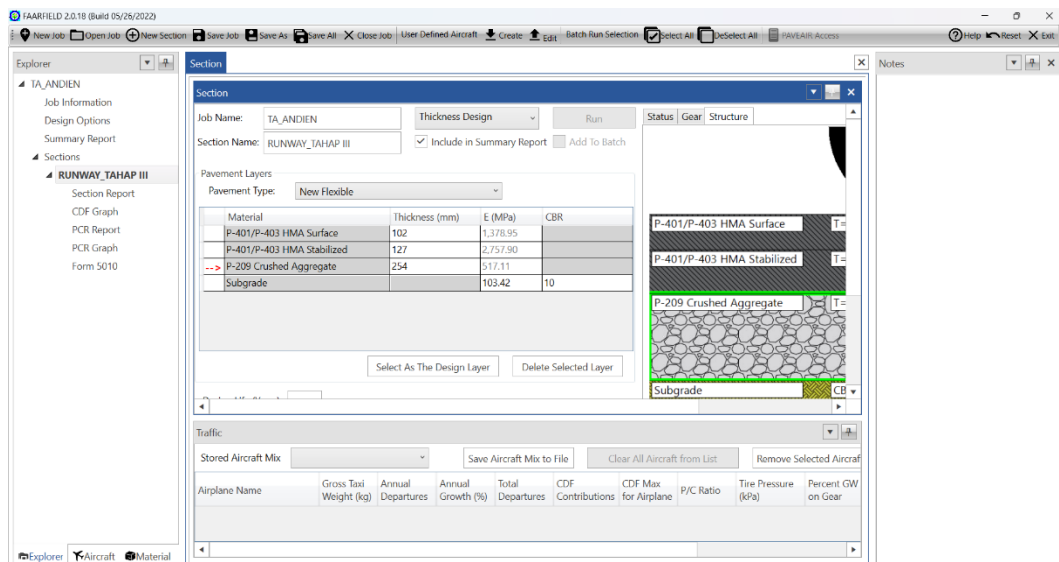
Gambar 5.37 Mengisi Job Name dan Section Name

2. Memilih jenis perkerasan

Setelah membuat *job file*, langkah selanjutnya adalah memilih jenis perkerasan dengan mengubah *toolbox* “*pavement type*” yaitu *new flexible* untuk melakukan perhitungan perkerasan lentur seperti pada Gambar 5.38.



Gambar 5.38 Memilih Jenis Perkerasan

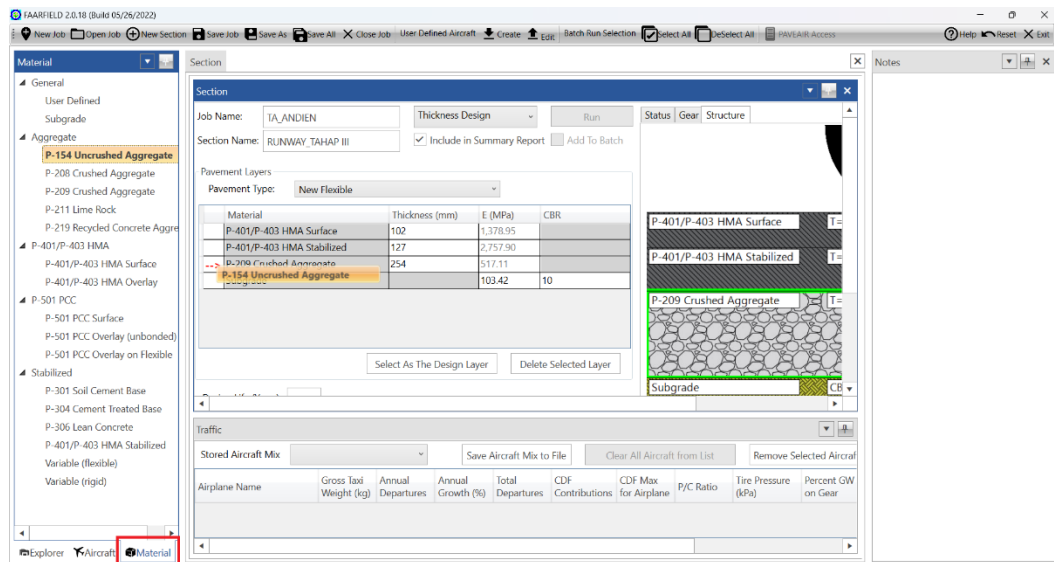


Gambar 5.39 Jendela Awal Desain Perkerasan dari FAARFIELD

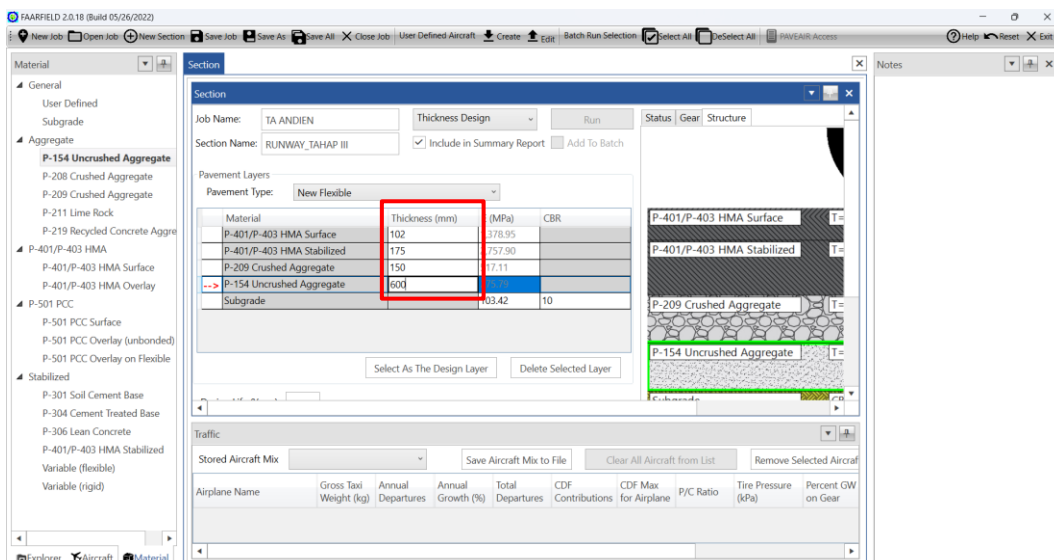
Setelah klik “*pavement type*” akan muncul tampilan awal struktur dimana nilai-nilai yang terdapat pada Gambar 5.39 adalah nilai yang otomatis dibuat oleh FAARFIELD dan sudah terdapat material yang digunakan pada setiap susunan lapis perkerasan.

3. Memodifikasi struktur lapis perkerasan

Selanjutnya adalah memodifikasi struktur lapis perkerasan yaitu memasukkan jenis material dengan cara klik *toolbox* “material” dan pilih material yang diinginkan lalu pindahkan ke jendela “section” kemudian masukkan tebal pada setiap lapisnya seperti pada Gambar 5.40 dan Gambar 5.41.

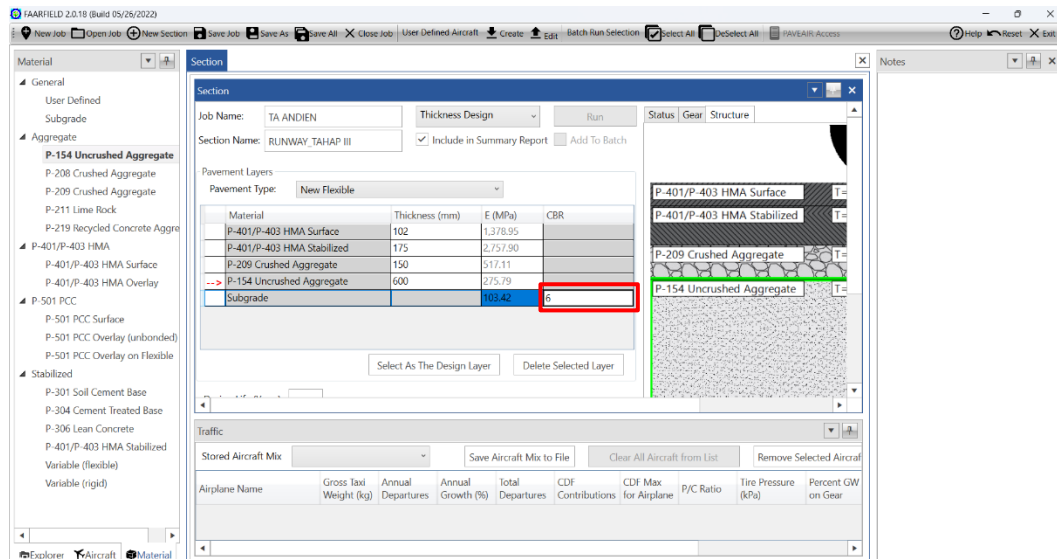


Gambar 5.40 Memasukkan Material Susun Perkerasan



Gambar 5.41 Memasukkan Tebal Awal pada Setiap Lapis

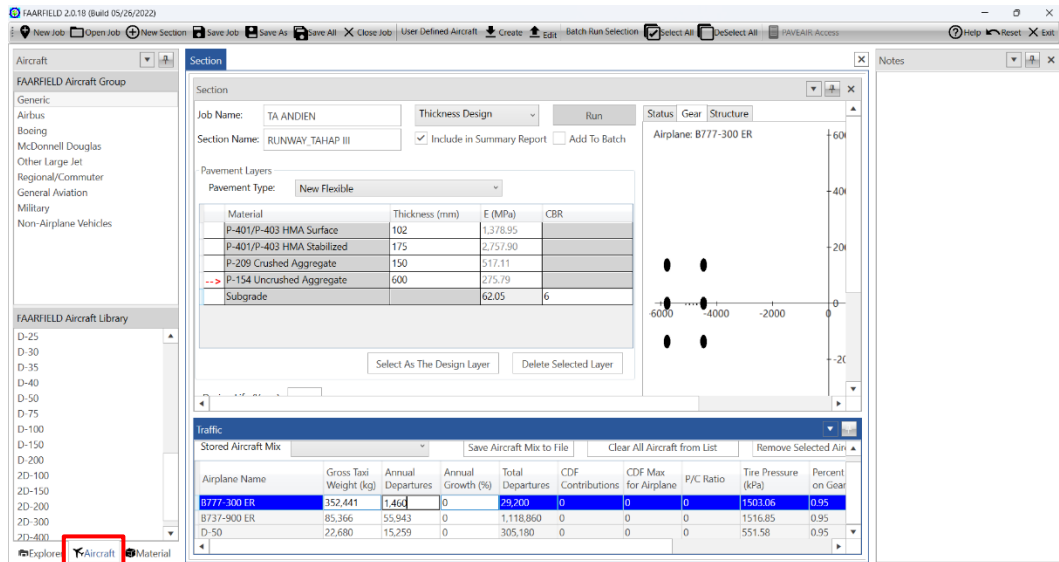
Kemudian masukkan nilai *CBR subgrade* pada *runway* yaitu 6% seperti yang dapat dilihat pada Gambar 5.42.



Gambar 5.42 Memasukkan Data CBR Subgrade

4. Memasukkan keberangkatan tahunan pesawat

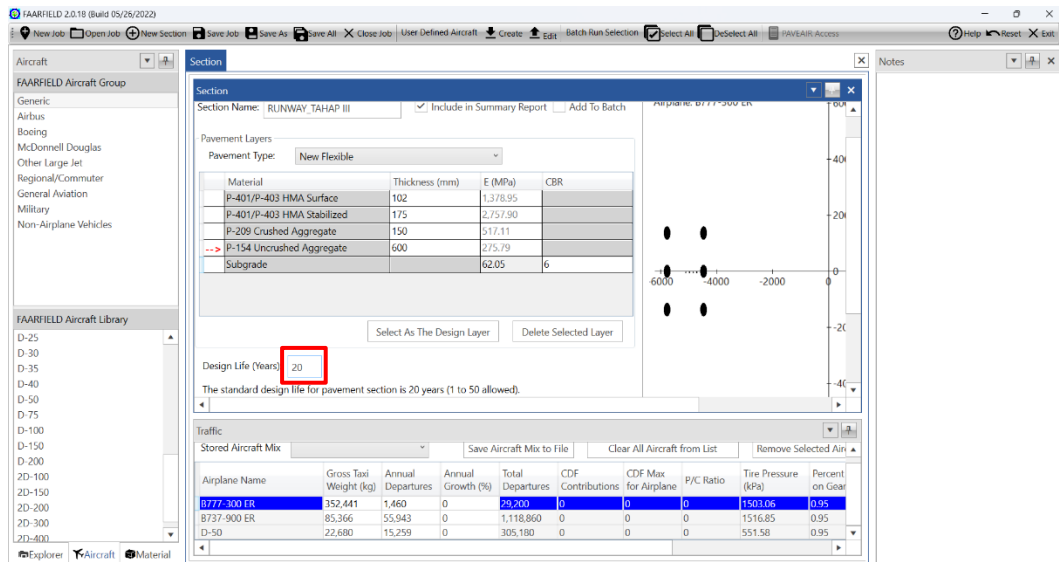
Langkah selanjutnya adalah memasukkan keberangkatan tahunan pesawat dengan cara menekan *toolbox* “*aircraft*” lalu klik dua kali untuk memilih tipe pesawat dan masukkan *annual departures* serta *annual growth*. *Annual growth* sendiri berfungsi untuk mengukur atau memprediksi pertumbuhan lalu lintas pesawat hingga umur rencana. Dalam penelitian ini *annual growth* dihitung 0% karena data yang didapatkan dari PT Jagat Tribuana Sakti sudah merupakan data rencana pada setiap umur rencana di tiga tahap perencanaan yaitu tahap I pada umur rencana 2023-2042, tahap II pada umur rencana 2043-2058, dan tahap III pada umur rencana 2059-2072. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.43 berikut.



Gambar 5.43 Memasukkan Keberangkatan Tahunan Pesawat

5. Memasukkan umur rencana

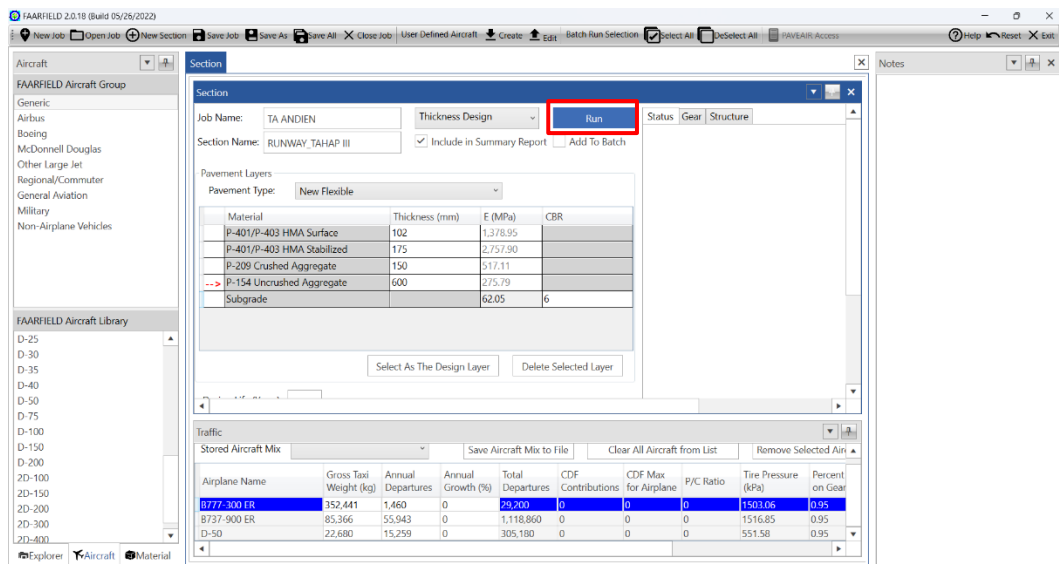
Setelah memasukkan keberangkatan tahunan pesawat, selanjutnya adalah memasukkan umur rencana pada kolom “*design life*”. Dalam hal ini umur rencana desain perkerasan yaitu 20 tahun (2059-2072) seperti pada Gambar 5.44 berikut.



Gambar 5.44 Memasukkan Umur Rencana

6. Melakukan desain struktur perkerasan

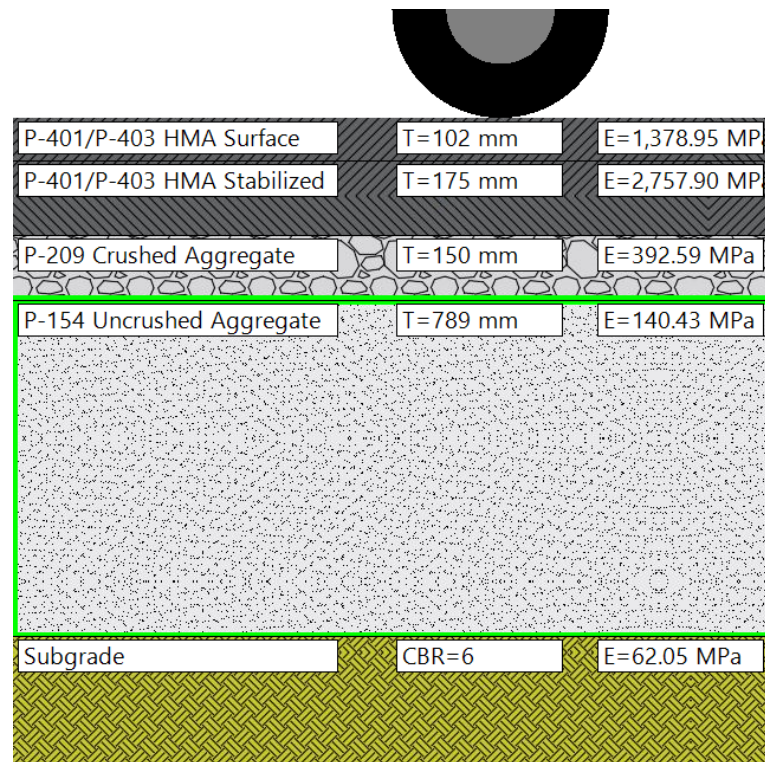
Setelah langkah-langkah di atas telah dilakukan, klik *run* untuk memulai analisis desain tebal perkerasan dan tunggu hasilnya seperti yang terdapat pada Gambar 5.45.



Gambar 5.45 Running Design

Untuk melakukan desain pada tebal perkerasan *new flexible*, dalam *FAARFIELD* proses desain hanya pada bagian *subbase*, hal ini dapat dilihat pada tanda panah yang berada di lapisan *subbase*. Namun tebal lapisan lainnya juga nanti akan menyesuaikan pada saat proses *run*.

Pada metode *FAA* dengan *software FAARFIELD* memakai nilai *CDF* untuk menentukan tebal lapis perkerasan. Berdasarkan hasil *running design*, didapat nilai $CDF = 1$, maka desain dianggap sudah memuaskan oleh *FAARFIELD*. Adapun tebal perkerasan lentur pada *runway* berdasarkan *running design FAARFIELD* yaitu untuk lapisan *surface* 102 mm, untuk lapisan *stabilized base* 175 mm, lapisan *base* 150 mm, dan lapisan *subbase* sebesar 789 mm. Modifikasi tebal awal pada lapisan *stabilized base*, *base*, dan *subbase* disamakan dengan ketebalan desain eksisting. Berikut merupakan gambar ilustrasi tebal lapisan perkerasan berdasarkan *FAARFIELD* dapat dilihat pada Gambar 5.46.



Gambar 5.46 Ilustrasi Tebal Perkerasan Tahap III berdasarkan *FAARFIELD*

Namun, untuk desain yang digunakan pada pengaplikasian di lapangan adalah pembulatan 0,5 cm ke atas dari hasil tebal yang didapat. Maka hasil akhir desain yang digunakan yaitu sebagai berikut.

Lapisan <i>surface</i>	= 105 mm (4,1 inci)
Lapisan <i>stabilized base</i>	= 175 mm (6,9 inci)
Lapisan <i>base</i>	= 150 mm (5,9 inci)
Lapisan <i>subbase</i>	= 790 mm (31,1 inci)

Berdasarkan hasil desain menggunakan *software FAARFIELD*, berikut merupakan rekapitulasi tebal perkerasan alternatif desain untuk tahap I, tahap II, dan tahap III dapat dilihat pada Tabel 5.27.

Tabel 5.27 Rekapitulasi Hasil Akhir Tebal Perkerasan Metode *FAA Software FAARFIELD*

Lapisan	Material	Tebal (mm)		
		Metode <i>FAA software FAARFIELD</i>		
		Tahap I (2023-2042)	Tahap II (2043-2058)	Tahap III (2059-2072)
<i>AC-WC</i>	P-401/P-403	40	40	40
<i>AC-BC</i>	<i>HMA</i>	65	65	65
<i>AC-Base layer 1</i>	P-401/P-403	85	85	85
<i>AC-Base layer 2</i>	<i>HMA Stabilized</i>	90	90	90
<i>Base</i>	P-209 <i>Crushed Aggregate</i>	150	150	150
<i>Subbase</i>	P-154 <i>Uncrushed Aggregate</i>	615	705	790

Perancangan dengan *software FAARFIELD* dibuat dalam beberapa alternatif desain. Hasil tebal pada Tabel 5.27 merupakan alternatif desain 1 yaitu jika desain tebal lapisan *stabilized base*, *base*, dan *subbase* disamakan dengan tebal desain eksisting. Selain itu, dilakukan juga dua alternatif desain lainnya. Alternatif kedua yaitu jika tebal lapis *base* dan *subbase* disamakan dengan tebal desain eksisting. Alternatif ketiga yaitu apabila desain tebal lapisan *surface* dan *stabilized base* disamakan dengan tebal pada desain eksisting. Prosedur desain dilakukan dengan cara yang sama dan hasil dapat dilihat pada Tabel 5.44.

5.8 Alternatif Desain menggunakan Metode *LCN*

Berikut adalah prosedur perhitungan tebal perkerasan lentur *runway* pada Bandara Dhoho Kediri untuk umur rencana tahap I (2023-2042), tahap II (2043-2058), dan tahap III (2059-2072) menggunakan metode *LCN* berdasarkan *Design & Maintenance Guide 27 (DMG 27)* adalah sebagai berikut.

5.8.1 Alternatif Desain Perkerasan Tahap I (2023-2042)

Perhitungan tebal perkerasan menggunakan metode *LCN* dapat diuraikan sebagai berikut.

1. Nilai *CBR subgrade*

Nilai *CBR subgrade* untuk *runway* pada Bandara Doho adalah 6%. Berdasarkan Tabel 3.12, maka *CBR subgrade* untuk *runway* termasuk ke dalam kategori tanah dasar rendah (*low*).

2. Menentukan Nilai *ACN* dan *Pass to Coverage Ratio*

Berikut merupakan nilai *ACN* tiap pesawat yang terdapat pada Tabel 5.28.

Tabel 5.28 Penentuan Nilai *ACN* dan *Pass to Coverage Ratio*

No	Tipe Pesawat	<i>ACN</i> pada <i>CBR</i> 6%	Konfigurasi Roda	Tekanan Ban (Mpa)	<i>Pass to Coverage Ratio</i> (Tabel 3.13)
1	B777-300ER	89,3	<i>Tridem</i>	1,524	1,44
2	B737-900ER	56	<i>Dual Wheel</i>	1,517	3,2
3	ATR 72-600	13,2	<i>Dual Wheel</i>	552	3,2

Berdasarkan Tabel 5.28, nilai *ACN* tiap pesawat dipilih nilai *ACN* terbesar sebagai pemilihan pesawat rencana dan *ACN* rencana. Pesawat B777-300ER terpilih menjadi pesawat rencana dikarenakan memiliki nilai *ACN* terbesar yaitu 89,3.

3. Menentukan rasio *ACN*

Nilai rasio *ACN* dapat dihitung menggunakan Persamaan 5.2 berikut.

$$\text{Rasio } ACN = \frac{ACN \text{ pesawat yang ditinjau}}{ACN \text{ pesawat rencana}} \quad (5.2)$$

Adapun rekapitulasi hasil perhitungan rasio *ACN* terdapat pada Tabel 5.29.

Tabel 5.29 Perhitungan Rasio *ACN*

No	Tipe Pesawat	Nilai <i>ACN</i>	Rasio <i>ACN</i>
1	B777-300ER	89,3	1
2	B737-900ER	56	0,627
3	ATR 72-600	13,2	0,148

4. Menentukan nilai *equivalent coverages* tiap pesawat

Langkah selanjutnya yaitu menentukan nilai *equivalent coverages* tiap pesawat yang bergantung pada keberangkatan tahunan, rasio *ACN*, *pass to coverage ratio*, dan nilai *passes*. Perhitungan dapat dilihat melalui Tabel 5.30 berikut.

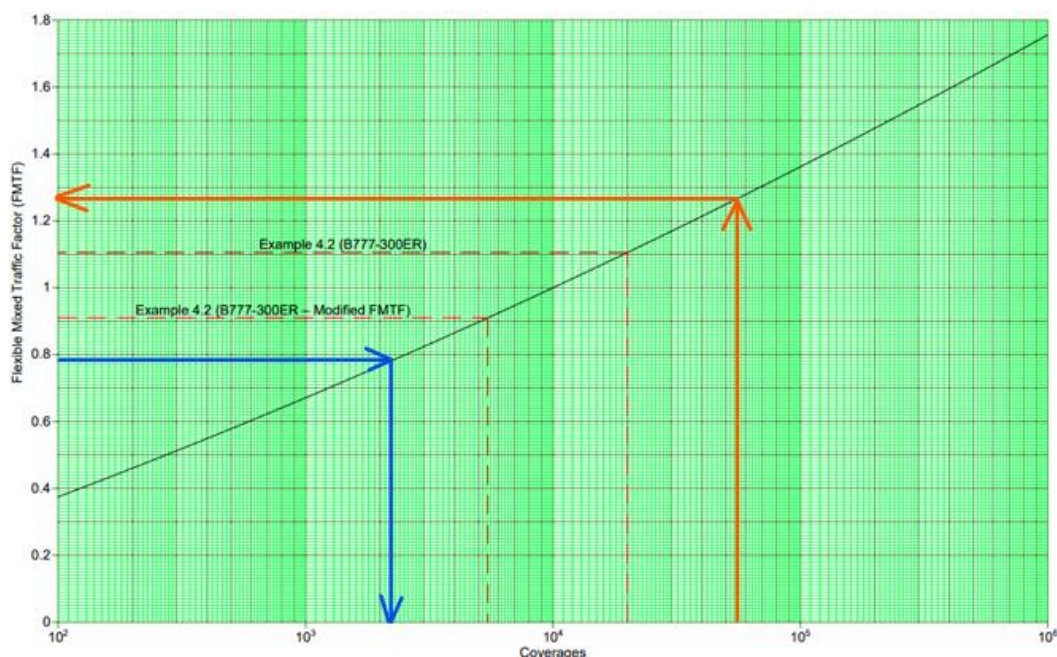
Tabel 5.30 Menghitung Nilai *Equivalent Coverages* Tiap Pesawat

No	Tipe Pesawat	Keberangkatan Tahunan (pesawat/tahun)	Rasio ACN	Pass to coverage ratio	Passes	Coverages
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6) = (3) x 20	(7) = (6) / (5)
1	B777-300ER	365	1	1,44	7.300	5.069,44
2	B737-900ER	9.024	0,627	3,2	180.480	56.400
3	ATR 72-600	3.687	0,148	3,2	73.740	23.043,75

Coverages tiap pesawat belum bisa dijumlahkan secara langsung untuk mendapatkan ketebalan struktur perkerasan lentur, sehingga perlu dilakukan konversi ke *equivalent coverages* yang dipengaruhi oleh rasio *ACN* melalui grafik *Mixed Traffic Analysis*. Adapun contoh perhitungan konversi nilai *coverages* ke *equivalent coverages* menggunakan grafik *mixed traffic analysis* pada pesawat B737-900ER yang dapat dilihat pada Gambar 5.47 dan hasil perhitungan direkap dalam Tabel 5.31.

Tabel 5.31 Perhitungan *Equivalent Coverages*

No	Tipe Pesawat	Rasio ACN	Coverages	FMTF	MMTF	Equivalent Coverages
(1)	(2)	(3)	(4)	(5) (Gambar 5.47)	(6) = (3) x (5)	(7) (Gambar 5.47)
1	B777-300ER	1	5.069,44	0,72	0,72	5.069,44
2	B737-900ER	0,627	56.400	1,27	0,796	2.300
3	ATR 72-600	0,148	23.043,75	1,12	0,166	100
Total						7.469,44



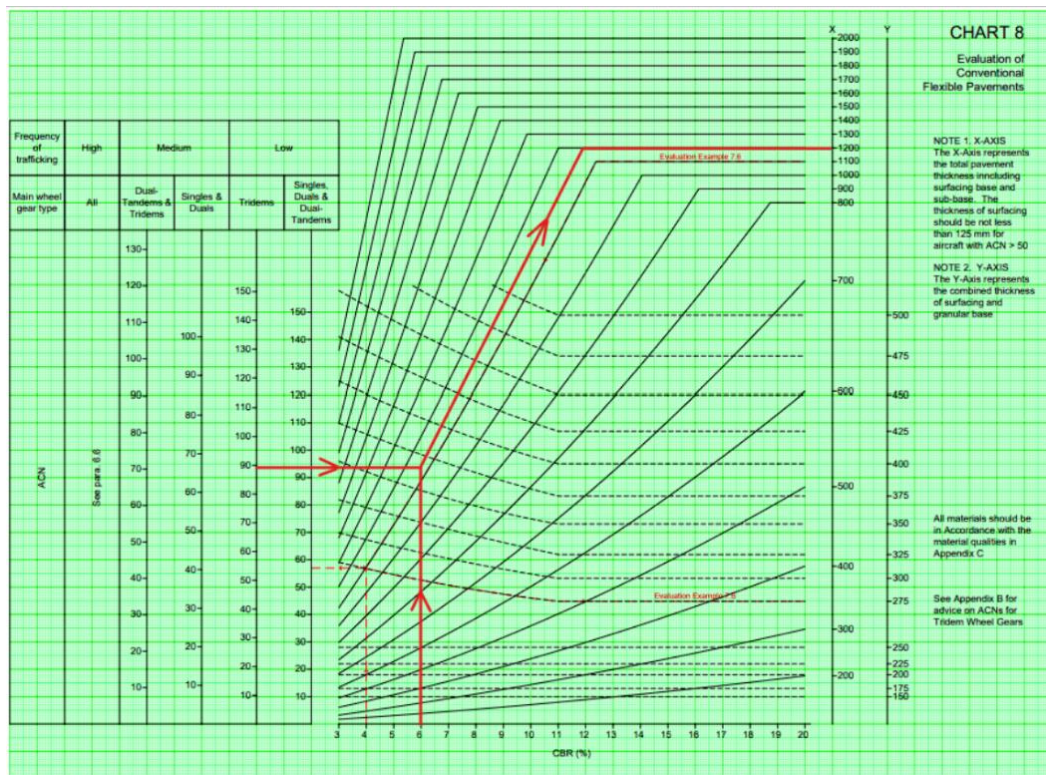
Gambar 5.47 Analisis *Mixed Traffic* B737-900ER

5. Menentukan tebal perkerasan lentur

Langkah selanjutnya adalah menentukan tebal perkerasan lentur. Hasil analisis lalu lintas yang dituangkan dalam nilai *coverages* dapat digunakan untuk mencari nilai tebal perkerasan lentur. Penentuan tebal perkerasan ini dipengaruhi oleh nilai *CBR subgrade*, *ACN* rencana, konfigurasi roda pesawat rencana, dan klasifikasi frekuensi lalu lintas. Pesawat rencana B777-300ER memiliki konfigurasi roda *tridem* dengan nilai *ACN* 89,3. Nilai *CBR subgrade* 6%, dan nilai *equivalent coverages* diperoleh sebesar 7.469,44, maka berdasarkan Tabel 3.15 frekuensi lalu lintas termasuk ke dalam tingkat *low*. Dari beberapa parameter yang sudah diketahui maka dapat ditentukan tebal perkerasan lentur pada *runway* dapat dilihat pada Gambar 5.48.

Berdasarkan Gambar 5.48, dari sumbu X diperoleh tebal total perkerasan sebesar 1.200 mm, sedangkan dari sumbu Y didapat tebal lapis permukaan dan lapis pondasi atas adalah minimal 500 mm. Tebal minimum lapis permukaan untuk *ACN* rencana lebih dari 50 adalah 125 mm. Dalam perancangan ini tebal lapis permukaan diambil 125 mm sama dengan tebal lapis permukaan pada desain perkerasan lentur *runway* Bandara Dhoho Kediri. Berdasarkan nilai-nilai tebal lapisan tersebut, maka dapat dihitung tebal masing-masing lapisan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Tebal } base &= \text{total tebal perkerasan } surface \text{ dan } base - \text{tebal } surface \\
 &= 500 \text{ mm} - 125 \text{ mm} \\
 &= 375 \text{ mm} \\
 \text{Tebal } subbase &= \text{tebal total} - \text{total tebal perkerasan } surface \text{ dan } base \\
 &= 1.200 \text{ mm} - 500 \text{ mm} \\
 &= 700 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Gambar 5.48 Grafik Perhitungan Tebal Perkerasan Tahap I Metode LCN

Maka hasil akhir dari perhitungan desain perkerasan lentur *runway* Bandar Udara Dhoho untuk 20 tahun mendatang dengan metode *LCN* berdasar dokumen *Design & Maintenance Guide 27 (DMG 27)* didapat tebal perkerasan total sebesar 1.200 mm dengan masing-masing lapisannya memiliki tebal sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Lapisan } surface &= 125 \text{ mm} \\
 \text{Lapisan } base &= 375 \text{ mm} \\
 \text{Lapisan } subbase &= 700 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Namun, untuk desain yang digunakan pada pengaplikasian di lapangan adalah pembulatan 0,5 cm ke atas dari hasil tebal yang didapat. Maka hasil akhir desain yang digunakan yaitu sebagai berikut.

Lapisan <i>surface</i>	= 125 mm (4,9 inci)
Lapisan <i>stabilized base</i>	= 175 mm (6,9 inci)
Lapisan <i>base</i>	= 375 mm (14,7 inci)
Lapisan <i>subbase</i>	= 700 mm (27,6 inci)

5.8.2 Alternatif Desain Perkerasan Tahap II (2043-2058)

Perhitungan tebal perkerasan menggunakan metode *LCN* dapat diuraikan sebagai berikut.

1. Nilai *CBR subgrade*

Nilai *CBR subgrade* untuk *runway* pada Bandara Dhoho adalah 6%. Berdasarkan Tabel 3.12, maka *CBR subgrade* untuk *runway* termasuk ke dalam kategori tanah dasar rendah (*low*).

2. Menentukan Nilai *ACN* dan *Pass to Coverage Ratio*

Berikut merupakan nilai *ACN* tiap pesawat yang terdapat pada Tabel 5.32.

Tabel 5.32 Penentuan Nilai *ACN* dan *Pass to Coverage Ratio*

No	Tipe Pesawat	<i>ACN</i> pada <i>CBR</i> 6%	Konfigurasi Roda	Tekanan Ban (Mpa)	<i>Pass to Coverage Ratio</i> (Tabel 3.13)
1	B777-300ER	89,3	<i>Tridem</i>	1,524	1,44
2	B737-900ER	56	<i>Dual Wheel</i>	1,517	3,2
3	ATR 72-600	13,2	<i>Dual Wheel</i>	552	3,2

Berdasarkan Tabel 5.32, nilai *ACN* tiap pesawat dipilih nilai *ACN* terbesar sebagai pemilihan pesawat rencana dan *ACN* rencana. Pesawat B777-300ER terpilih menjadi pesawat rencana dikarenakan memiliki nilai *ACN* terbesar yaitu 89,3.

3. Menentukan rasio *ACN*

Nilai rasio *ACN* dapat dihitung menggunakan Persamaan 5.2 yang sudah diuraikan di atas. Adapun rekapitulasi hasil perhitungan rasio *ACN* terdapat pada Tabel 5.33.

Tabel 5.33 Perhitungan Rasio *ACN*

No	Tipe Pesawat	Nilai <i>ACN</i>	Rasio <i>ACN</i>
1	B777-300ER	89,3	1
2	B737-900ER	56	0,627
3	ATR 72-600	13,2	0,148

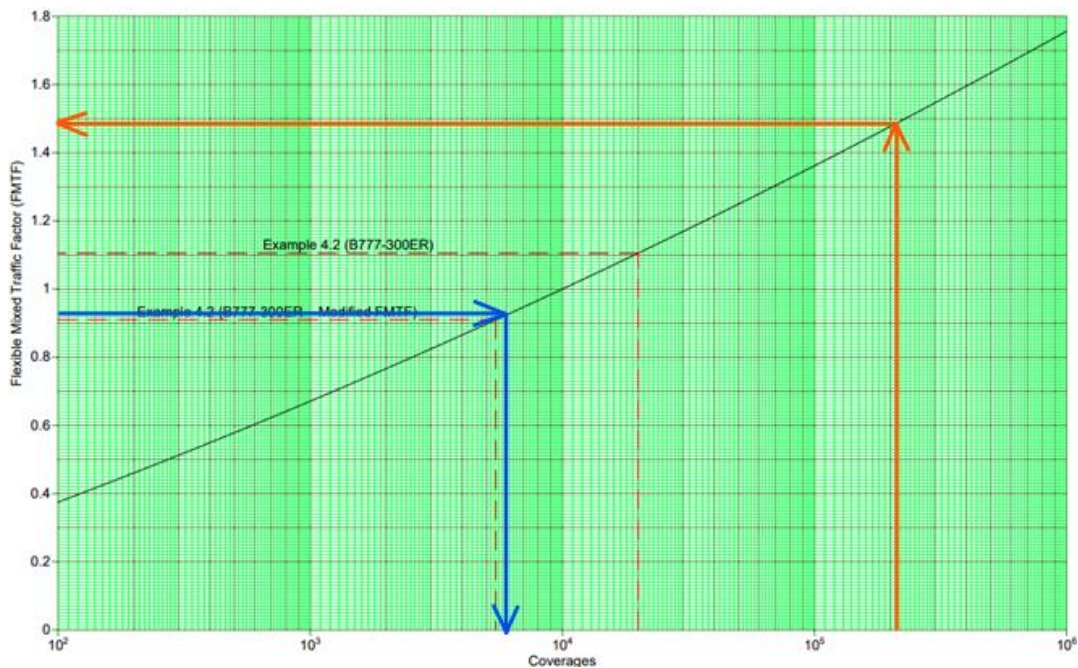
4. Menentukan nilai *equivalent coverages* tiap pesawat

Langkah selanjutnya yaitu menentukan nilai *equivalent coverages* tiap pesawat yang bergantung pada keberangkatan tahunan, rasio *ACN*, *pass to coverage ratio*, dan nilai *passes*. Perhitungan dapat dilihat melalui Tabel 5.34 berikut.

Tabel 5.34 Menghitung Nilai *Equivalent Coverages* Tiap Pesawat

No	Tipe Pesawat	Keberangkatan Tahunan (pesawat/tahun)	Rasio <i>ACN</i>	<i>Pass to coverage ratio</i>	<i>Passes</i>	<i>Coverages</i>
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6) = (3) x 20	(7) = (6) / (5)
1	B777-300ER	730	1	1,44	14600	101.138,89
2	B737-900ER	35.197	0,627	3,2	703.940	219.981,25
3	ATR 72-600	10.246	0,148	3,2	204.920	64.037,50

Coverages tiap pesawat belum bisa dijumlahkan secara langsung untuk mendapatkan ketebalan struktur perkerasan lentur, sehingga perlu dilakukan konversi ke *equivalent coverages* yang dipengaruhi oleh rasio *ACN* melalui grafik *Mixed Traffic Analysis*. Adapun contoh perhitungan konversi nilai *coverages* ke *equivalent coverages* menggunakan grafik *mixed traffic analysis* pada pesawat B737-900ER yang dapat dilihat pada Gambar 5.49 dan hasil perhitungan direkap dalam Tabel 5.35.



Gambar 5.49 Analisis Mixed Traffic B737-900ER

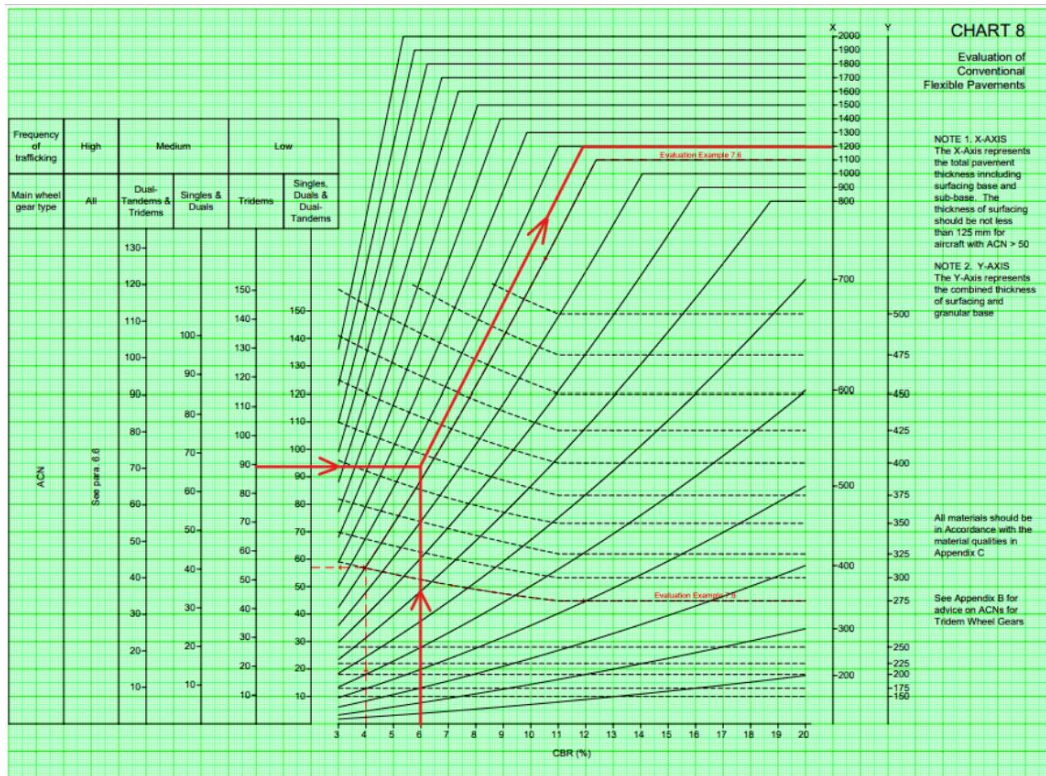
Tabel 5.35 Perhitungan Equivalent Coverages

No	Tipe Pesawat	Rasio ACN	Coverages	FMTF	MMTF	Equivalent Coverages
(1)	(2)	(3)	(4)	(5) (Gambar 5.49)	(6) = (3) x (5)	(7) (Gambar 5.49)
1	B777-300ER	1	101.138,89	1,01	1,01	101.138,89
2	B737-900ER	0,627	219.981,25	1,49	0,93	6.000
3	ATR 72-600	0,148	64.037,50	1,3	0,19	100
Total						16.238,89

5. Menentukan tebal perkerasan lentur

Langkah selanjutnya adalah menentukan tebal perkerasan lentur. Hasil analisis lalu lintas yang dituangkan dalam nilai *coverages* dapat digunakan untuk mencari nilai tebal perkerasan lentur. Penentuan tebal perkerasan ini dipengaruhi oleh nilai *CBR subgrade*, *ACN* rencana, konfigurasi roda pesawat rencana, dan klasifikasi frekuensi lalu lintas. Pesawat rencana B777-300ER memiliki konfigurasi roda *tridem* dengan nilai *ACN* 89,3. Nilai *CBR subgrade* 6%, dan nilai *equivalent coverages* diperoleh sebesar 16.238,89, maka berdasarkan Tabel 3.15 frekuensi lalu lintas termasuk ke dalam tingkat *low*. Dari beberapa parameter yang

sudah diketahui, maka dapat ditentukan tebal perkerasan lentur pada *runway* dapat dilihat pada Gambar 5.50.



Gambar 5.50 Grafik Perhitungan Tebal Perkerasan Tahap II Metode LCN

Berdasarkan Gambar 5.50, dari sumbu X diperoleh tebal total perkerasan sebesar 1.200 mm, sedangkan dari sumbu Y didapat tebal lapis permukaan dan lapis pondasi atas adalah minimal 500 mm. Tebal minimum lapis permukaan untuk ACN rencana lebih dari 50 adalah 125 mm. Dalam perencanaan ini tebal lapis permukaan diambil 125 mm sama dengan tebal lapis permukaan pada desain perkerasan lentur *runway* Bandara Dhoho Kediri. Berdasarkan nilai-nilai tebal lapisan tersebut, maka dapat dihitung tebal masing-masing lapisan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Tebal base} &= \text{total tebal perkerasan surface dan base} - \text{tebal surface} \\ &= 500 \text{ mm} - 125 \text{ mm} = 375 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tebal subbase} &= \text{tebal total} - \text{total tebal perkerasan surface dan base} \\ &= 1.200 \text{ mm} - 500 \text{ mm} = 700 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka hasil akhir dari perhitungan desain perkerasan lentur *runway* Bandar Udara Dhoho untuk 20 tahun mendatang dengan metode *LCN* berdasar dokumen *Design & Maintenance Guide 27 (DMG 27)* didapat tebal perkerasan total sebesar 1.200 mm dengan masing-masing lapisannya memiliki tebal sebagai berikut.

Lapisan *surface* = 125 mm

Lapisan *base* = 375 mm

Lapisan *subbase* = 700 mm

Namun, untuk desain yang digunakan pada pengaplikasian di lapangan adalah pembulatan 0,5 cm ke atas dari hasil tebal yang didapat. Maka hasil akhir desain yang digunakan yaitu sebagai berikut.

Lapisan *surface* = 125 mm (4,9 inci)

Lapisan *stabilized base* = 175 mm (6,9 inci)

Lapisan *base* = 375 mm (14,7 inci)

Lapisan *subbase* = 700 mm (27,6 inci)

5.8.3 Alternatif Desain Perkerasan Tahap III (2059-2072)

Perhitungan tebal perkerasan lentur menggunakan metode *LCN* dapat diuraikan sebagai berikut.

1. Nilai *CBR subgrade*

Nilai *CBR subgrade* untuk *runway* pada Bandara Dhoho adalah 6%. Berdasarkan Tabel 3.12, maka *CBR subgrade* untuk *runway* termasuk ke dalam kategori tanah dasar rendah (*low*).

2. Menentukan Nilai *ACN* dan *Pass to Coverage Ratio*

Berikut merupakan nilai *ACN* tiap pesawat yang terdapat pada Tabel 5.36.

Tabel 5.36 Penentuan Nilai *ACN* dan *Pass to Coverage Ratio*

No	Tipe Pesawat	<i>ACN</i> pada <i>CBR</i> 6%	Konfigurasi Roda	Tekanan Ban (Mpa)	<i>Pass to Coverage Ratio</i> (Tabel 3.13)
1	B777-300ER	89,3	<i>Tridem</i>	1,524	1,44
2	B737-900ER	56	<i>Dual Wheel</i>	1,517	3,2
3	ATR 72-600	13,2	<i>Dual Wheel</i>	552	3,2

Berdasarkan Tabel 5.36, nilai *ACN* tiap pesawat dipilih nilai *ACN* terbesar sebagai pemilihan pesawat rencana dan *ACN* rencana. Pesawat B777-300ER terpilih menjadi pesawat rencana dikarenakan memiliki nilai *ACN* terbesar yaitu 89,3.

3. Menentukan rasio *ACN*

Nilai rasio *ACN* dapat dihitung menggunakan Persamaan 5.2 yang sudah diuraikan di atas. Adapun rekapitulasi hasil perhitungan rasio *ACN* terdapat pada Tabel 5.37.

Tabel 5.37 Perhitungan Rasio *ACN*

No	Tipe Pesawat	Nilai <i>ACN</i>	Rasio <i>ACN</i>
1	B777-300ER	89,3	1
2	B737-900ER	56	0,627
3	ATR 72-600	13,2	0,148

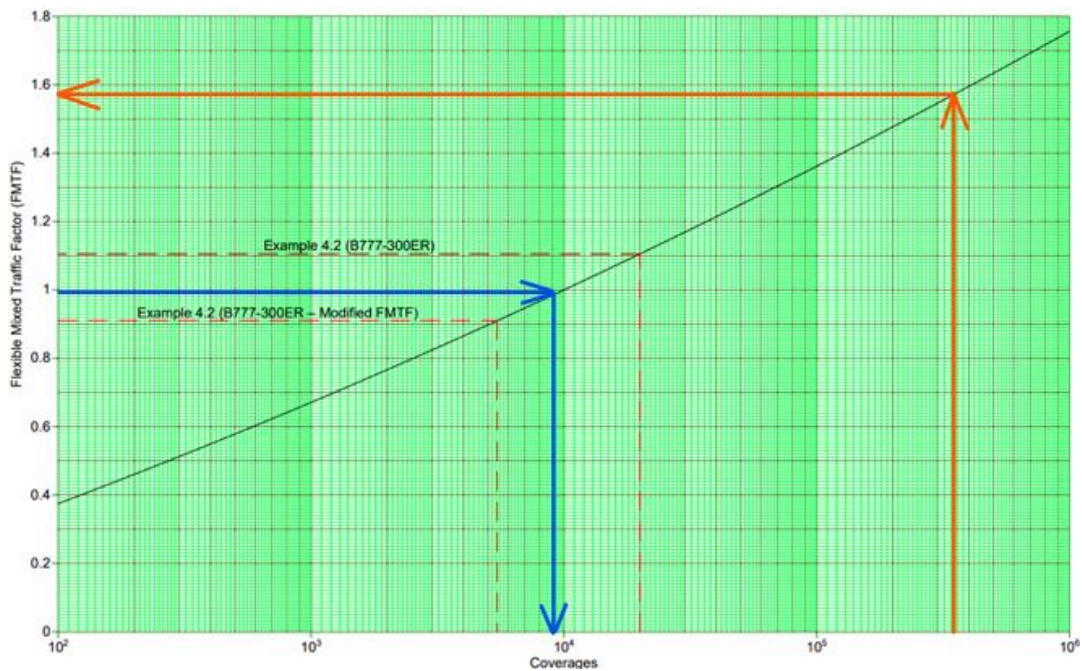
4. Menentukan nilai *equivalent coverages* tiap pesawat

Langkah selanjutnya yaitu menentukan nilai *equivalent coverages* tiap pesawat yang bergantung pada keberangkatan tahunan, rasio *ACN*, *pass to coverage ratio*, dan nilai *passes*. Perhitungan dapat dilihat melalui Tabel 5.38 berikut.

Tabel 5.38 Menghitung Nilai *Equivalent Coverages* Tiap Pesawat

No	Tipe Pesawat	Keberangkatan Tahunan (pesawat/tahun)	Rasio <i>ACN</i>	<i>Pass to coverage ratio</i>	<i>Passes</i>	<i>Coverages</i>
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6) = (3) x 20	(7) = (6) / (5)
1	B777-300ER	1.460	1	1,44	29.200	20.277,78
2	B737-900ER	55.943	0,627	3,2	1.118.860	349.643,75
3	ATR 72-600	15.259	0,148	3,2	305.180	95.368,75

Coverages tiap pesawat belum bisa dijumlahkan secara langsung untuk mendapatkan ketebalan struktur perkerasan lentur, sehingga perlu dilakukan konversi ke *equivalent coverages* yang dipengaruhi oleh rasio *ACN* melalui grafik *Mixed Traffic Analysis*. Adapun contoh perhitungan konversi nilai *coverages* ke *equivalent coverages* menggunakan grafik *mixed traffic analysis* pada pesawat B737-900ER yang dapat dilihat pada Gambar 5.51 dan hasil perhitungan direkap dalam Tabel 5.39.



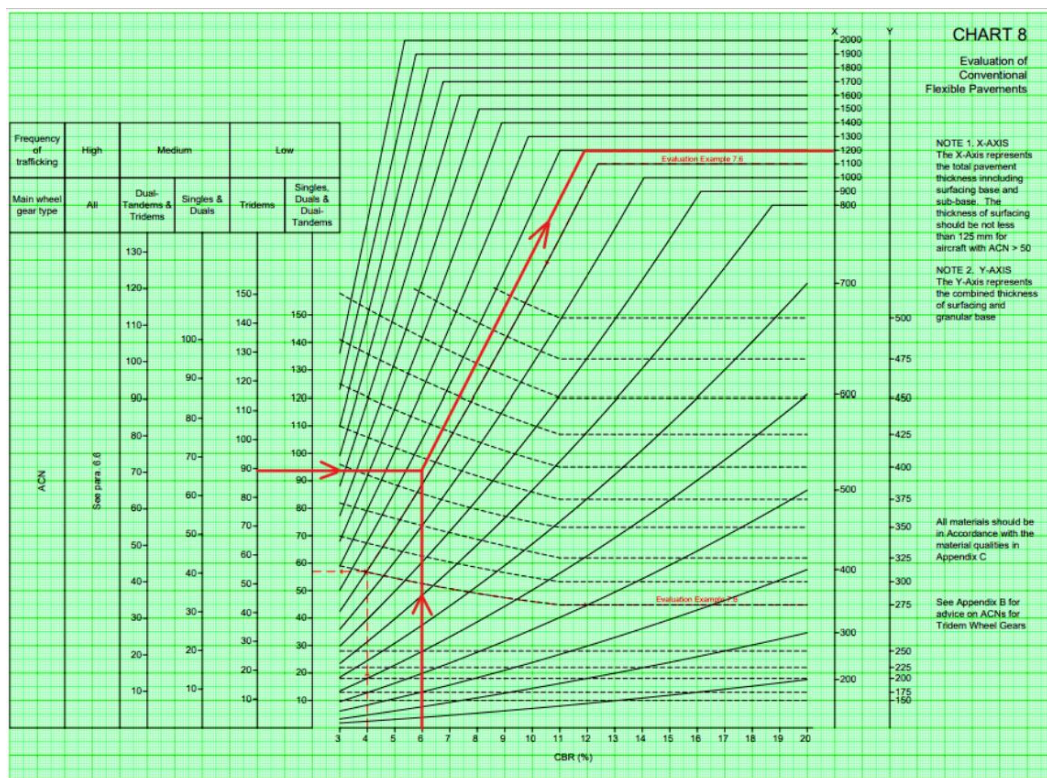
Gambar 5.51 Analisis *Mixed Traffic* B737-900ER

Tabel 5.39 Perhitungan *Equivalent Coverages*

No	Tipe Pesawat	Rasio ACN	Coverages	FMTF	MMTF	<i>Equivalent Coverages</i>
(1)	(2)	(3)	(4)	(5) (Gambar 5.51)	(6) = (3) x (5)	(7) (Gambar 5.51)
1	B777-300ER	1	20.277,78	1,12	1,12	20.277,78
2	B737-900ER	0,627	349.643,75	1,58	0,99	9.100
3	ATR 72-600	0,148	95.368,75	1,37	0,20	100

5. Menentukan tebal perkerasan lentur

Langkah selanjutnya adalah menentukan tebal perkerasan lentur. Hasil analisis lalu lintas yang dituangkan dalam nilai *coverages* dapat digunakan untuk mencari nilai tebal perkerasan lentur. Penentuan tebal perkerasan ini dipengaruhi oleh nilai *CBR subgrade*, ACN rencana, konfigurasi roda pesawat rencana, dan klasifikasi frekuensi lalu lintas. Pesawat rencana B777-300ER memiliki konfigurasi roda *tridem* dengan nilai ACN 89,3. Nilai *CBR subgrade* 6%, dan nilai *equivalent coverages* diperoleh sebesar 29.477,78, maka berdasarkan Tabel 3.15 frekuensi lalu lintas termasuk ke dalam tingkat *low*. Dari beberapa parameter yang sudah diketahui, maka dapat ditentukan tebal perkerasan lentur pada *runway* dapat dilihat pada Gambar 5.52.



Gambar 5.52 Grafik Perhitungan Tebal Perkerasan Tahap III Metode LCN

Berdasarkan Gambar 5.52, dari sumbu X diperoleh tebal total perkerasan sebesar 1.200 mm, sedangkan dari sumbu Y didapat tebal lapis permukaan dan lapis pondasi atas adalah minimal 500 mm. Tebal minimum lapis permukaan untuk ACN rencana lebih dari 50 adalah 125 mm. Dalam perencanaan ini tebal lapis permukaan diambil 175 mm sama dengan tebal lapis permukaan pada desain perkerasan lentur runway Bandara Dhoho Kediri. Berdasarkan nilai-nilai tebal lapisan tersebut, maka dapat dihitung tebal masing-masing lapisan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Tebal } base &= \text{total tebal perkerasan } surface \text{ dan } base - \text{tebal } surface \\
 &= 500 \text{ mm} - 175 \text{ mm} \\
 &= 325 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tebal } subbase &= \text{tebal total} - \text{total tebal perkerasan } surface \text{ dan } base \\
 &= 1.200 \text{ mm} - 500 \text{ mm} \\
 &= 700 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka hasil akhir dari perhitungan desain perkerasan lentur *runway* Bandar Udara Dhoho untuk 20 tahun mendatang dengan metode *LCN* berdasar dokumen *Design & Maintenance Guide 27 (DMG 27)* didapat tebal perkerasan total sebesar 1.200 mm dengan masing-masing lapisannya memiliki tebal sebagai berikut.

Lapisan *surface* = 175 mm

Lapisan *base* = 325 mm

Lapisan *subbase* = 700 mm

Namun, untuk desain yang digunakan pada pengaplikasian di lapangan adalah pembulatan 0,5 cm ke atas dari hasil tebal yang didapat. Maka hasil akhir desain yang digunakan yaitu sebagai berikut.

Lapisan *surface* = 175 mm (4,9 inci)

Lapisan *stabilized base* = 175 mm (6,9 inci)

Lapisan *base* = 325 mm (14,7 inci)

Lapisan *subbase* = 700 mm (27,6 inci)

Material yang digunakan pada metode *LCN* sama seperti yang digunakan dalam metode *FAA* yang didasarkan pada dokumen *FAA AC 150/5370-10H*. Lapisan *surface* memakai material P-401/P-403 *HMA* karena jenis material ini digunakan untuk perkerasan lentur. Lapisan *stabilized base* memakai material P-401/P-403 *HMA Stabilized*, karena pesawat yang beroperasi memiliki berat kotor ≥ 100.000 lbs maka dibutuhkan lapisan *stabilized base*. Lapisan *base* memakai material P-209 *Crushed Aggregate* dimana material ini dipilih karena berat kotor pesawat memuat ≥ 100.000 lbs (45,360 kg) yaitu berat pesawat rencana B777-300ER adalah 775.002,01 lbs. Lapisan *subbase* memakai material P-154 *Uncrushed Aggregate* karena satu-satunya material yang dapat dipakai untuk lapisan *subbase* sesuai dengan Tabel 3.10 yaitu tebal lapis minimum untuk perkerasan lentur.

Berdasarkan hasil desain dengan metode *LCN*, berikut merupakan rekapitulasi tebal perkerasan alternatif desain untuk tahap I, tahap II, dan tahap III dapat dilihat pada Tabel 5.40.

Tabel 5.40 Rekapitulasi Hasil Akhir Tebal Perkerasan Metode LCN

Lapisan	Material	Tebal (mm)		
		Metode LCN		
		Tahap I (2023-2042)	Tahap II (2043-2058)	Tahap III (2059-2072)
<i>AC-WC</i>	P-401/P-403	50	50	100
<i>AC-BC</i>	<i>HMA</i>	75	75	75
<i>AC-Base layer 1</i>	P-401/P-403	85	85	85
<i>AC-Base layer 2</i>	<i>HMA Stabilized</i>	90	90	90
<i>Base</i>	<i>P-209 Crushed Aggregate</i>	375	375	325
<i>Subbase</i>	<i>P-154 Uncrushed Aggregate</i>	700	700	700

5.9 Pembahasan

Dalam perhitungan perancangan ulang tebal perkerasan *runway* pada Bandar Udara Dhoho Kediri, terdapat dua metode yang digunakan antara lain metode *FAA* dengan dua pendekatan yaitu cara manual dan *software FAARFIELD*, serta metode *LCN*. Desain lapis perkerasan dilakukan pada tiga tahap umur rencana yaitu pada tahap I (2023-2042), tahap II (2043-2058), dan tahap III (2059-2072). Berdasarkan analisis yang telah dilakukan sebelumnya, maka dapat disusun suatu pembahasan sebagai berikut.

5.9.1 Hasil Redesain Tebal Perkerasan dengan Metode *FAA* cara manual

Dalam perancangan tebal lapis perkerasan dengan metode *FAA* berdasarkan *AC 150/5320-6D* manual tahun 1995, perhitungan dilakukan secara manual dengan menggunakan grafik. Konsep desain metode *FAA* cara manual didasarkan pada penentuan pesawat rencana. Penulis melakukan analisis dengan dua alternatif penentuan pesawat rencana. Alternatif pertama menggunakan pesawat rencana B777-300ER karena pesawat jenis ini merupakan pesawat terbesar yang beroperasi di Bandar Udara Dhoho. Berdasarkan dokumen Pesawat Komersial Boeing Doc. D6-58329-2 tahun 2022, Pesawat Boeing 777-300ER memiliki dimensi bentang sayap (*wingspan*) 64,7 meter dengan panjang pesawat 73,86 meter. Sementara itu, untuk alternatif kedua menggunakan pesawat rencana B737-900ER karena selama

tiga tahap umur rencana pesawat jenis ini memiliki keberangkatan tahunan terbanyak pada Bandar Udara Dhoho Kediri.

Prosedur perhitungan metode ini diawali dengan penentuan pesawat rencana. Setiap jenis pesawat mempunyai konfigurasi roda yang berbeda-beda, sehingga semua jenis pesawat yang beroperasi dikonversi ke konfigurasi roda yang sama dengan pesawat rencana untuk mendapatkan faktor pengali yang digunakan untuk menghitung jumlah keberangkatan tahunan pesawat campuran (R_2). Setelah itu menghitung beban roda pesawat campuran (W_2). Menurut Basuki (1986) dalam Lewa dkk. (2020), beban dari roda pesawat yang dinyatakan dalam W_2 bertumpu pada roda pendaratan belakang sehingga dapat dihitung dengan menganggap 95% dari $MTOW$ pesawat ditopang oleh roda pendaratan utama. Untuk beban roda pesawat rencana (W_1), semua perhitungannya menggunakan beban roda pada pesawat rencana. Langkah selanjutnya yaitu mengekuivalenkan keberangkatan tahunan pesawat rencana untuk mengetahui total keberangkatan tahunan dari seluruh pesawat yang beroperasi. Setelah itu dilakukan perhitungan tebal perkerasan dengan bantuan grafik. Grafik yang digunakan didapat dari dokumen Pesawat Komersial Boeing.

Adapun parameter *input* yang digunakan untuk diplotkan ke dalam grafik yaitu nilai *CBR subgrade* dan *subbase*, $MTOW$ pesawat rencana, dan total *annual departure*. Berdasarkan Tabel 5.42, terdapat perbedaan hasil tebal dari dua alternatif penentuan pesawat rencana. Dengan perbedaan penentuan pesawat rencana, maka hasil perhitungan total *annual departure* berbeda. Selain itu grafik yang digunakan untuk perhitungan tebal perkerasan dan $MTOW$ juga berbeda menyesuaikan dengan pesawat rencana yang ditentukan, yang mana parameter-parameter tersebut merupakan parameter *input* yang diplotkan ke dalam grafik sehingga hasil yang didapat pun berbeda. Hasil tebal yang diperoleh dengan alternatif pesawat rencana B777-300ER lebih tebal dibanding dengan pesawat rencana B737-900ER. Hal ini dikarenakan $MTOW$ pesawat B777-300ER lebih besar dibanding pesawat B737-900ER. Rekapitulasi hasil desain tebal perkerasan dengan metode *FAA* cara manual pada dua alternatif pesawat rencana terdapat pada Tabel 5.41.

Tabel 5.41 Rekapitulasi Tebal Perkerasan Metode *FAA* Cara Manual Dua Alternatif Pesawat Rencana

Lapisan	Tebal (mm)					
	Pesawat Rencana B777-300ER			Pesawat Rencana B737-900ER		
	Tahap I (2023-2042)	Tahap II (2043-2058)	Tahap III (2059-2072)	Tahap I (2023-2042)	Tahap II (2043-2058)	Tahap III (2059-2072)
<i>AC-WC</i>	50	50	100	50	50	100
<i>AC-BC</i>	75	75	75	75	75	75
<i>AC-Base layer 1</i>	85	85	85	85	85	85
<i>AC-Base layer 2</i>	90	90	90	90	90	90
<i>Base</i>	445	485	510	340	385	405
<i>Subbase</i>	705	790	720	555	615	595

Maka dalam penelitian ini, pesawat rencana yang memiliki nilai *MTOW* lebih berat memiliki desain perkerasan yang lebih tebal meskipun frekuensi lalu lintasnya rendah. Sehingga dari kedua alternatif penentuan pesawat rencana, dipilih pesawat yang paling kritis yaitu pesawat B777-300ER sebagai pesawat rencana. Penentuan pesawat rencana yang dipilih karena *MTOW* terbesar sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Kurniawan (2018), Namun, terdapat juga yang menentukan pesawat rencana dari jumlah keberangkatan tahunan terbanyak yaitu pada penelitian yang dilakukan oleh Paramahansa dan Sari (2022), Sihombing dkk. (2022), dan Farhan (2023), sedangkan Lewa dkk. (2020) menentukan pesawat rencana berdasarkan *MTOW* paling besar sekaligus memiliki jumlah keberangkatan tahunan paling banyak. Hasil tebal total yang didapat pada tahap I setebal 1.450 mm, tahap II setebal 1.575 mm, dan tahap III setebal 1.580 mm. Berikut ketebalan masing-masing lapisan dengan metode *FAA* cara manual disajikan pada Tabel 5.42.

Tabel 5.42 Rekapitulasi Hasil Akhir Tebal Perkerasan Metode FAA Cara Manual

Lapisan	Material	Tebal (mm)					
		Desain Eksisting			Metode FAA cara manual		
		Tahap I (2023-2042)	Tahap II (2043-2058)	Tahap III (2059-2072)	Tahap I (2023-2042)	Tahap II (2043-2058)	Tahap III (2059-2072)
<i>AC-WC</i>	P-401/P-403	50	50	100	50	50	100
<i>AC-BC</i>	<i>HMA</i>	75	75	75	75	75	75
<i>AC-Base layer 1</i>	P-401/P-403	85	85	85	85	85	85
<i>AC-Base layer 2</i>	<i>HMA Stabilized</i>	90	90	90	90	90	90
<i>Base</i>	P-209 <i>Crushed Aggregate</i>	150	150	150	445	485	510
<i>Subbase</i>	P-154 <i>Uncrushed Aggregate</i>	600	600	600	705	790	720

Berdasarkan Tabel 5.42, didapatkan perbedaan ketebalan antara desain eksisting perkerasan dengan tebal hasil redesain metode *FAA* yang mana ketebalan desain eksisting lebih tipis dibandingkan dengan hasil redesain. Hal ini terjadi karena adanya perbedaan pendekatan yang digunakan pada desain perkerasan *runway* Bandara Dhoho yaitu menggunakan *software FAARFIELD*. Maka dengan perbedaan pendekatan yang digunakan, parameter *input* dan proses desainnya pun akan berbeda, dimana metode *FAA* manual memiliki prosedur yang bertahap banyak dibanding metode *FAA* menggunakan *software FAARFIELD*.

Berdasarkan Tabel 5.42, terdapat selisih tebal perkerasan antara metode *FAA* cara manual dengan desain eksisting pada lapisan *base* dan *subbase* ketika desain pada lapisan *AC-WC*, *AC-BC*, dan *AC-Base* disamakan dengan tebal desain eksisting. Selisih tebal lapis *base* antara metode *FAA* cara manual dengan data eksisting pada tahap I adalah 295 mm, tahap II adalah 335 mm, dan tahap III adalah 360 mm. Sementara selisih tebal lapis *subbase* yaitu tahap I adalah 105 mm, tahap II adalah 190 mm, dan tahap III adalah 120 mm. Hasil perencanaan perkerasan lentur landasan pacu dengan metode *FAA* cara manual sudah dibuktikan oleh penelitian yang telah dilakukan Kurniawan (2018) pada Bandara Tunggul Wulung dengan nilai *CBR subgrade* yang sama, namun pesawat rencana yang berbeda dimana pada penelitian Kurniawan (2018) pesawat ATR 72-600 ditetapkan sebagai pesawat rencana karena memiliki kapasitas yang lebih besar dari pesawat sebelumnya pada bandara tersebut, sementara pada studi kasus penulis yaitu Bandara Dhoho, pesawat jenis ATR 72-600 menjadi pesawat yang memiliki nilai *MTOW* paling kecil yang beroperasi di Bandara Dhoho. Maka jika dibandingkan dari segi ketebalan, hasil desain penulis pada lapisan *subbase* dan *base* lebih tebal dibandingkan dengan hasil ketebalan yang didapat oleh Kurniawan (2018), sedangkan untuk lapisan *stabilized base* Kurniawan (2018) tidak mendesain lapisan tersebut.

Adapun material yang digunakan didasarkan pada dokumen *FAA AC 150/5370-10H*. Lapisan *surface* memakai material P-401/P-403 *Hot Mix Asphalt (HMA)* karena material jenis ini digunakan untuk perkerasan lentur. Lapisan *stabilized base* memakai material P-401/P-403 *HMA Stabilized*, karena pesawat

yang beroperasi memiliki berat kotor ≥ 100.000 lbs maka dibutuhkan lapisan *stabilized base*. Lapisan *base* memakai material P-209 *Crushed Aggregate* dimana material ini dipilih karena berat kotor pesawat memuat ≥ 100.000 lbs (45,360 kg). Lapisan *subbase* memakai material P-154 *Uncrushed Aggregate* karena satu-satunya material yang dapat dipakai untuk lapisan *subbase* sesuai dengan Tabel 3.10 yaitu tebal lapis minimum untuk perkerasan lentur.

5.9.2 Hasil Redesain Tebal Perkerasan dengan Metode *FAA software FAARFIELD*

Perancangan tebal perkerasan selanjutnya tetap menggunakan metode *FAA* namun dengan pendekatan yang lebih terbaru yaitu menggunakan *software FAARFIELD* berdasarkan AC 150/5320-6G manual tahun 2021. Konsep desain metode *FAA software FAARFIELD* tidak didasarkan pada penentuan pesawat rencana seperti pada metode *FAA* cara manual, melainkan semua jenis pesawat yang beroperasi diperhitungkan yang ditunjukkan oleh nilai *Cumulative Damage Factor (CDF)*. *CDF* yaitu jumlah distribusi kerusakan yang diakibatkan oleh setiap pesawat pada lalu lintas campuran. Jika desain sudah mendapatkan nilai $CDF = 1$, maka desain telah dianggap memuaskan oleh *FAARFIELD*. Dalam metode ini, desain yang dihasilkan oleh *software FAARFIELD* pada masing-masing tahap sudah memenuhi nilai $CDF = 1$.

Parameter *input* untuk proses desain pada *software FAARFIELD* berupa data *CBR subgrade*, jumlah keberangkatan tahunan pesawat (terdapat *MTOW* dan konfigurasi roda yang tersemat di dalamnya), dan umur rencana. Dikarenakan data yang didapatkan dari PT Jagat Tribuana Sakti sudah tersedia data rencana perkerasan pada setiap umur rencana di tiga tahap, maka tidak perlu dilakukan prediksi pertumbuhan lalu lintas pesawat sehingga dalam analisis *annual growth* dihitung 0%. Adapun prosedur perhitungan dimulai dengan membuat *job file*, memilih jenis perkerasan, memodifikasi struktur lapis perkerasan meliputi *input material* yang belum tersedia pada jendela awal *FAARFIELD* yaitu material P-154 *Uncrushed Agregat* sebagai lapisan *subbase*, *input* tebal awal pada lapisan yang

didesain, serta nilai *CBR subgrade*. Langkah selanjutnya yaitu memasukkan jumlah keberangkatan tahunan dan melakukan proses *running design*.

Berdasarkan Tabel 5.43, jika menggunakan material dan tebal lapisan *AC-Base*, *base*, dan *subbase* yang sama dengan desain eksisting maka terdapat selisih tebal pada lapisan *AC-WC* yaitu tahap I dan tahap II adalah 10 mm, tahap III adalah 60 mm. Selisih tebal pada lapisan *AC-BC* pada tahap I, II, dan III adalah 10 mm. Sementara pada lapisan *subbase* terjadi penambahan tebal setelah proses *run* sehingga terdapat selisih dengan desain eksisting yaitu pada tahap I adalah 15 mm, tahap II adalah 105 mm, dan tahap III adalah 190 mm. Maka jika hasil alternatif desain 1 dibandingkan dengan desain eksisting, didapat ketebalan yang lebih tipis pada lapisan *surface* karena setelah proses *run* ketebalan tetap dengan tebal minimum otomatis dari *FAARFIELD* dan pada lapisan *subbase* memiliki ketebalan yang lebih tebal.

Jika lapisan *base* dan *subbase* disamakan dengan desain eksisting, tetap terjadi penambahan tebal setelah proses *run* sehingga terdapat selisih dengan desain eksisting pada lapisan *base* tahap I yaitu 30 mm, tahap II yaitu 45 mm, dan tahap III yaitu 60 mm. Sementara selisih pada lapisan *subbase* tahap I yaitu 70 mm, tahap II yaitu 125 mm, dan tahap III yaitu 185 mm sehingga ketebalan lapisan *subbase* dengan alternatif desain 2 paling tebal dibanding desain eksisting dan alternatif desain lainnya. Selain itu pada lapisan *AC-WC*, *AC-BC*, dan *AC-Base* ketebalan tetap dengan tebal minimum otomatis dari *FAARFIELD* sehingga lebih tipis dibanding desain eksisting.

Selain itu jika lapisan *AC-WC*, *AC-BC*, dan *AC-Base* disamakan dengan desain eksisting, dihasilkan ketebalan yang sama di setiap lapisnya. Namun terdapat perbedaan pada lapisan *subbase* di tahap II dan III dimana hasil alternatif desain 3 lebih tebal dibanding desain eksisting. Adapun selisih ketebalan lapisan *subbase* pada tahap II yaitu 70 mm dan tahap III yaitu 80 mm. Berikut merupakan rekapitulasi hasil desain tebal perkerasan dengan metode *FAA software FAARFIELD* dapat dilihat pada Tabel 5.43.

Tabel 5.43 Rekapitulasi Hasil Akhir Tebal Perkerasan Metode *FAA Software FAARFIELD*

Lapisan	Material	Tebal (mm)											
		Desain Eksisting			Alternatif Desain 1 (Lapisan <i>AC-Base</i> , <i>base</i> , dan <i>subbase</i> disamakan dengan desain eksisting)			Alternatif Desain 2 (Lapisan <i>base</i> dan <i>subbase</i> disamakan dengan desain eksisting)			Alternatif Desain 3 (Lapisan <i>AC-WC</i> , <i>AC-BC</i> , dan <i>AC-Base</i> disamakan dengan desain eksisting)		
		Tahap I	Tahap II	Tahap III	Tahap I	Tahap II	Tahap III	Tahap I	Tahap II	Tahap III	Tahap I	Tahap II	Tahap III
<i>AC-WC</i>	P-401/P-403 <i>HMA</i>	50	50	100	40	40	40	40	40	40	50	50	100
<i>AC-BC</i>		75	75	75	65	65	65	65	65	65	75	75	75
<i>AC-Base</i> layer 1	P-401/P-403 <i>HMA</i> <i>Stabilized</i>	85	85	85	85	85	85	60	60	60	85	85	85
<i>AC-Base</i> layer 2		90	90	90	90	90	90	70	70	70	90	90	90
<i>Base</i>	P-209 <i>Crushed Aggregate</i>	150	150	150	150	150	150	180	195	210	150	150	150
<i>Subbase</i>	P-154 <i>Uncrushed Aggregate</i>	600	600	600	615	705	790	670	725	785	600	670	680

Berdasarkan tiga alternatif desain dengan *software FAARFIELD*, dilihat dari hasil ketebalan yang didapat maka alternatif desain 1 merupakan desain yang lebih efisien dibanding dua alternatif lainnya. Hal ini dikarenakan ketebalan alternatif desain 1 pada lapis *AC-WC* dan *AC-Base* menghasilkan ketebalan yang lebih tipis dibanding desain eksisting, sehingga akan mengurangi biaya yang dibutuhkan. Sementara pada lapis *subbase* dihasilkan ketebalan yang lebih tebal dibanding desain eksisting namun dengan selisih yang tidak terlalu besar, sehingga nilai struktur pada alternatif desain 1 lebih besar dibanding desain eksisting. Menurut Hardiyatmo (2007), penggunaan lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah dapat menambah kekuatan dan ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue*), mendukung dan mendistribusikan beban, dan meningkatkan efisiensi penggunaan material agar lapisan *AC-WC*, *AC-BC*, dan *AC-Base* dapat dikurangi ketebalannya, sehingga dapat menghemat biaya.

Berdasarkan Tabel 5.43, terdapat perbedaan ketebalan antara desain eksisting dengan tebal hasil redesain metode *FAA software FAARFIELD* pada tiga alternatif desain. Hal ini disebabkan karena proses desain tebal lapisan dengan *software FAARFIELD* dipengaruhi oleh tebal awal atau tebal minimum otomatis dari *FAARFIELD*. Prosedur desain dilakukan secara bersamaan untuk semua lapis saat proses *runing design*. Maka setelah proses *running design* selesai, dihasilkan perubahan ketebalan yang sudah disesuaikan dengan jumlah keberangkatan tahunan pesawat, *MTOW* pesawat, konfigurasi roda, nilai *CBR subgrade*, dan umur rencana. Hasil perencanaan metode *FAA software FAARFIELD* sudah dibuktikan oleh penelitian yang dilakukan Farhan (2023) pada Bandara Halim Perdanakusuma menggunakan versi *software FAARFIELD* yang sama dengan mengacu pada manual *AC 150/5320-6G*. Namun terdapat perbedaan pada pesawat rencana, nilai *CBR subgrade*, *annual growth*, serta lokasi penelitian. Maka jika dibandingkan dari segi ketebalan, hasil desain Farhan (2023) lebih tipis dibandingkan dengan hasil ketebalan yang didesain penulis.

Adapun material yang digunakan dalam metode ini yaitu lapisan *surface* menggunakan material P-401/P-403 *HMA* karena material jenis ini digunakan untuk perkerasan lentur. Lapisan *stabilized base* menggunakan material P-401/P-

403 *HMA Stabilized* karena pesawat yang beroperasi memiliki berat kotor ≥ 100.000 lbs, maka berdasarkan AC 150/5370-10H dibutuhkan lapisan *stabilized base*. Lapisan *base* memakai material P-209 *Crushed Aggregate* dimana material ini dipilih karena berat kotor pesawat memuat ≥ 100.000 lbs (45,360 kg). Lapisan *subbase* memakai material P-154 *Uncrushed Aggregate* karena satu-satunya material yang dapat dipakai untuk lapisan *subbase* sesuai dengan Tabel 3.10 yaitu tebal lapis minimum untuk perkerasan lentur.

5.9.3 Hasil Redesain Tebal Perkerasan dengan Metode LCN

Selain mengacu pada lembaga penerbangan *FAA* yang mengatur dan menerapkan standar penerbangan di wilayah Amerika Serikat, Kementerian Pertahanan Inggris juga membuat suatu referensi dalam perencanaan tebal perkerasan lentur landasan pacu yang mengacu pada *ICAO* dengan dokumen *Design & Maintenance Guide 27 (DMG 27)* edisi ketiga manual tahun 2011 menggunakan metode *LCN*. Konsep desain metode *LCN* didasarkan dari penentuan pesawat rencana berdasarkan nilai *ACN* terbesar. Pesawat rencana yang digunakan pada metode ini yaitu pesawat B777-300ER yang memiliki nilai *ACN* terbesar dibanding pesawat lainnya yang beroperasi. Nilai *ACN* tiap pesawat didapatkan dari data PT Jagat Tribuana Sakti.

Prosedur perhitungan tebal perkerasan lentur pada landasan pacu mengikuti langkah-langkah yang terdapat di *DMG 27* juga mengkaji dari penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Sektiaji (2019). Parameter *input* yang dibutuhkan adalah *CBR subgrade*, nilai *ACN* pesawat, konfigurasi roda pendaratan, dan data keberangkatan tahunan pesawat. Prosedur perhitungan dalam metode ini yaitu menentukan kategori nilai *CBR subgrade*, nilai *ACN* dan *pass to coverage ratio* berdasar Tabel 3.13, menghitung rasio *ACN* untuk mengetahui perbandingan antara nilai *ACN* rencana dengan *ACN* pesawat lainnya. Kemudian menentukan nilai *equivalent coverages* tiap pesawat yang bergantung pada keberangkatan tahunan, rasio *ACN*, *pass to coverage ratio*, dan nilai *passes* yang dikalikan dengan umur rencana. Setelah didapat nilai *coverages* perlu dilakukan konversi ke *equivalent coverages* yang dipengaruhi oleh rasio *ACN* melalui grafik *Mixed Traffic Analysis*.

Selanjutnya dari grafik tersebut dicari nilai *FMTF* yaitu nilai untuk mengkonversi *coverages* suatu pesawat menjadi *equivalent coverages* dengan *ACN* yang berbeda. Selanjutnya, nilai *MMTF* diperoleh dari hasil perkalian nilai *FMTF* dengan rasio *ACN*. Kemudian hasil nilai *MMTF* diplot kembali ke dalam grafik yang sama sehingga dihasilkan nilai *equivalent coverages*.

Setelah itu, menentukan tebal perkerasan dengan penggunaan grafik yang terdapat pada *DMG 27*. Parameter *input* yang diplot ke dalam grafik perkerasan berupa nilai *CBR subgrade*, *ACN* rencana, konfigurasi roda pesawat rencana, dan klasifikasi frekuensi lalu lintas. Hasil analisis perhitungan nilai *equivalent coverages* pada tiga tahap umur rencana memiliki klasifikasi frekuensi lalu lintas yaitu tingkat rendah (*low*) karena jumlah *equivalent coverages* selama umur rencana masih ≤ 100.000 . Maka pada saat diplot ke dalam grafik, tebal masing-masing lapisan di tiga tahap umur rencana menghasilkan ketebalan yang sama.

Berdasarkan Tabel 5.44, didapat tebal total perkerasan dengan metode *LCN* pada tahap I, tahap II, dan tahap III adalah 1.375 mm. Hasil tersebut menunjukkan adanya perbedaan dengan desain eksisting pada tebal lapis *base* dan *subbase*. Hal ini disebabkan karena perbedaan metode yang digunakan, dimana desain eksisting menggunakan *software FAARFIELD* sedangkan metode *LCN* dilakukan dengan cara manual menggunakan grafik baik dalam perhitungan *coverages* maupun perencanaan tebal lapis perkerasannya. Dengan perbedaan metode desain yang digunakan, maka parameter *input* dan proses desainnya pun berbeda. Perbedaan parameter *input* terlihat jelas pada metode *LCN* yang membutuhkan nilai *ACN* setiap pesawat untuk digunakan dalam perhitungan *coverages* dan perencanaan tebal, sedangkan dalam *software FAARFIELD* tidak membutuhkan nilai *ACN*, melainkan hanya memasukkan nilai *CBR subgrade*, jumlah keberangkatan tahunan pesawat, dan umur rencana.

Kemudian prosedur pada metode *LCN* memiliki proses bertahap banyak dari mulai perhitungan *coverage* kemudian diekuivalenkan dengan grafik lalu baru bisa ditentukan ketebalannya, sedangkan pada *software FAARFIELD* prosesnya hanya dilakukan dua tahap yaitu memasukkan parameter *input* dan proses *running design*. Selain itu pada metode *LCN* ketebalan tiap lapis dipengaruhi oleh tebal total yang

didapat dari grafik, sedangkan pada *FAARFIELD* ketebalan tiap lapis tidak saling mempengaruhi karena proses desain dilakukan secara bersamaan. Berikut merupakan rekapitulasi tebal perkerasan menggunakan metode *LCN* terdapat pada Tabel 5.44.

Berdasarkan Tabel 5.44, jika desain pada lapisan *AC-WC*, *AC-BC*, dan *AC-Base* disamakan dengan desain eksisting, terdapat selisih antara metode *LCN* dan desain eksisting pada tebal *base* dan *subbase*. Selisih tebal lapis *base* pada tahap I dan tahap II adalah 225 mm, dan tahap III adalah 175 mm. Sementara selisih tebal lapis *subbase* pada tahap I, II, dan III adalah 100 mm. Hasil perencanaan tebal perkerasan dengan metode *LCN* ini sudah dibuktikan oleh penelitian yang telah dilakukan Sektiaji (2019) pada Yogyakarta Internasional *Airport* (YIA) dengan pesawat rencana yaitu B777-300ER dan nilai *CBR* yang sama. Namun terdapat perbedaan yaitu pada total *equivalent coverages* yang dihitung oleh Sektiaji (2019) termasuk ke dalam frekuensi lalu lintas tingkat tinggi, sedangkan hasil perhitungan *equivalent coverages* yang dihitung penulis masuk ke dalam frekuensi lalu lintas tingkat rendah. Maka jika dibandingkan dari segi ketebalan, hasil desain Sektiaji (2019) lebih tebal dibandingkan dengan hasil desain penulis.

Adapun material yang digunakan sama seperti pada metode *FAA* yang didasarkan pada dokumen *FAA AC 150/5370-10H*. Lapisan *surface* memakai material P-401/P-403 *HMA* karena material jenis ini digunakan untuk perkerasan lentur. Lapisan *stabilized base* memakai material P-401/P-403 *HMA Stabilized*, karena pesawat yang beroperasi memiliki berat kotor ≥ 100.000 lbs maka berdasarkan *AC 150/5370-10H* dibutuhkan lapisan *stabilized base*. Lapisan *base* memakai material P-209 *Crushed Aggregate* dimana material ini dipilih karena berat kotor pesawat memuat ≥ 100.000 lbs (45,360 kg). Lapisan *subbase* memakai material P-154 *Uncrushed Aggregate* karena satu-satunya material yang dapat dipakai untuk lapisan *subbase* sesuai dengan Tabel 3.10 yaitu tebal lapis minimum untuk perkerasan lentur.

Tabel 5.44 Rekapitulasi Hasil Akhir Tebal Perkerasan Metode LCN

Lapisan	Material	Tebal (mm)					
		Desain Eksisting			Metode LCN		
		Tahap I (2023-2042)	Tahap II (2043-2058)	Tahap III (2059-2072)	Tahap I (2023-2042)	Tahap II (2043-2058)	Tahap III (2059-2072)
<i>AC-WC</i>	P-401/P-403 HMA	50	50	100	50	50	100
<i>AC-BC</i>		75	75	75	75	75	75
<i>AC-Base layer 1</i>	P-401/P-403 HMA <i>Stabilized</i>	85	85	85	85	85	85
<i>AC-Base layer 2</i>		90	90	90	90	90	90
<i>Base</i>	P-209 Crushed <i>Aggregate</i>	150	150	150	375	375	325
<i>Subbase</i>	P-154 Uncrushed <i>Aggregate</i>	600	600	600	700	700	700

5.9.4 Perbandingan Alternatif Metode Desain

Berdasarkan perhitungan desain tebal perkerasan dengan dua metode, maka didapat perbandingan rekapitulasi hasil pada Tabel 5.45.

Berdasarkan Tabel 5.45, dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan hasil tebal masing-masing perkerasan pada kedua metode. Kedua metode tersebut didasarkan oleh nilai *CBR subgrade* 6% pada *runway* dan jumlah keberangkatan tahunan pesawat yang sama untuk tiga tahap dengan umur rencana 20 tahun pada setiap tahapnya.

Konsep desain metode *FAA* cara manual didasarkan pada penentuan pesawat rencana. Pesawat rencana dapat dipilih berdasarkan pesawat yang memiliki nilai *MTOW* terbesar atau berdasar pesawat yang memiliki keberangkatan tahunan terbanyak. Metode *LCN* didasarkan oleh penentuan pesawat rencana berdasar nilai *ACN* terbesar. Berbeda halnya dengan metode *FAA software FAARFIELD*, metode ini tidak menggunakan pesawat rencana melainkan semua jenis pesawat yang beroperasi diperhitungkan sebagai penyumbang beban yang ditunjukkan oleh nilai *CDF* yang mampu mengakomodasi beban pesawat. Ketebalan minimum pada metode *FAA* didasarkan pada berat kotor pesawat, sedangkan pada metode *LCN* didasarkan pada nilai *ACN*.

Perbedaan parameter *input* pada metode *FAA* cara manual berupa data *CBR subgrade*, data *CBR subbase*, *MTOW*, konfigurasi roda pendaratan, dan jumlah keberangkatan tahunan pesawat, sedangkan pada metode *FAA software FAARFIELD* berupa data *CBR subgrade*, data lalu lintas pesawat (terdapat *MTOW* dan konfigurasi roda yang tersemat di dalamnya), dan umur rencana. Sementara parameter *input* pada metode *LCN* berupa data *CBR subgrade*, konfigurasi roda pendaratan nilai *ACN* pesawat, dan jumlah keberangkatan tahunan pesawat.

Perbedaan prosedur perhitungan terdapat pada perhitungan total keberangkatan tahunan dan pemilihan material. Untuk metode *FAA* cara manual dan metode *LCN* pemilihan material diakhir setelah ketebalan lapis perkerasan diketahui. Sementara untuk metode *FAA software FAARFIELD* pemilihan material dilakukan di awal sehingga hasil akhir ketebalan sudah mempertimbangkan material yang digunakan. Prosedur perhitungan total keberangkatan tahunan untuk

metode *FAA* cara manual diperoleh dari jumlah keberangkatan tahunan yang diekuivalenkan, sedangkan pada metode *FAA software FAARFIELD* total keberangkatan tahunan diperoleh dari pertumbuhan lalu lintas dikali keberangkatan tahunan dikali umur rencana. Sementara itu pada metode *LCN* total keberangkatan tahunan dinyatakan dalam nilai *equivalent coverage* yang didapat dari grafik *mixed traffic analysis*.

Hasil tebal yang diperoleh jika menggunakan material dan tebal lapisan *AC-WC*, *AC-BC*, dan *AC,Base* yang sama dihasilkan tebal *base* dan *subbase* yang paling tipis pada metode *FAA software FAARFIELD* alternatif desain 3 dibanding dengan metode *FAA* cara manual dan metode *LCN*. Selisih tebal lapis *base* antara metode *FAA software FAARFIELD* dengan cara manual pada tahap I yaitu 295 mm, tahap II yaitu 335 mm, dan tahap III yaitu 360 mm. Sementara selisih tebal lapis *subbase* pada tahap I yaitu 105 mm, tahap II yaitu 120 mm, dan tahap III yaitu 40 mm. Selain itu, selisih tebal lapis *base* antara metode *FAA software FAARFIELD* dengan metode *LCN* adalah pada tahap I dan tahap II yaitu 225 mm, dan tahap III yaitu 175 mm. Sementara selisih tebal lapis *subbase* pada tahap I adalah 100 mm, tahap II adalah 30 mm, dan tahap III adalah 20 mm. Adapun selisih tebal lapis *base* antara metode *FAA* cara manual dengan metode *LCN* adalah pada tahap I yaitu 70 mm, tahap II yaitu 110 mm, dan tahap III yaitu 185 mm. Selisih tebal lapis *subbase* pada tahap I adalah 50 mm, tahap II adalah 90 mm, dan tahap III adalah 20 mm.

Selanjutnya jika menggunakan material dan tebal lapisan *AC-Base* yang sama, maka dihasilkan ketebalan *AC-WC* dan *AC-BC* yang paling tipis pada metode *FAA software FAARFIELD* alternatif desain 1 dibanding dengan metode *FAA* cara manual, metode *FAA software FAARFIELD* alternatif desain 3, dan metode *LCN*. Sementara ketebalan *base* yang paling tipis terdapat pada metode *FAA software FAARFIELD* diikuti metode *LCN*, dan yang paling tebal yaitu metode *FAA* cara manual. Untuk ketebalan *subbase* dari yang paling tipis hingga yang paling tebal secara berturut-turut adalah metode *FAA software FAARFIELD* alternatif desain 1, alternatif desain 3, metode *LCN*, dan metode *FAA* cara manual. Selain itu hasil dengan metode *FAA software FAARFIELD* pada alternatif II di setiap lapisnya memiliki ketebalan yang berbeda-beda dibanding metode lainnya. Hasil tebal pada

lapisan *AC-WC* dan *AC-BC* sama dengan hasil tebal metode *FAA software FAARFIELD* pada alternatif I dimana ketebalannya lebih tipis dibanding metode lainnya, tebal lapisan *AC-Base* juga menghasilkan ketebalan yang paling tipis dibanding metode lainnya. Sementara pada lapis *base* dan *subbase* hasil tebal setelah proses *running* bertambah dari tebal awal yang disamakan dengan desain eksisting.

Perbedaan ketebalan dengan dua metode juga sudah dibuktikan oleh penelitian yang dilakukan Afriyani dan Suryan (2022) dengan hasil bahwa didapat ketebalan dari yang paling tipis hingga yang paling tebal secara berurutan adalah metode *FAA* menggunakan *FAARFIELD*, metode *LCN*, dan metode *FAA* secara grafis. Adapun faktor yang mempengaruhi perbedaan hasil tebal yaitu metode *FAA* cara manual dan metode *LCN* menggunakan grafik sehingga perlu adanya ketelitian dalam pembacaan grafik, sedangkan metode *FAA software FAARFIELD* lebih aktual dan meyakinkan karena *software FAARFIELD* ini sudah terpadu dengan *FAA AC 150/5320-6G* yang diterbitkan pada tahun 2021. Dengan perbedaan metode yang digunakan maka berbeda juga konsep desain, parameter *input* yang digunakan, dan prosedur desain yang dilakukan.

Selain itu, perbedaan hasil perhitungan dari ketiga metode untuk desain perkerasan pada metode *FAA* cara manual disebabkan oleh hasil dari tebal lapisan *subbase* yang dipengaruhi oleh grafik tebal minimum pada lapisan *base*, sama halnya dengan metode *LCN* yaitu hasil tebal setiap lapisan dipengaruhi oleh hasil total tebal perkerasan yang didapat dari grafik. Sementara pada metode *FAA software FAARFIELD* sudah otomatis dimulai dari ketebalan minimum sehingga tidak mempengaruhi ketebalan lapisan yang lain karena proses desain pada setiap lapisan dilakukan secara bersamaan ketika proses *running design*. Perbedaan hasil desain antara dua metode yaitu metode *FAA* baik secara manual maupun *software FAARFIELD*, dan metode *LCN* sudah dibuktikan oleh penelitian yang dilakukan oleh Lewa dkk. (2020), Sihombing dkk. (2022), dan Farhan (2023) yang mana hasil ketebalan dengan metode *FAA software FAARFIELD* lebih tipis dibandingkan dengan metode *FAA* cara manual. Selisih tebal total antara metode *FAA software*

FAARFIELD dan metode *FAA* cara manual yang dihasilkan Sihombing dkk. (2022) yaitu 10%.

Maka dari semua metode yang telah digunakan, metode *FAA software FAARFIELD* lebih memiliki keunggulan dalam hasil desain maupun kemudahan dalam prosedur desain dimana pada *FAARFIELD* hanya perlu memasukkan parameter *input* dan struktur dapat dimodifikasi dengan mempertimbangkan material yang digunakan juga didasarkan dengan sistem *CDF* yang dapat menentukan hasil desain yang lebih baik. Keunggulan lainnya adalah dalam *software FAARFIELD* proses desain dilakukan dengan waktu yang sangat singkat sehingga dapat dengan mudah memodifikasi desain menjadi beberapa alternatif. Pada metode *FAA* cara manual dan metode *LCN* terdapat kekurangan dalam ketersediaan parameter *input* mengingat perkembangan tipe pesawat sudah semakin beragam. Dalam manual *AC 150/5320-6D* tidak tersedia grafik perencanaan perkerasan untuk konfigurasi roda pendaratan *tridem* sedangkan pada *DMG 27 Appendix B* ada beberapa pesawat yang tidak tersedia untuk kebutuhan dalam mencari nilai *ACN* pesawat. Selain itu, metode *FAA* cara manual dan metode *LCN* memiliki proses bertahap banyak dalam prosedur desainnya. Secara lebih singkat, perbandingan dapat disusun dalam Tabel 5.46 sebagai berikut.

Tabel 5.45 Rekapitulasi Perbandingan Hasil Desain Tebal Lapis Perkerasan

Lapisan	Tebal (mm)																	
	Desain Eksisting			Metode <i>FAA</i> cara manual			Metode <i>FAA software FAARFIELD</i>									Metode <i>LCN</i>		
	Tahap I	Tahap II	Tahap III	Tahap I	Tahap II	Tahap III	Alternatif Desain 1			Alternatif Desain 2			Alternatif Desain 3			Tahap I	Tahap II	Tahap III
							Tahap I	Tahap II	Tahap III	Tahap I	Tahap II	Tahap III	Tahap I	Tahap II	Tahap III			
<i>AC-WC</i>	50	50	100	50	50	100	40	40	40	40	40	40	50	50	100	50	50	100
<i>AC-BC</i>	75	75	75	75	75	75	65	65	65	65	65	65	75	75	75	75	75	75
<i>AC-Base layer 1</i>	85	85	85	85	85	85	85	85	85	60	60	60	85	85	85	85	85	85
<i>AC-Base layer 2</i>	90	90	90	90	90	90	90	90	90	70	70	70	90	90	90	90	90	90
<i>Base</i>	150	150	150	445	485	510	150	150	150	180	195	210	150	150	150	375	375	325
<i>Subbase</i>	600	600	600	705	790	720	615	705	790	670	725	785	600	670	680	700	700	700

Tabel 5.46 Perbandingan Metode Desain

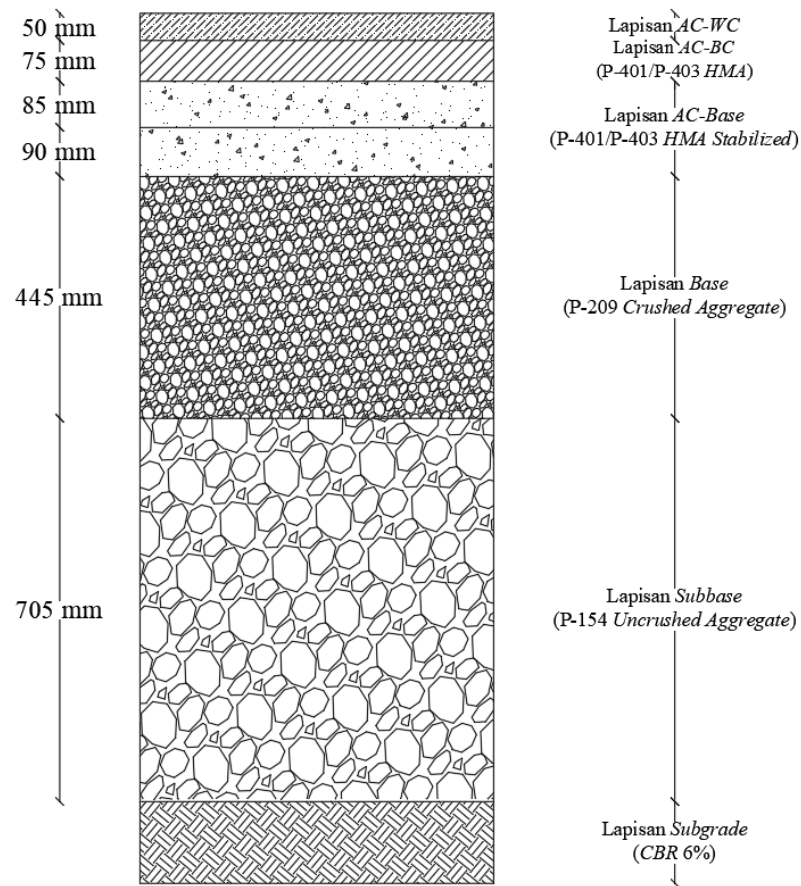
Perbandingan	Metode FAA cara manual	Metode FAA software FAARFIELD	Metode LCN
Konsep desain	Didasarkan pada penentuan pesawat rencana berdasarkan <i>MTOW</i> terbesar atau jumlah keberangkatan tahunan pesawat terbanyak.	Tidak didasarkan penentuan pesawat rencana melainkan semua pesawat dimasukkan yang ditunjukkan oleh nilai <i>CDF (Cumulative Damage Factor)</i>	Didasarkan penentuan pesawat rencana berdasarkan nilai <i>ACN (Aircraft Classification Number)</i> pesawat terbesar.
Parameter input	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>CBR subgrade</i> 2. Jumlah keberangkatan tahunan pesawat 3. <i>MTOW</i> pesawat 4. Konfigurasi roda pendaratan 5. <i>CBR subbase</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>CBR subgrade</i> 2. Jumlah keberangkatan tahunan pesawat (terdapat <i>MTOW</i> dan konfigurasi roda yang tersemat di dalamnya) 3. Material atau bahan susun perkerasan 4. Tebal awal atau tebal minimum setiap lapis 5. Umur rencana 	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>CBR subgrade</i> 2. Jumlah keberangkatan tahunan pesawat 3. Konfigurasi roda pendaratan 4. Nilai <i>ACN</i> pesawat
Alur Perhitungan	<pre> graph TD A([Mulai]) --> B[Menentukan pesawat rencana] B --> C[Menghitung total keberangkatan tahunan dari jumlah keberangkatan tahunan yang diekuivalenkan] C --> D[Menentukan tebal perkerasan] D --> E[Menentukan material yang digunakan] E --> F([Selesai]) </pre>	<pre> graph TD A([Mulai]) --> B[Membuat job file] B --> C[Memilih jenis struktur perkerasan] C --> D[/Memasukkan parameter input/] D --> E[Running design] E --> F[Hasil desain tebal perkerasan] F --> G([Selesai]) </pre>	<pre> graph TD A([Mulai]) --> B[Menentukan pesawat rencana] B --> C[Menghitung total keberangkatan tahunan yang diekuivalenkan melalui grafik] C --> D[Menentukan frekuensi lalu lintas] D --> E[Menentukan tebal perkerasan dan material] E --> F([Selesai]) </pre>

Lanjutan Tabel 5.46 Perbandingan Metode Desain

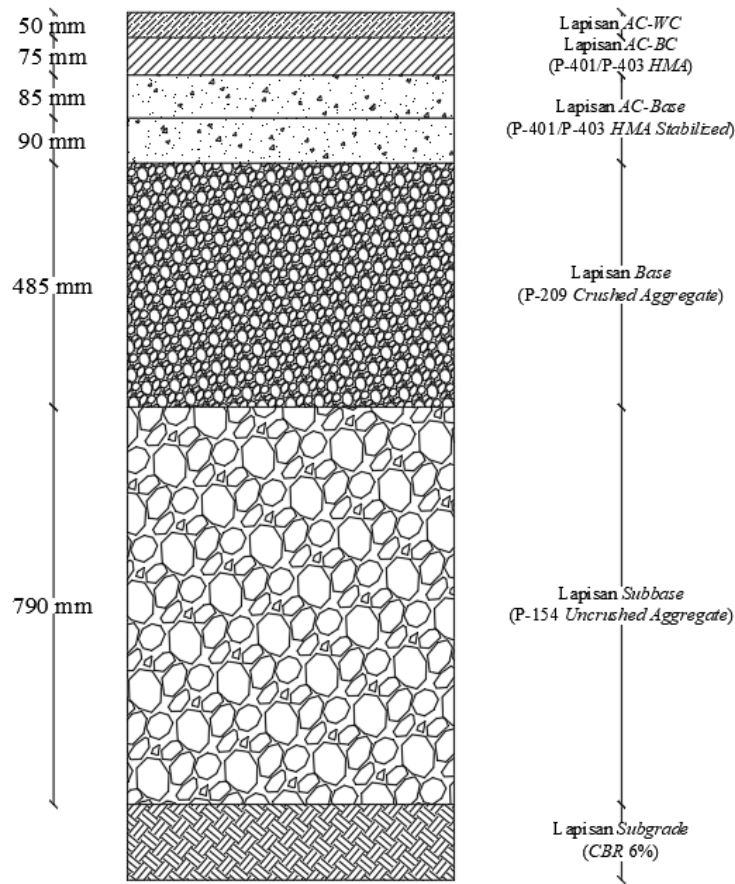
Perbandingan	Metode <i>FAA</i> cara manual	Metode <i>FAA software FAARFIELD</i>	Metode <i>LCN</i>
Proses Desain	Hasil ketebalan tiap lapis saling mempengaruhi. Tebal lapis <i>subbase</i> dipengaruhi oleh grafik tebal minimum untuk lapisan <i>base</i> , sehingga kekurangan lapisan <i>base</i> diambil dari lapisan <i>subbase</i> .	Hasil ketebalan tiap lapis tidak saling mempengaruhi karena sudah otomatis dimulai dari ketebalan minimum dan proses desain pada tiap lapisan dilakukan secara bersamaan.	Hasil ketebalan tiap lapis saling mempengaruhi. Tebal <i>subbase</i> dipengaruhi oleh tebal total dari grafik, sedangkan tebal <i>base</i> dipengaruhi oleh penentuan tebal <i>surface</i> .
Tebal Lapis Perkerasan	Hasil yang diperoleh jika material, tebal <i>AC-WC</i> , <i>AC-BC</i> , dan <i>AC-Base</i> sama dengan desain eksisting, maka lapis <i>base</i> dan <i>subbase</i> lebih tebal dibanding metode lainnya. Selisih ketebalan dengan desain eksisting pada lapisan <i>base</i> tahap I adalah 295 mm, tahap II adalah 335 mm, dan tahap III adalah 360 mm. Sementara selisih pada lapisan <i>subbase</i> tahap I adalah 105 mm, tahap II adalah 190 mm, dan tahap III adalah 120 mm.	Hasil yang diperoleh jika material, tebal <i>AC-Base</i> , <i>base</i> , dan <i>subbase</i> yang sama, maka terdapat selisih tebal <i>AC-WC</i> tahap I dan II yaitu 10 mm, tahap III yaitu 60 mm. Selisih tebal <i>AC-BC</i> tahap I, II, dan III yaitu 10 mm. Selisih tebal <i>subbase</i> tahap I yaitu 15 mm, tahap II yaitu 105 mm, dan tahap III yaitu 190 mm. Jika tebal <i>base</i> dan <i>subbase</i> yang sama, maka tetap terdapat selisih tebal <i>base</i> tahap I yaitu 30 mm, tahap II yaitu 45 mm, dan tahap III yaitu 60 mm. Selisih tebal <i>subbase</i> tahap I yaitu 70 mm, tahap II yaitu 125 mm, dan tahap III yaitu 185 mm. Jika <i>AC-WC</i> , <i>AC-BC</i> , dan <i>AC-Base</i> yang sama, maka dihasilkan ketebalan yang sama pada tiap lapisnya. Namun terdapat perbedaan pada lapis <i>subbase</i> tahap II dan III dimana hasil lebih tebal dibanding desain eksisting.	Hasil yang diperoleh jika material, tebal <i>AC-WC</i> , <i>AC-BC</i> , dan <i>AC-Base</i> yang sama, maka menghasilkan lapis <i>base</i> dan <i>subbase</i> yang lebih tipis dibanding metode <i>FAA</i> cara manual dan lebih tebal dibanding <i>software FAARFIELD</i> . Selisih ketebalan dengan desain eksisting pada lapisan <i>base</i> pada tahap I dan tahap II adalah 225 mm, dan tahap III adalah 175 mm. Sementara selisih lapisan <i>subbase</i> pada tahap I, II, dan III adalah 100 mm.

5.10 Gambar Desain Tebal Perkerasan

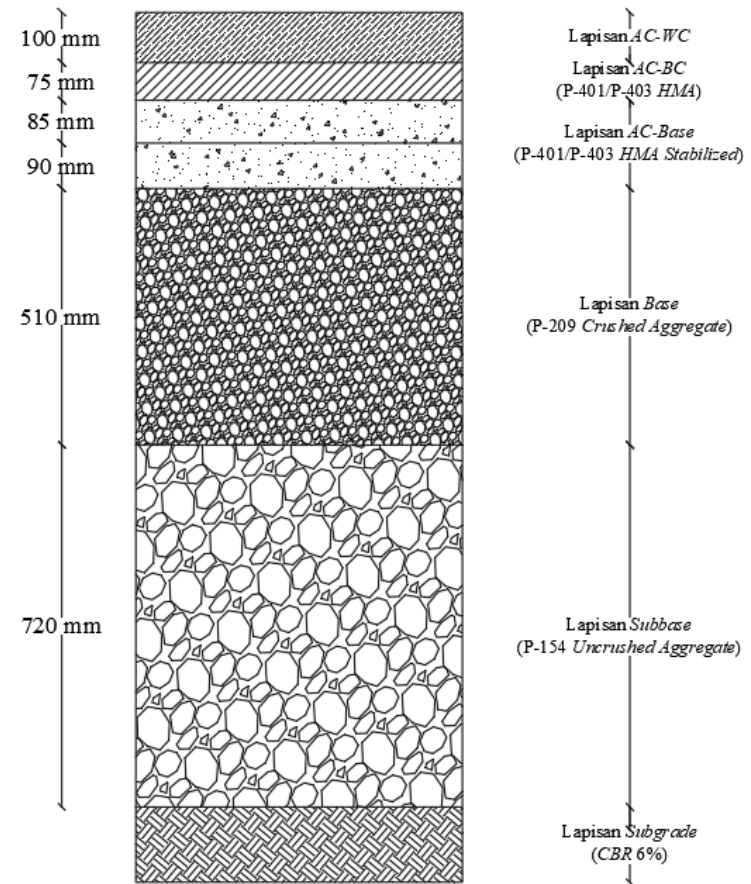
Berdasarkan perhitungan desain tebal perkerasan lentur pada *runway* dengan dua metode di atas, maka gambar desain tebal perkerasan pada *runway* dapat dilihat pada Gambar 5.53 sampai Gambar 5.67 berikut.



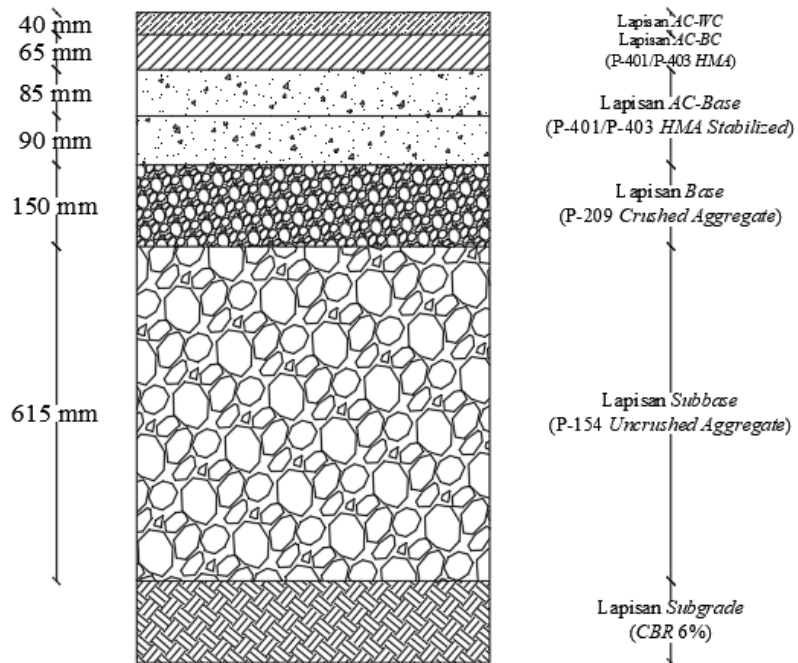
Gambar 5.53 Desain Tebal Perkerasan Tahap I dengan Metode FAA Cara Manual



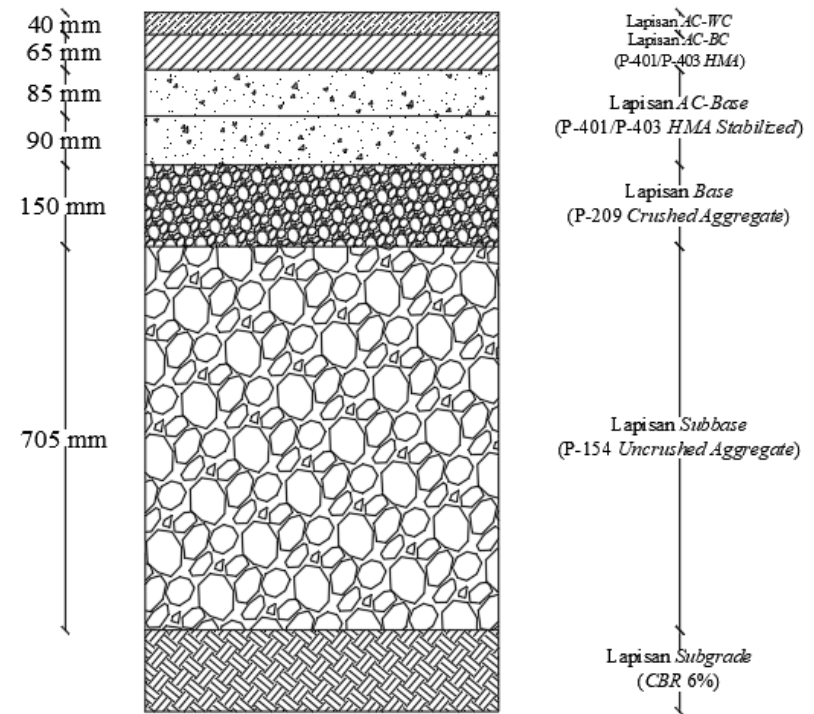
Gambar 5.54 Desain Tebal Perkerasan Tahap II dengan Metode FAA Cara Manual



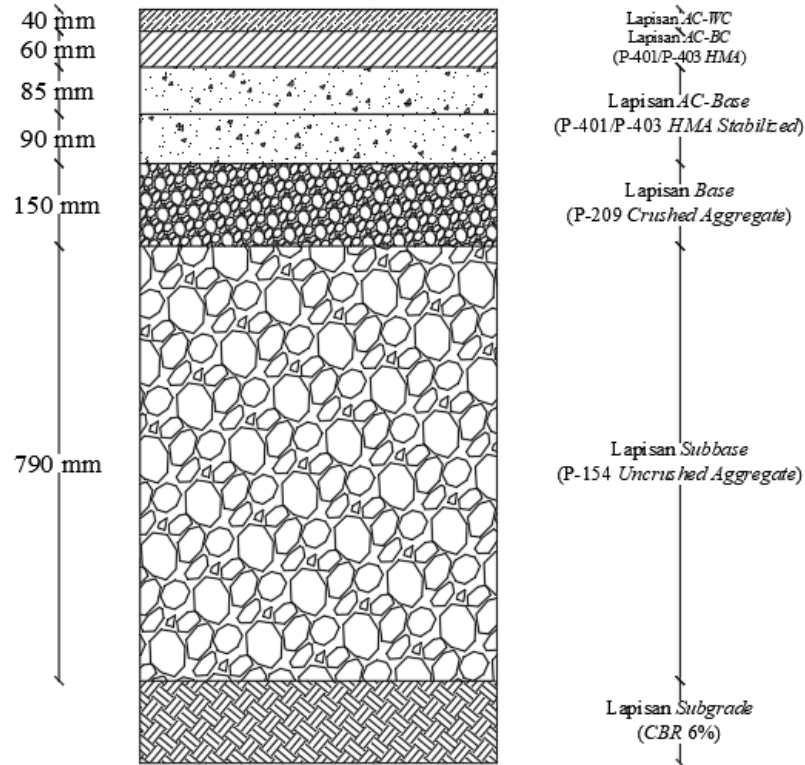
Gambar 5.55 Desain Tebal Perkerasan Tahap III dengan Metode FAA Cara Manual



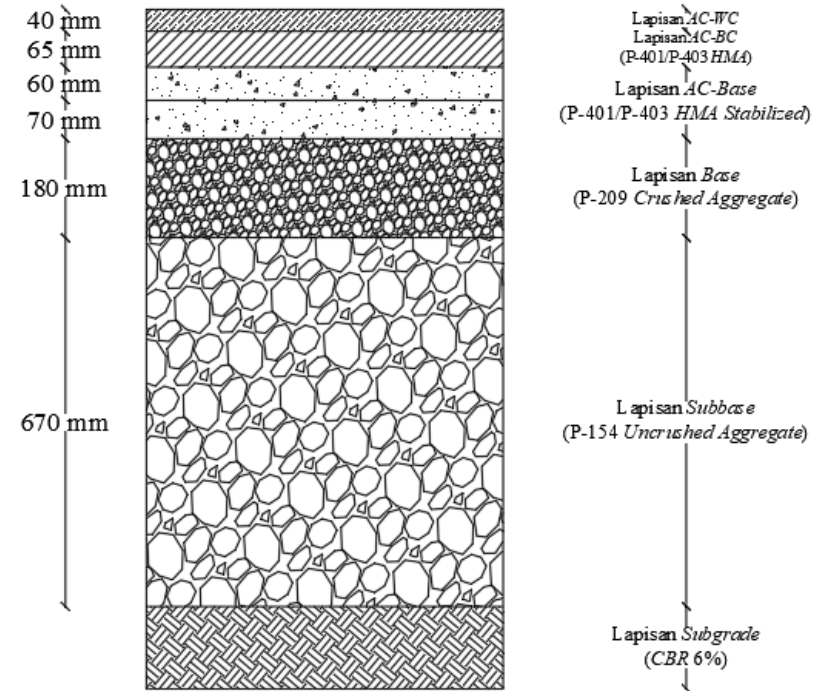
Gambar 5.56 Desain Tebal Perkerasan Tahap I
Alternatif 1 Metode *FAA software FAARFIELD*



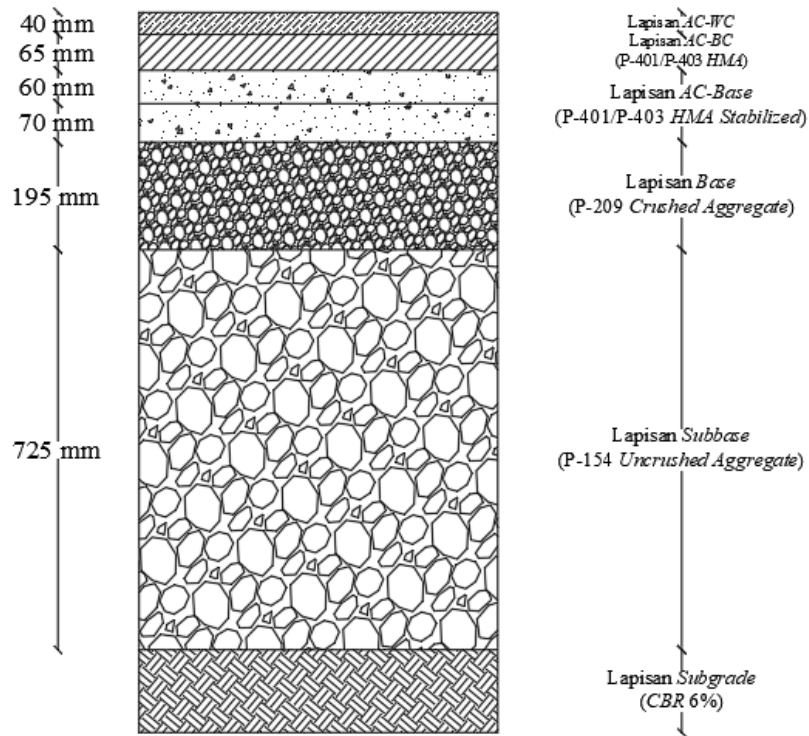
Gambar 5.57 Desain Tebal Perkerasan Tahap II
Alternatif 1 Metode *FAA software FAARFIELD*



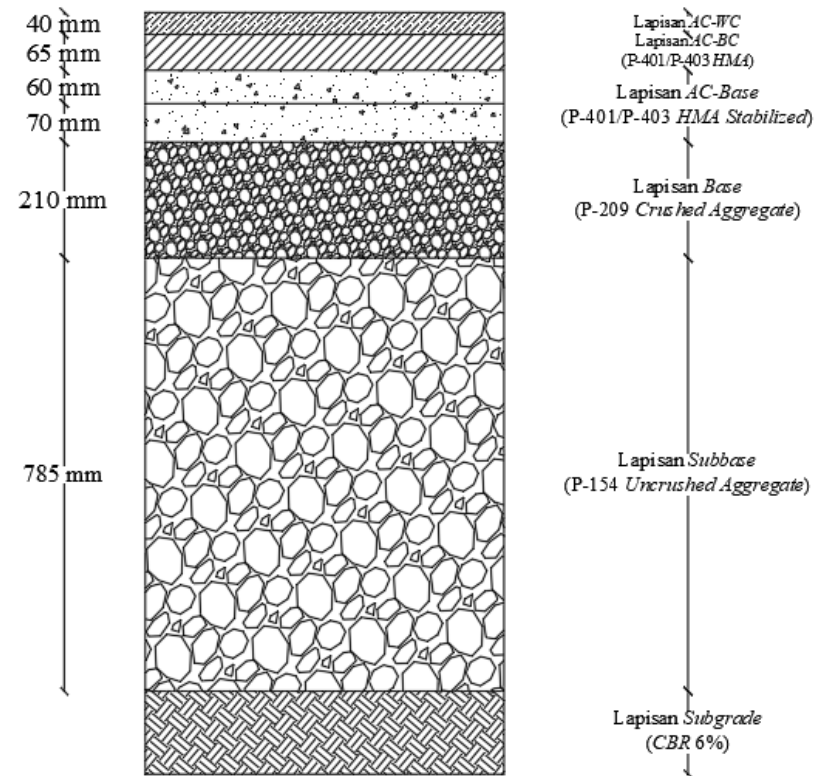
Gambar 5.58 Desain Tebal Perkerasan Tahap III
Alternatif 1 Metode *FAA software FAARFIELD*



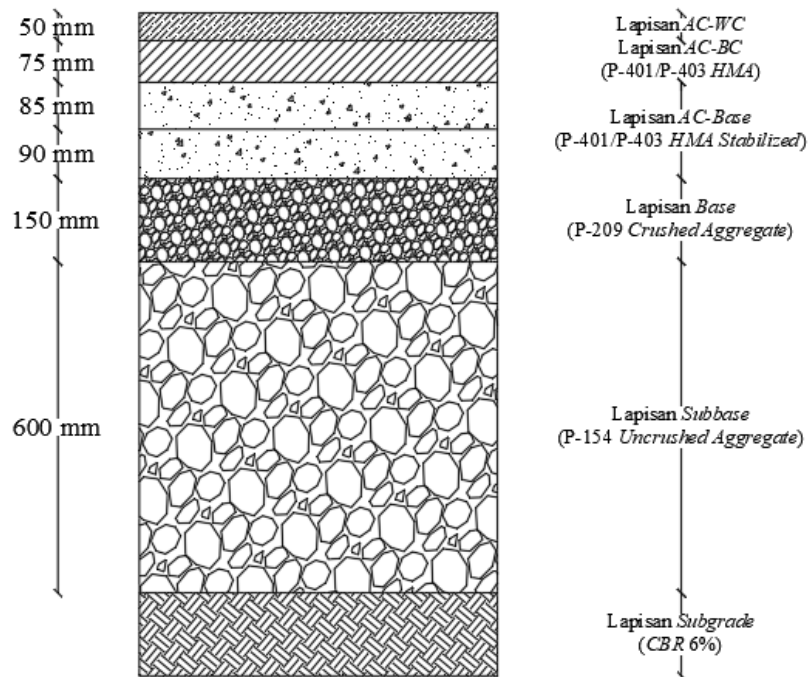
Gambar 5.59 Desain Tebal Perkerasan Tahap I
Alternatif 2 Metode *FAA software FAARFIELD*



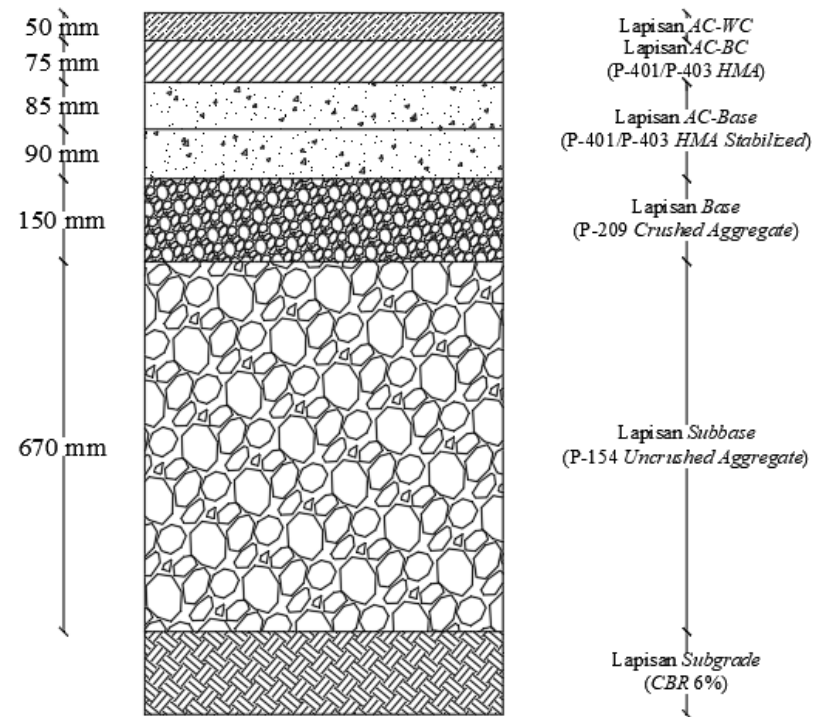
Gambar 5.60 Desain Tebal Perkerasan Tahap II
 Alternatif 2 Metode *FAA software FAARFIELD*



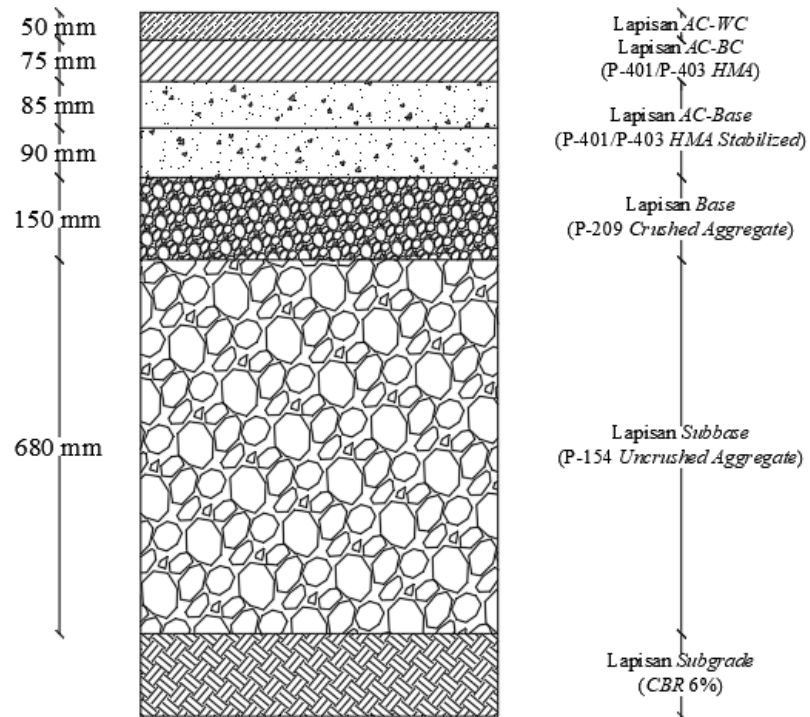
Gambar 5.61 Desain Tebal Perkerasan Tahap III
 Alternatif 2 Metode *FAA software FAARFIELD*



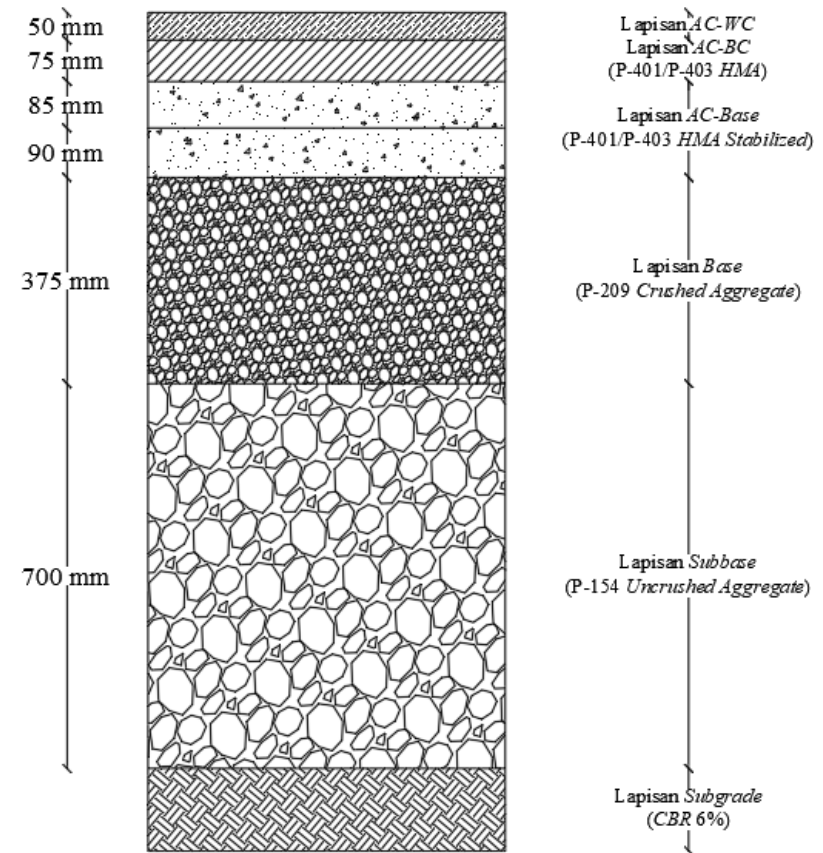
Gambar 5.62 Desain Tebal Perkerasan Tahap I
Alternatif 3 Metode *FAA software FAARFIELD*



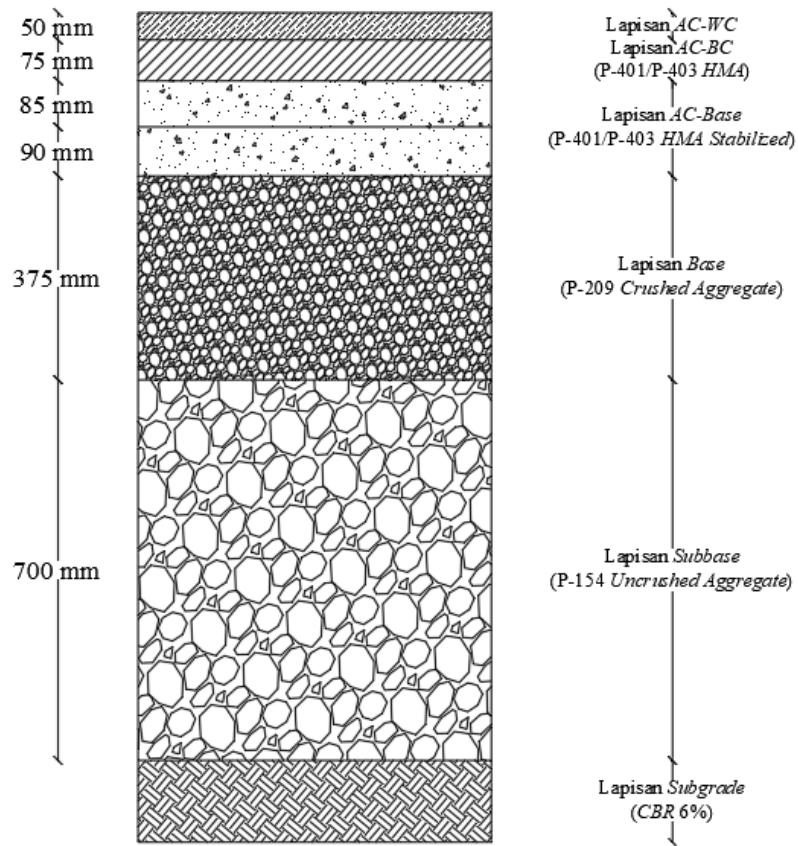
Gambar 5.63 Desain Tebal Perkerasan Tahap II
Alternatif 3 Metode *FAA software FAARFIELD*



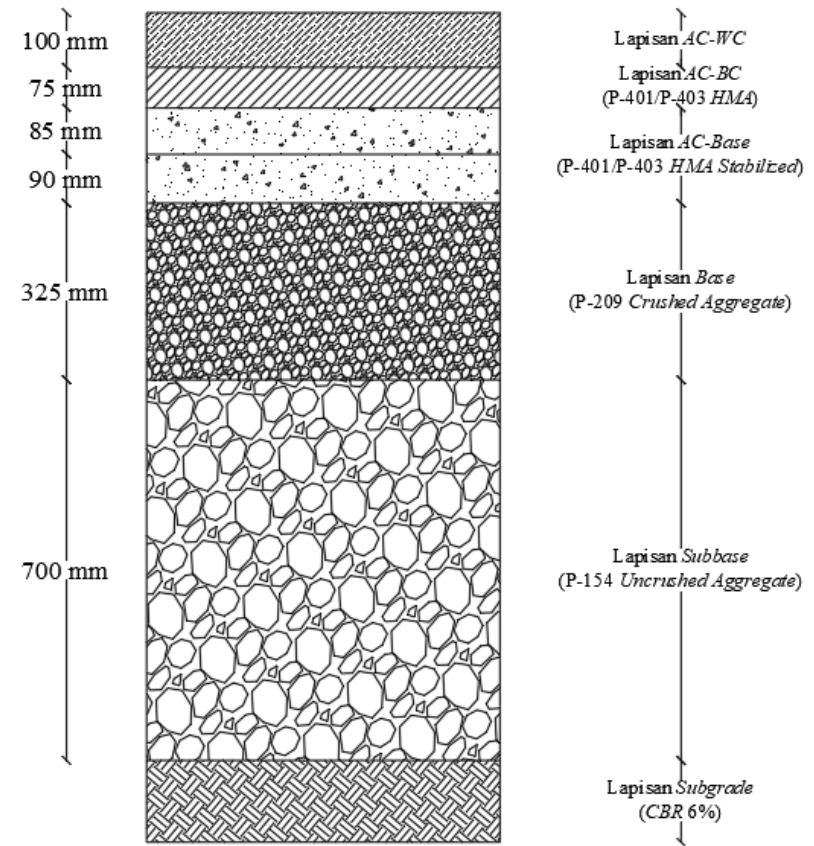
Gambar 5.64 Desain Tebal Perkerasan Tahap III
Alternatif 3 Metode *FAA software FAARFIELD*



Gambar 5.65 Desain Tebal Perkerasan Tahap I
dengan Metode *LCN*



Gambar 5.66 Desain Tebal Perkerasan Tahap II dengan Metode LCN



Gambar 5.67 Desain Tebal Perkerasan Tahap III dengan Metode LCN

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Hasil desain menggunakan metode *FAA* cara manual berdasarkan *AC 150/5320-6D* dengan pesawat rencana *B777-300ER* jika menggunakan material dan tebal *AC-WC*, *AC-BC*, dan *AC-Base* yang sama dengan desain eksisting, maka terdapat selisih pada tebal lapis *base* dan *subbase*. Selisih ketebalan dengan desain eksisting pada lapisan *base* tahap I adalah 295 mm, tahap II adalah 335 mm, dan tahap III adalah 360 mm. Sementara selisih tebal lapis *subbase* pada tahap I adalah 105 mm, tahap II adalah 190 mm, dan tahap III adalah 120 mm.
2. Hasil desain menggunakan metode *FAA software FAARFIELD* berdasarkan *AC 150/5320-6G* jika menggunakan material dan tebal *AC-Base*, *base*, dan *subbase* yang sama dengan desain eksisting, maka terdapat selisih tebal lapis *AC-WC* pada tahap I dan tahap II yaitu 10 mm, tahap III yaitu 60 mm. Selisih tebal *AC-BC* pada tahap I, II, dan III yaitu 10 mm. Selisih tebal lapis *subbase* pada tahap I yaitu 15 mm, tahap II yaitu 105 mm, dan tahap III yaitu 190 mm. Jika tebal *base* dan *subbase* yang sama, maka tetap terdapat selisih tebal *base* pada tahap I yaitu 30 mm, tahap II yaitu 45 mm, dan tahap III yaitu 60 mm. Selisih pada lapisan *subbase* pada tahap I yaitu 70 mm, tahap II yaitu 125 mm, dan tahap III yaitu 185 mm. Jika tebal *AC-WC*, *AC-BC*, dan *AC-Base* yang sama, dihasilkan ketebalan yang sama pada tiap lapisnya. Namun terdapat perbedaan pada lapis *subbase* di tahap II dan III dimana hasil alternatif desain 3 lebih tebal dibanding desain eksisting.
3. Hasil desain menggunakan metode *LCN* berdasarkan *DMG 27* jika menggunakan material perkerasan dan tebal *AC-WC*, *AC-BC*, dan *AC-Base* yang sama dengan desain eksisting, maka terdapat selisih pada tebal lapis

base dan *subbase*. Selisih tebal lapis *subbase* pada tahap I dan tahap II adalah 225 mm, dan tahap III adalah 175 mm. Sementara selisih tebal lapisan *subbase* pada tahap I, II, dan III adalah 100 mm.

4. Ketiga metode menggunakan konsep desain yang berbeda, metode *FAA* cara manual didasarkan pada pesawat rencana dengan *MTOW* terbesar, metode *FAA software FAARFIELD* tidak didasarkan pada penentuan pesawat rencana melainkan semua pesawat dimasukkan yang ditunjukkan oleh nilai *CDF*, sementara metode *LCN* didasarkan pada pesawat rencana dengan nilai *ACN* terbesar. Parameter *input* ketiganya menggunakan *CBR subgrade*, jumlah keberangkatan, dan konfigurasi roda. Namun terdapat perbedaan yaitu metode *FAA* cara manual menggunakan data *CBR subbase* dan *MTOW*, metode *FAA software FAARFIELD* menggunakan umur rencana dan *MTOW*, sedangkan metode *LCN* menggunakan nilai *ACN*. Hasil tebal yang didapat dari ketiga metode jika material, tebal *AC-WC*, *AC-BC*, dan *AC-Base* sama, maka lapis *base* dan *subbase* paling tipis terdapat pada metode *FAA software FAARFIELD* dibanding metode *FAA* cara manual dan *LCN*.

6.2 Saran

Setelah penelitian selesai dilakukan, maka terdapat beberapa saran yang diajukan untuk penelitian selanjutnya yaitu sebagai berikut.

1. Disarankan untuk menggunakan *software FAARFIELD* dalam perancangan tebal perkerasan karena prosedur desainnya lebih sederhana dan efisien.
2. Jika perancangan ingin menggunakan metode *FAA* cara manual, maka disarankan agar lebih teliti dalam penggunaan grafik juga harus tersedia data *CBR subbase*.
3. Penelitian ini dapat dikembangkan dengan objek penelitian tambahan yaitu pada *taxiway* dan *apron* dengan mempertimbangkan sistem drainase.

DAFTAR PUSTAKA

- (FAA), Federal Aviation Administration's. 2021. "AC 150/5320-6G, Airport Pavement Design and Evaluation." *US Department of Transportation* (January):1–195.
- Afriyani, Suci Ryski Nur, and Viktor Suryan. 2022. "Analisa Metode FAA Dan ICAO-LCN Pada Perencanaan Perkerasan Runway Di Bandar Udara Silampari Lubuklinggau." *Jurnal Talenta Sipil* 5(1):158. doi: 10.33087/talentsipil.v5i1.109.
- Bimantoro, Muh F. 2021. "Perencanaan Tebal Lapis Perkerasan Runway, Taxiway Dan Apron Pada Yogyakarta International Airport."
- FAA. 1978. "FAA Advisory Circular 150/5320-6D." *Design* 165.
- Kurniawan, K. 2018. "Studi Desain Perencanaan Perkerasan Sisi Udara Bandar Udara Tunggul Wulung Cilacap." *Prosiding Semnastek* 1–10.
- Lewa, Mario Stevano, Putu Ariawan, and Putu Budiarnaya. 2021. "Evaluasi Perkerasan Landasan Pacu Pada Bandara Pattimura Dengan Membandingkan Metode FAA Dan FAARFIELD Software." *Jurnal Ilmiah Telsinas Elektro, Sipil Dan Teknik Informasi* 3(2):1–8.
- Palino, Silvani Desy, and Budi Hartanto Susilo. 2021. "Analisis Tebal Perkerasan Dan Biaya Dengan Software Faarfield Pada Landas Pacu BIJB Kertajati." *Jurnal Teknik Sipil* 17(1):14–29. doi: 10.28932/jts.v17i1.2382.
- Paramahansa, Kadek Liony Maya, and Anggi Nidya Sari. 2022. "Studi Perencanaan Perkerasan Runway Dan Taxiway Dengan Metode Federal Aviation Administration." *Journal of Airport Engineering Technology (JAET)* 2(2):67–74. doi: 10.52989/jaet.v2i2.56.

- Santoso, Shelvy Elvina. 2017. “Perbandingan Metode Perencanaan Perkerasan Lentur Menggunakan Metode FAA (Federal Aviation Administration) Dan LCN (Load Classification Number) Pada Landas Pacu Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang.” 210.
- Sihombing, Sahat Martua, Achmad Pahrul Rodji, and Al Muzamil. 2022. “Analisis Tebal Perkerasan Runway Pada Bandara Internasional Oe-Cusse , Timor Leste.” *Jurnal Sipilkrisnaipilkrisna* 1(1):69–78.
- Woodman, G. R. 1992. “Commentary on A Guide to Airfield Pavement Design and Evaluation.” *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Transport* 95(3):161–72. doi: 10.1680/itrans.1992.20383.
- Prayoga, Aldo Budi, and Silvia Sukirman. 2018. “Desain Tebal Perkerasan Lentur Landas Pacu Bandara Soekarno-Hatta, Tangerang Menggunakan Metode Design & Maintenance Guide 27, Inggris. (Hal. 38-46).” *RekaRacana: Jurnal Teknil Sipil* 4(2): 38.
- International Civil Aviation Organization (ICAO). 2004. *Aerodrome Design and Operations: Vol. I*.
- Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor Pm 77 Tahun 2015. 2015. “Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor Pm 77 Tahun 2015 Tentang Standarisasi Dan Sertifikasi Fasilitas Bandar Udara.” *Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor Pm 77 Tahun 2015*: 12.
- Perhubungan Udara, Direktorat Jenderal. 2019. “Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor 326 Tahun 2019 Tentang Standar Teknis Dan Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil-Bagian 139 (Manual of Standard CASR - Part 139) Volume I Bandar Udara (Aerodrome).” *Kementerian Perhubungan* I. https://jdih.dephub.go.id/assets/uudocs/pEI/2019/KP_326_TAHUN_2019_M

OS_139_VOL_I_AERODROME.pdf.

U.S. Department of Transportation (Horonjeff, McKelvey, Sproule, & Young, 2010) Federal Aviation Administration. 2018. "Standard Specifications for Construction of Airports." *Ac 150-5370-10H*.

777-200/-300 Airplane Characteristics for Airport Planning. (2022). US: Boeing Commercial Airplanes.

Adisasmita, S. A. (2012). *Penerbangan Bandar Udara*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Anis, M. (2016). Analisis Perbandingan Metode Empiris dan Metode Mekanistik dalam Perancangan Landasan Bandar Udara (Studi Kasus Bandar Udara Kertajati - Majalengka). *Warta Penelitian Perhubungan*, 16.

Basuki, I. H. (1986). *Merancang dan Merencana Lapangan Terbang*. Bandung: PT Alumni.

Suryan, dkk. (Februari 2023). Aplikasi Perencanaan Perkerasan Runway Menggunakan Software FAARFIELD. *Jurnal Talenta Sipil*, 8.

Farhan, A. M. (2023). Perbandingan Evaluasi Tebal Lapis Perkerasan Runway, Taxiway, dan Apron pada Bandar Udara Halim Perdanakusuma menggunakan Metode Empiris dan Metode Mekanistik berdasarkan Federal Aviation Administration (FAA).

Horonjeff, R. (1975). *Planning & Design of Airports*. New York: The McGraw-Hill Companies.

Horonjeff, R., & Mc Kelvey, F. X. (1993). *Perencanaan dan Perancangan Bandar Udara*. Edisi Ketiga Jilid 2. Jakarta: Erlangga.

Horonjeff, R., McKelvey, F. X., Sproule, W. J., & Young, S. B. (2010). *Planning & Design of Airports*. McGraw-Hill Education.

Menteri Perhubungan Republik Indonesia. (2020). Penetapan Lokasi Bandar Udara Baru di Kabupaten Kediri Provinsi Jawa Timur. *Nomor 28 Tahun 2020*,

Keputusan Menteri Perhubungan Republik Indonesia. Jawa Timur: Menteri Perhubungan Republik Indonesia.

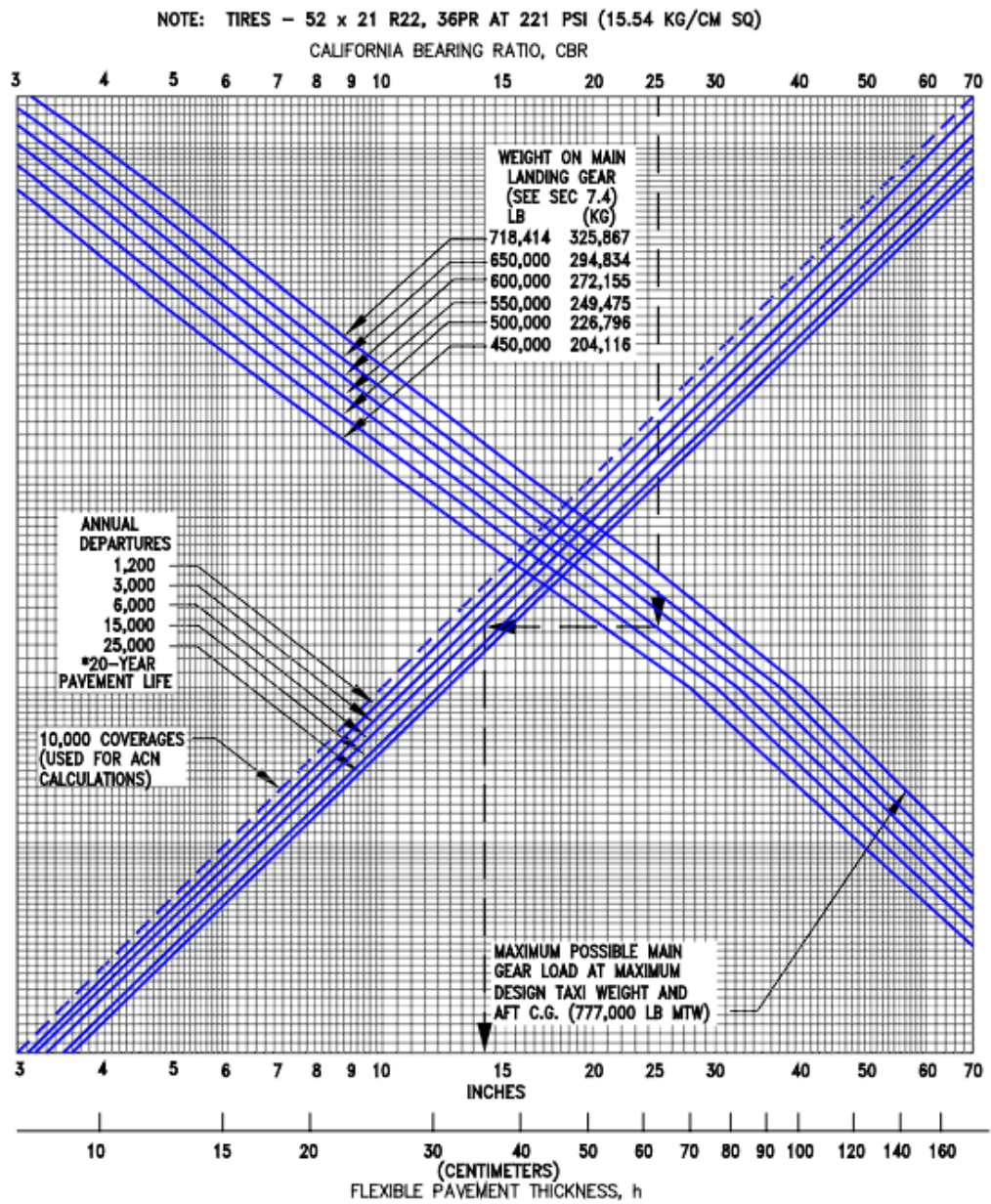
Sartono, W. (1992). *Airport Engineering*. Yogyakarta: Biro Penerbit Teknik Sipil UGM.

Sektiaji, H., & Suparman, L. B. (2019). *Perancangan Perkerasan Lentur Landas Pacu Yogyakarta Internasional Airport, Kulonprogo Menggunakan Metode Load Classification Number (LCN)*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.

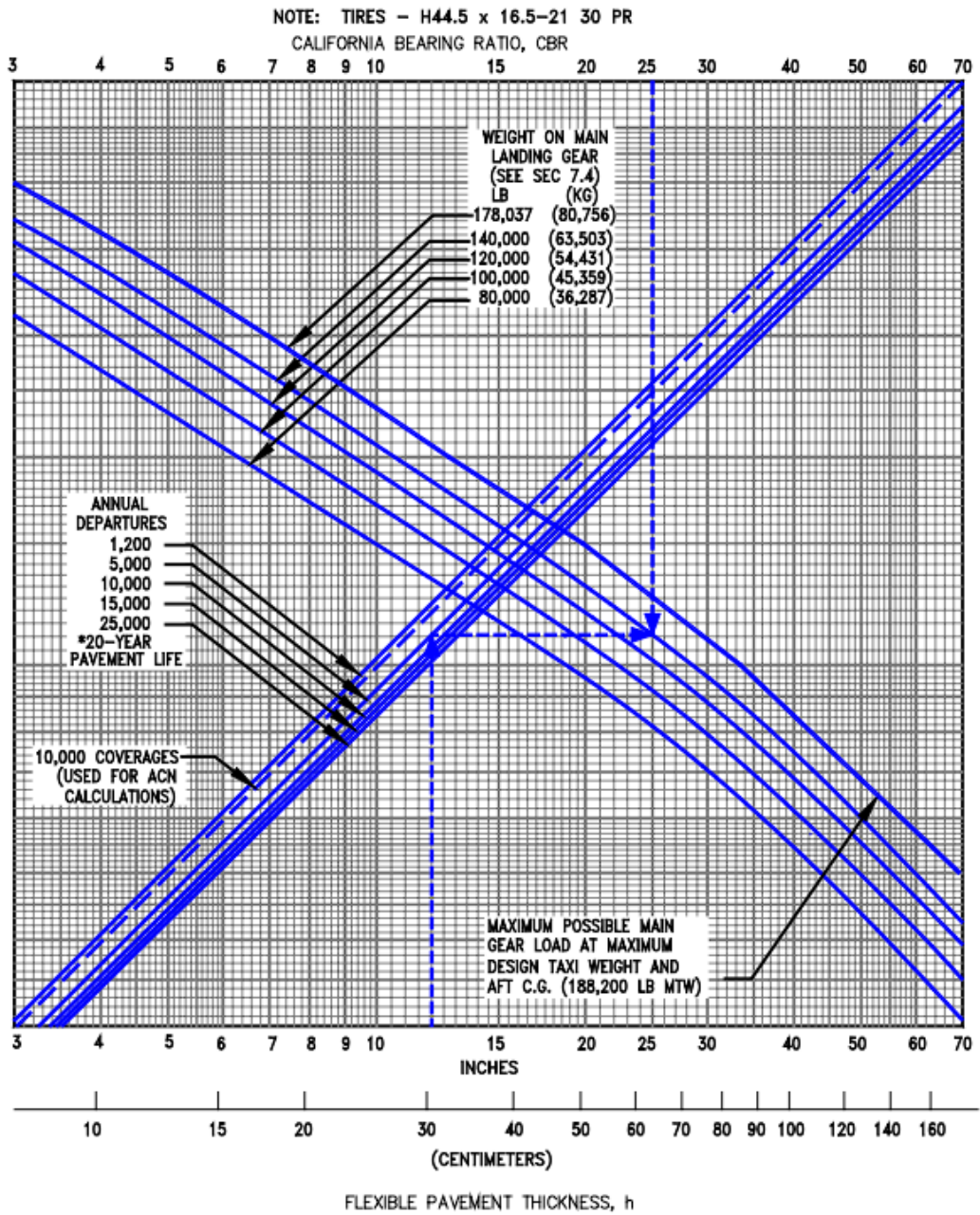
Purwanto dan Sunandar. (Juni 2019). Analisa Perencanaan Runway, Taxiway, dan Apron pada Bandara Sultan Mahmud Badaruddin II Palembang Menggunakan Metode FAA (Federal Aviation Administration). *Jurnal Deformasi*, 10.

LAMPIRAN

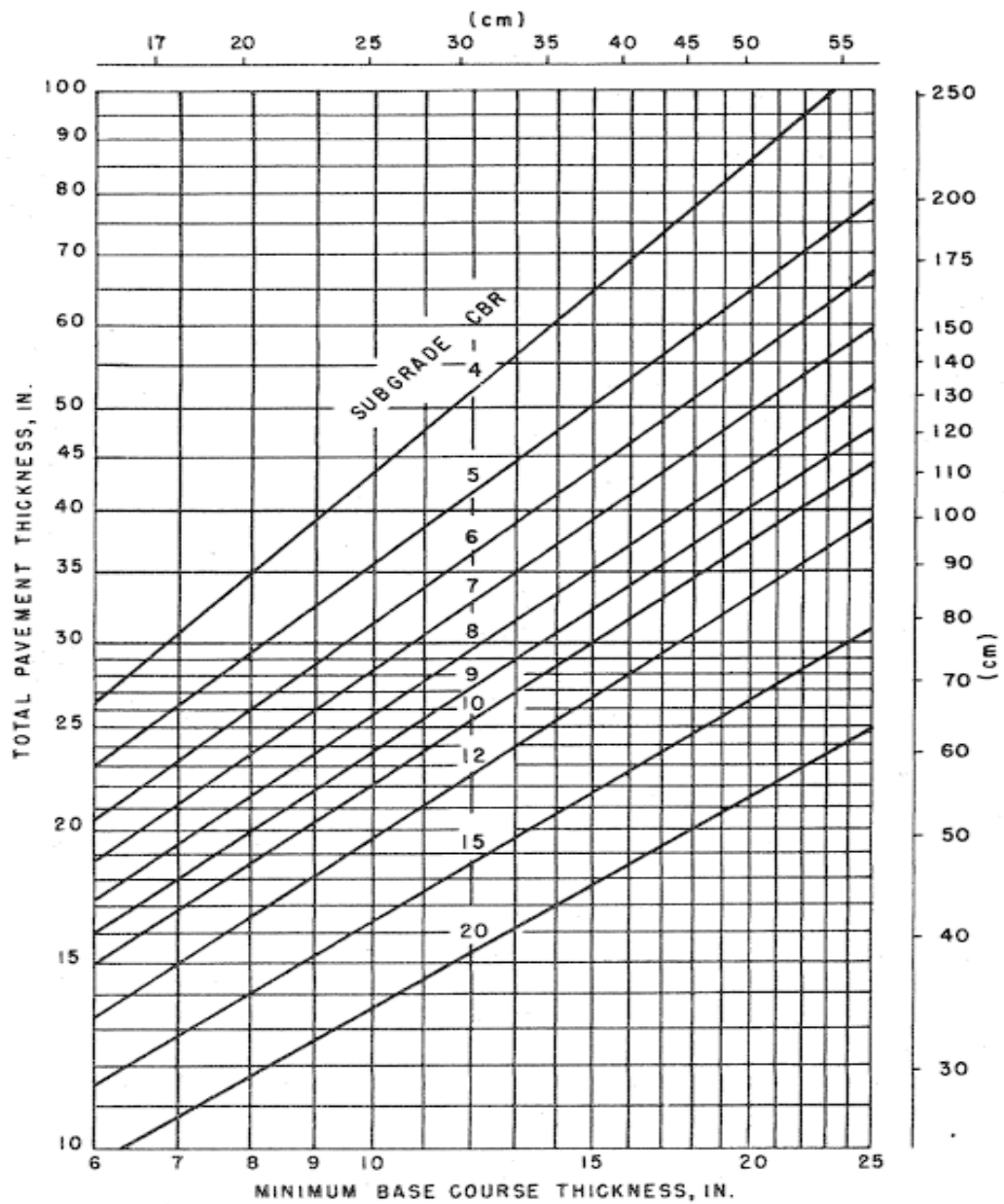
Lampiran 1 Grafik Desain Tebal Perkerasan Lentur



Gambar L-1.1 Grafik Desain Perkerasan Lentur untuk Pesawat B777-300ER

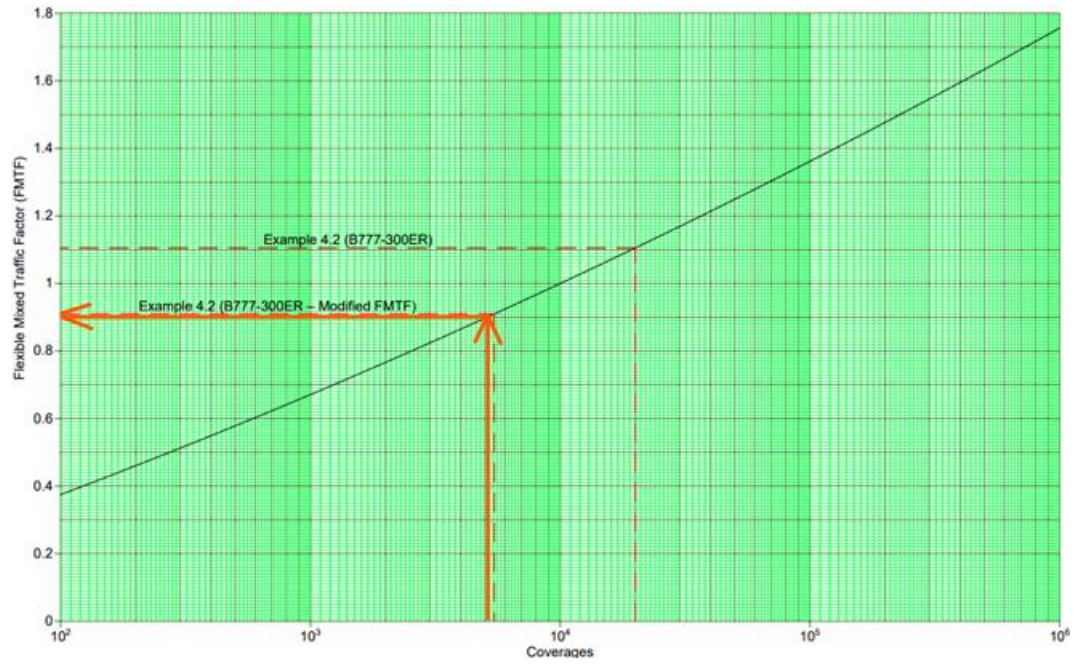


Gambar L-1.2 Grafik Desain Perkerasan Lentur untuk Pesawat B737-900ER

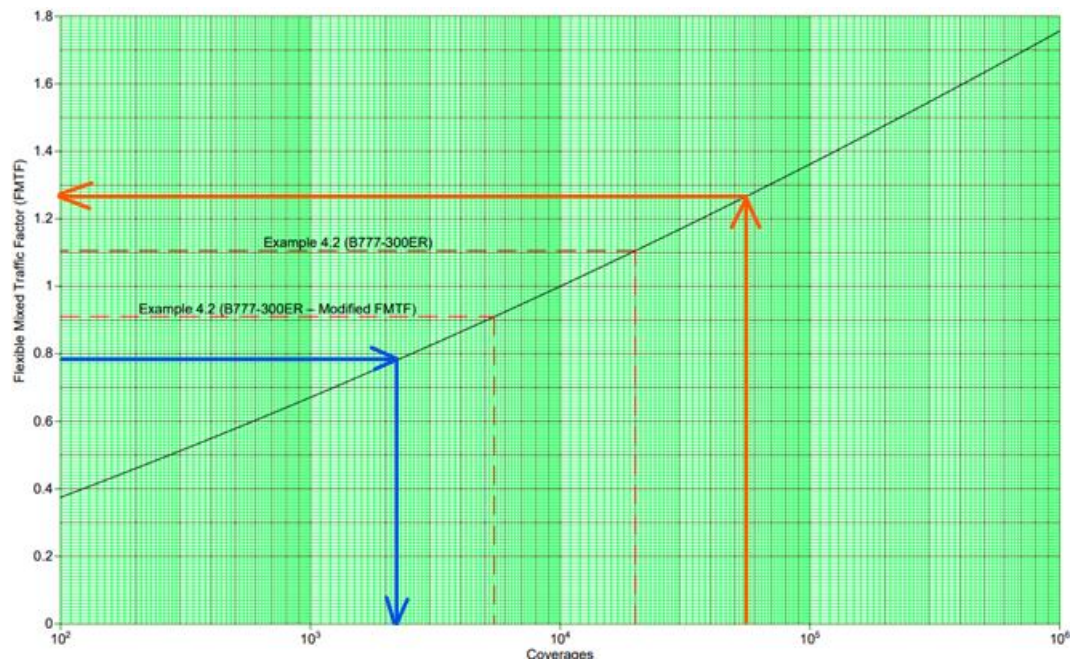


Gambar L-1.3 Grafik Perhitungan Tebal Minimum *Base Course*

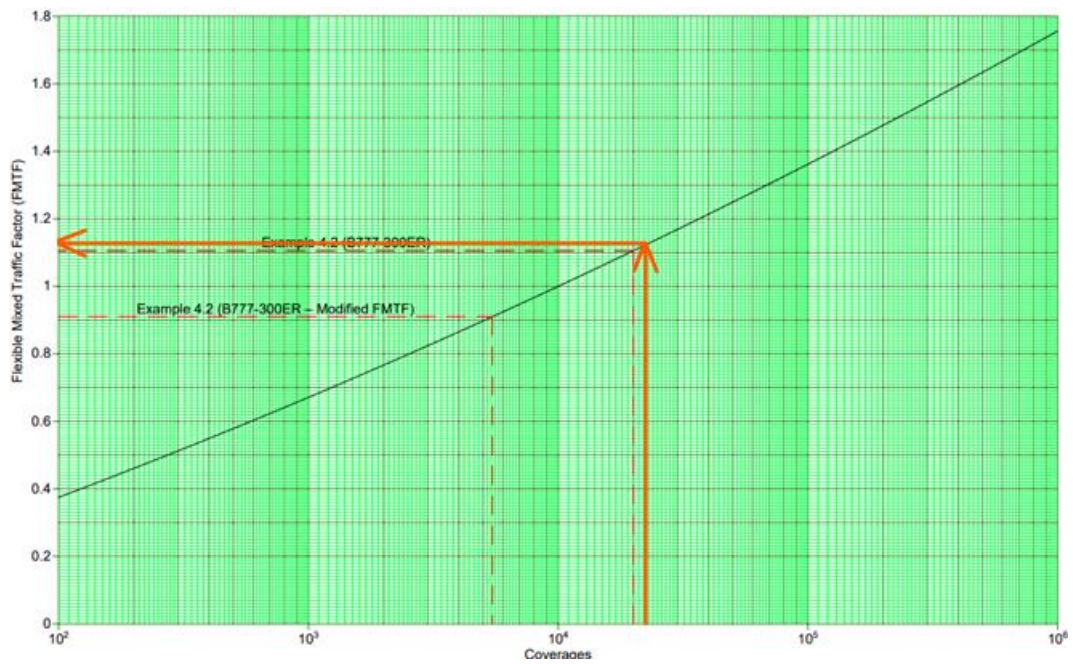
Lampiran 2 Grafik Analisis *Mixed Traffic*



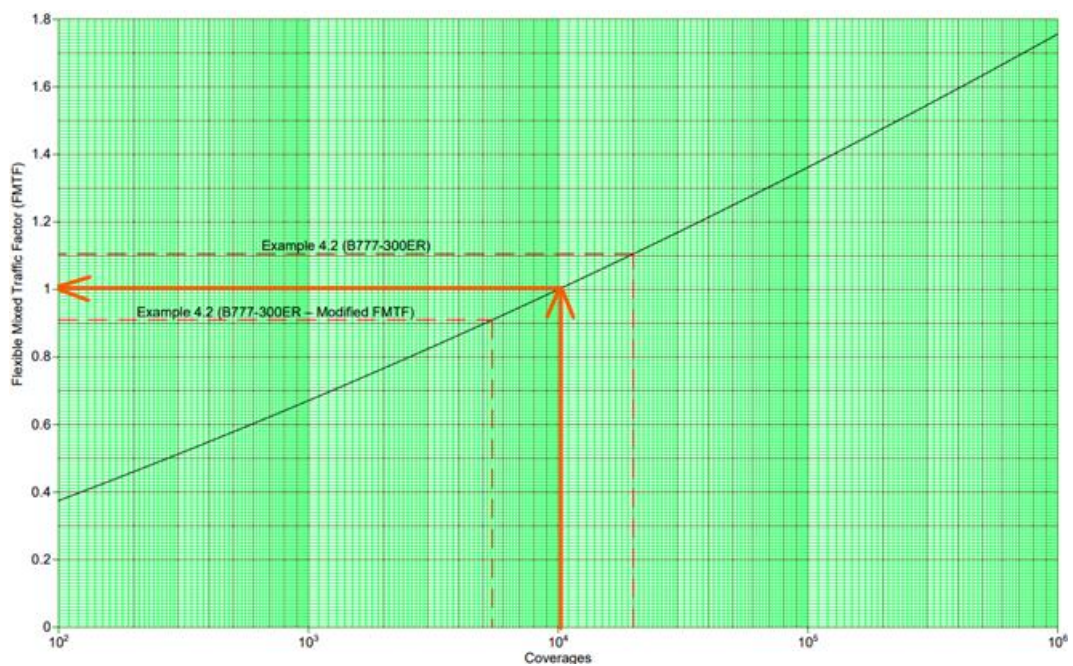
Gambar L-2.1 Grafik Analisis *Mixed Traffic* Pesawat B777-300ER Tahap I



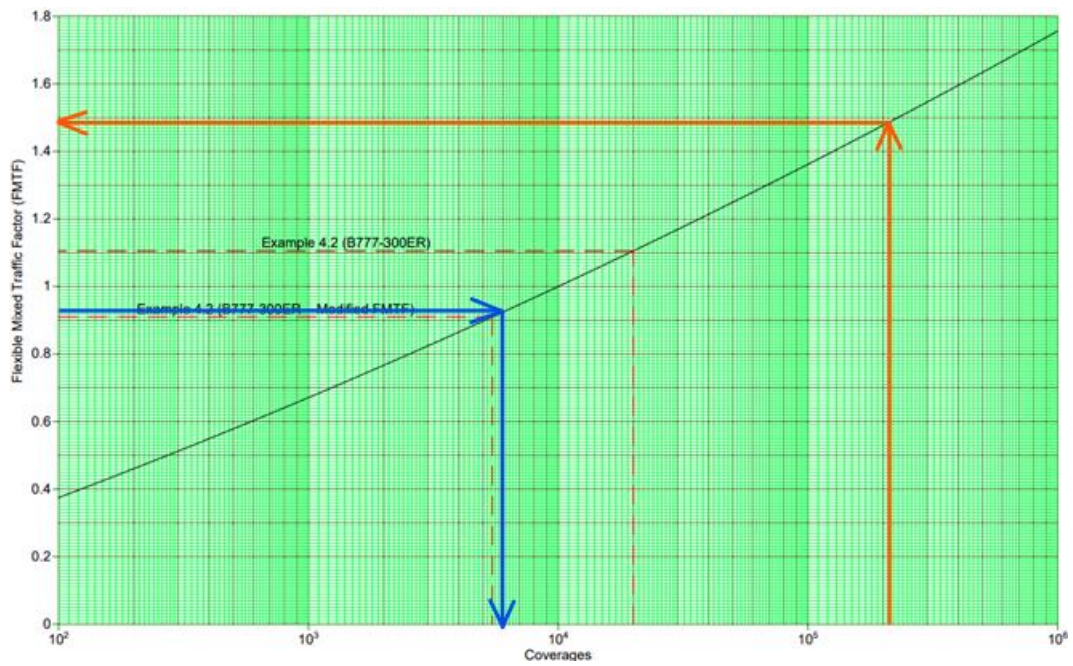
Gambar L-2.2 Grafik Analisis *Mixed Traffic* Pesawat B737-900ER Tahap I



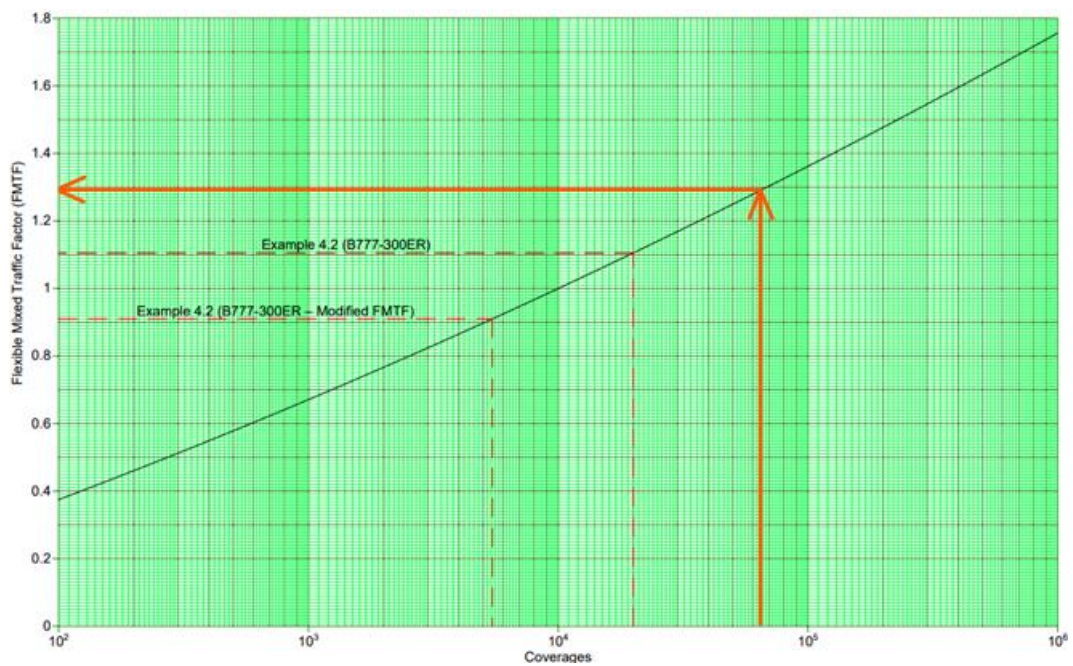
Gambar L-2.3 Grafik Analisis *Mixed Traffic* Pesawat ATR 72-600 Tahap I



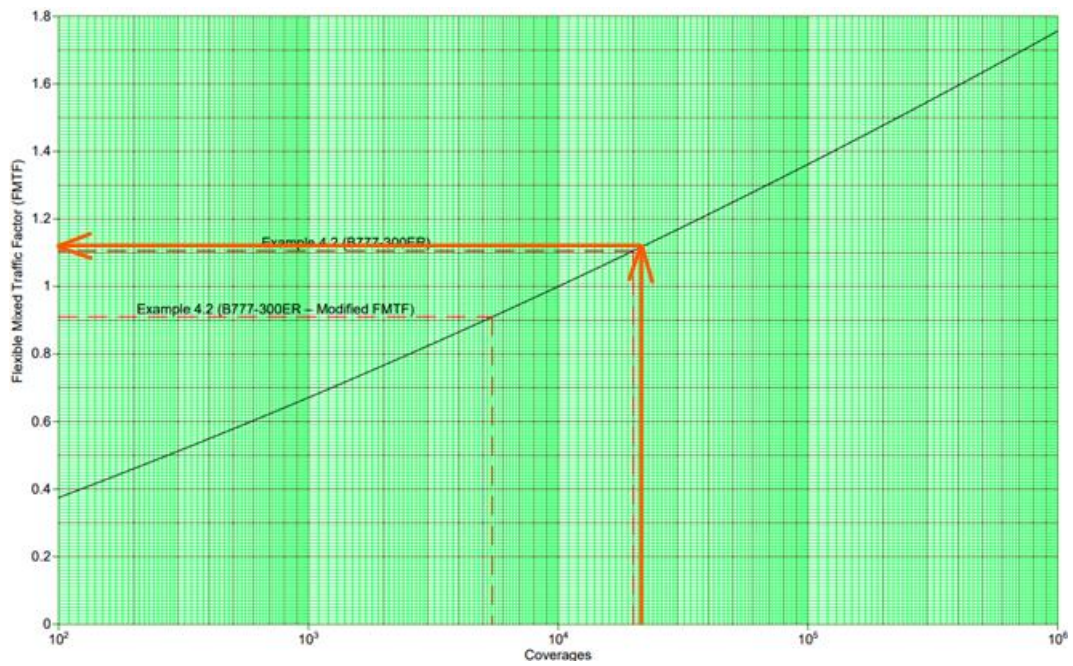
Gambar L-2.4 Grafik Analisis *Mixed Traffic* Pesawat B777-300ER Tahap II



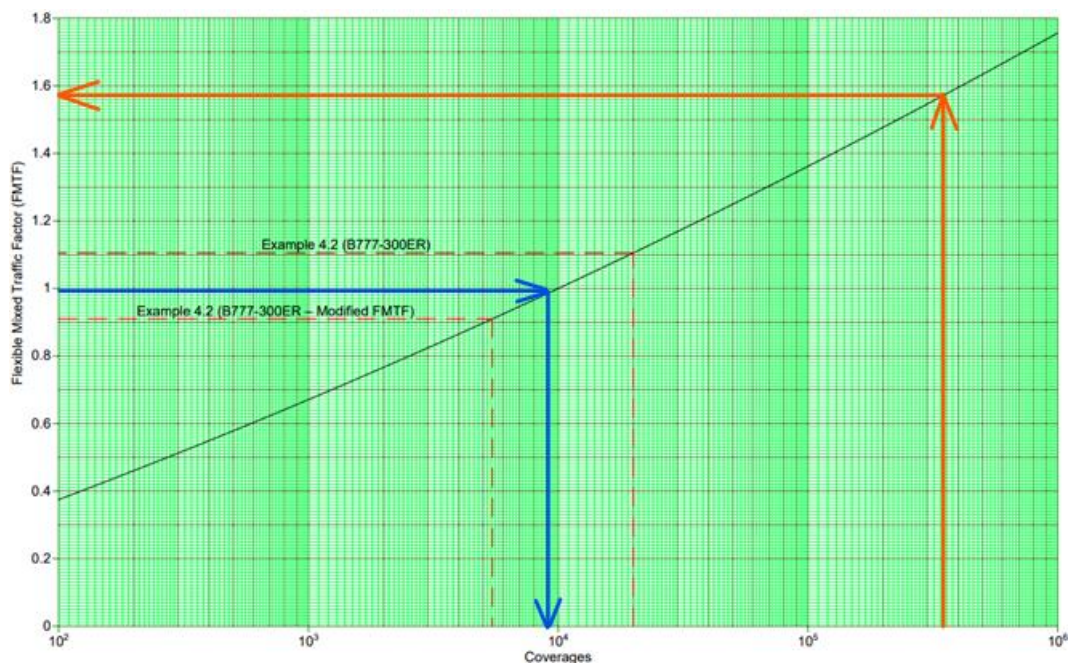
Gambar L-2.5 Grafik Analisis *Mixed Traffic* Pesawat B737-900ER Tahap II



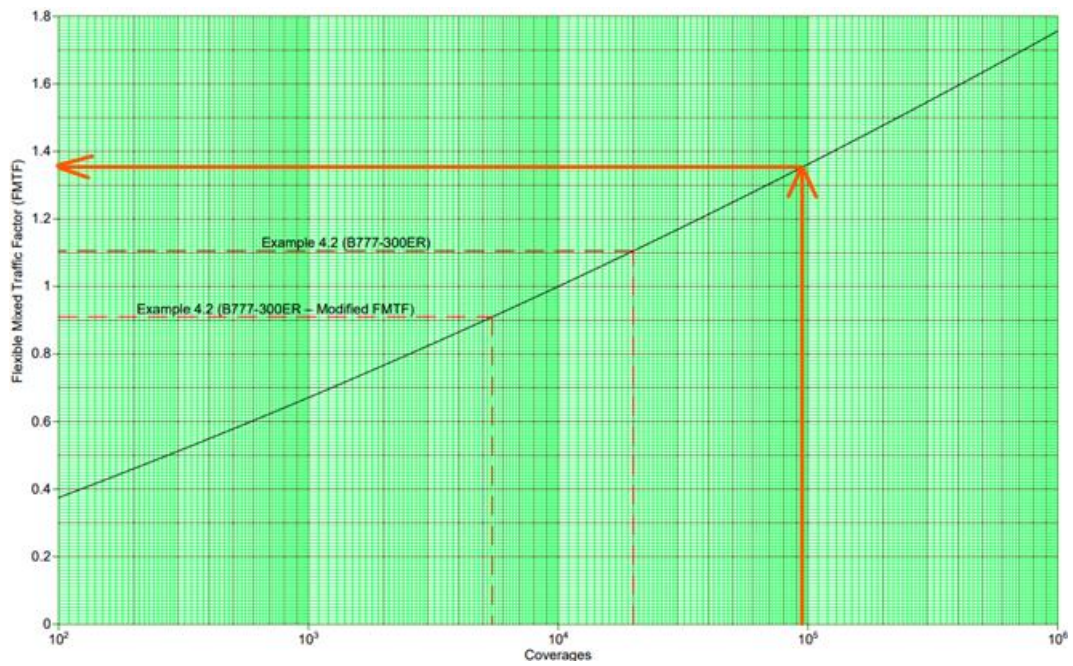
Gambar L-2.6 Grafik Analisis *Mixed Traffic* Pesawat ATR 72-600 Tahap II



Gambar L-2.7 Grafik Analisis *Mixed Traffic* Pesawat B777-300ER Tahap III



Gambar L-2.8 Grafik Analisis *Mixed Traffic* Pesawat B737-900ER Tahap III



Gambar L-2.9 Grafik Analisis *Mixed Traffic* Pesawat ATR 72-600 Tahap III

Lampiran 3 Surat Permohonan Izin Penelitian dan Pengambilan Data TA



FAKULTAS | PROGRAM STUDI
TEKNIK SIPIL | TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

Nomor : 249/Sek. Progs/20/PSTS/TA/XI/2022
Lampiran :
Hal : Permohonan Izin Penelitian TA & Pengambilan Data untuk TA.

Yogyakarta, 03 October 2022

Kepada Yth:
Residen Engineer Project New Airport Dhoho Kediri
PT. Jagat Tribuana Sakti
Ir. Rio Andriyono Sigit
di Tempat

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Dalam rangka mempersiapkan mahasiswa untuk menempuh ujian Tugas akhir/Skripsi maka setiap mahasiswa diwajibkan untuk menyusun Tugas Akhir/skripsi. Sehubungan dengan hal tersebut diatas maka diperlukan beberapa data dari Project New Airport Dhoho Kediri.

Berdasarkan alasan-alasan tersebut diatas, maka dengan ini kami mohon bantuannya untuk dapat memberikan izin Penelitian & Pengambilan Data untuk keperluan penyusunan Tugas Akhir bagi mahasiswa Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. Adapun nama mahasiswa tersebut adalah :

Nama : ANDIEN SALSABILA ZAHRA
No. Mhs : 19511272
Prodi : Teknik Sipil

Demikian Permohonan ini kami sampaikan, atas bantuannya dan kerjasamanya kami Ucapkan banyak terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 03 October 2022
Sekretaris Prodi Teknik Sipil

Dina Anggraheni S.T., M.Eng.

Gambar L-3.1 Surat Izin Penelitian PT Jagat Tribuana Sakti

Lampiran 4 Data Keberangkatan Tahunan Pesawat

Tabel L-4.1 Data Keberangkatan Tahunan Pesawat Bandar Udara Dhoho

Uraian	Tahap I	Tahap II	Tahap III	Satuan
	(2023-2042)	(2043-2058)	(2059-2072)	
Pergerakan Pesawat Rata-Rata per Tahun				
Narrow B737-900ER	9.024	35.197	55.943	Pesawat
Turbo Prof ATR 72-600	3.687	10.246	15.259	Pesawat
B777-300ER	365	730	1.460	Pesawat

Lampiran 5 Data Desain Tebal Perkerasan *Runway* Bandara Dhoho

Lapisan	Material	Tebal (mm)		
		Tahap I (2023-2042)	Tahap II (2043-2058)	Tahap III (2059-2072)
<i>AC-WC</i>	P-401/P-403 <i>HMA Surface</i>	50	50	100
<i>AC-BC</i>		75	75	75
<i>AC-Base layer 1</i>	P-401/P-403 <i>St (flex)</i>	85	85	85
<i>AC-Base layer 2</i>		90	90	90
<i>Base</i>	P-209 <i>Crushed Aggregate</i>	150	150	150
<i>Subbase</i>	P-154 <i>Uncrushed Aggregate</i>	600	600	600

Tabel L-5.1 Desain Eksisting Perkerasan *Runway*

Lampiran 6 Gambar *Runway* Bandar Udara Dhoho

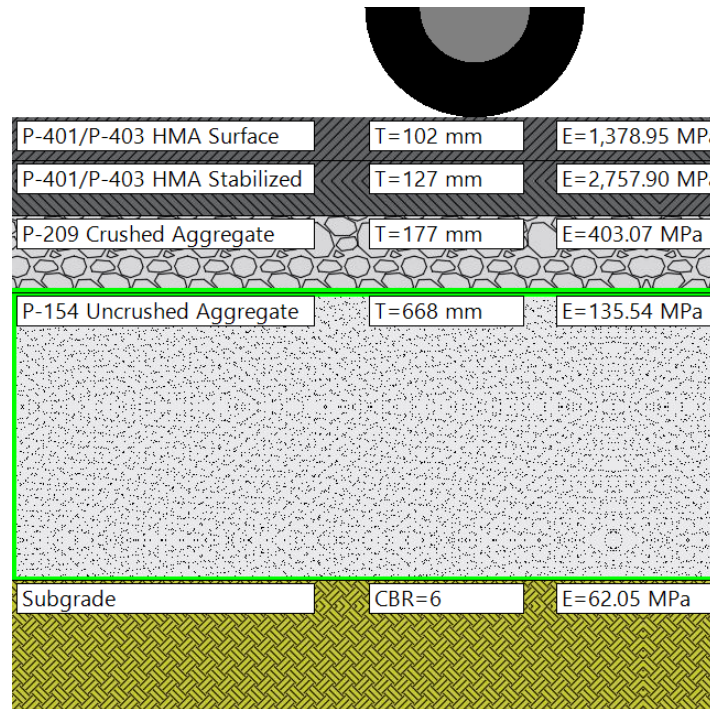


Gambar L-6.1 *Runway* Bandara Dhoho

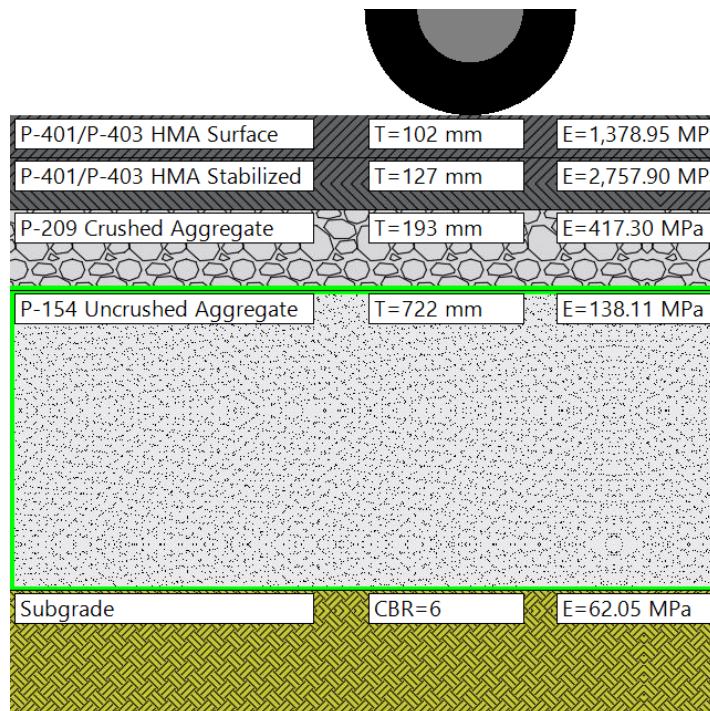


Gambar L-6.2 *Runway* Bandara Dhoho

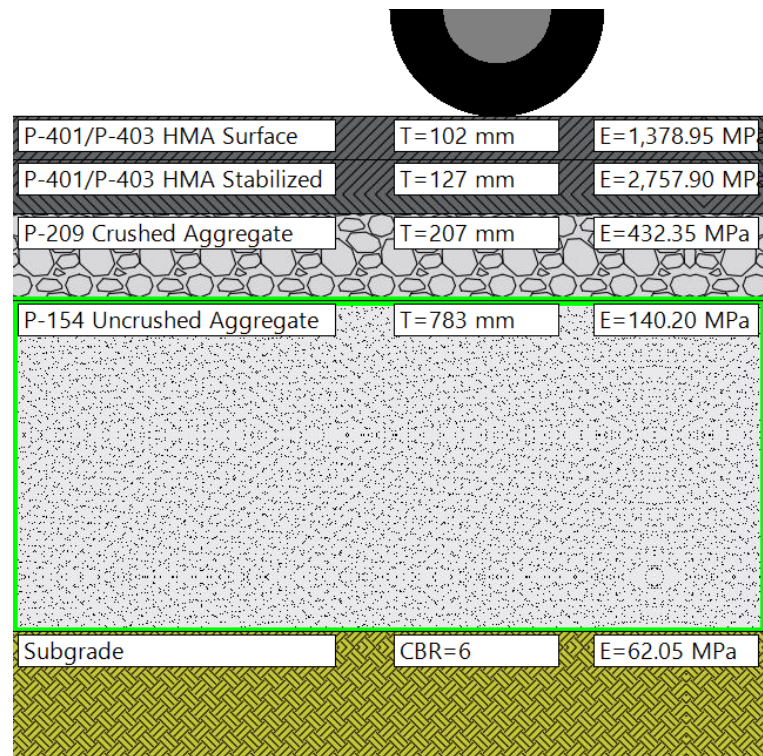
Lampiran 7 Ilustrasi Tebal Perkerasan berdasarkan *software FAARFIELD*



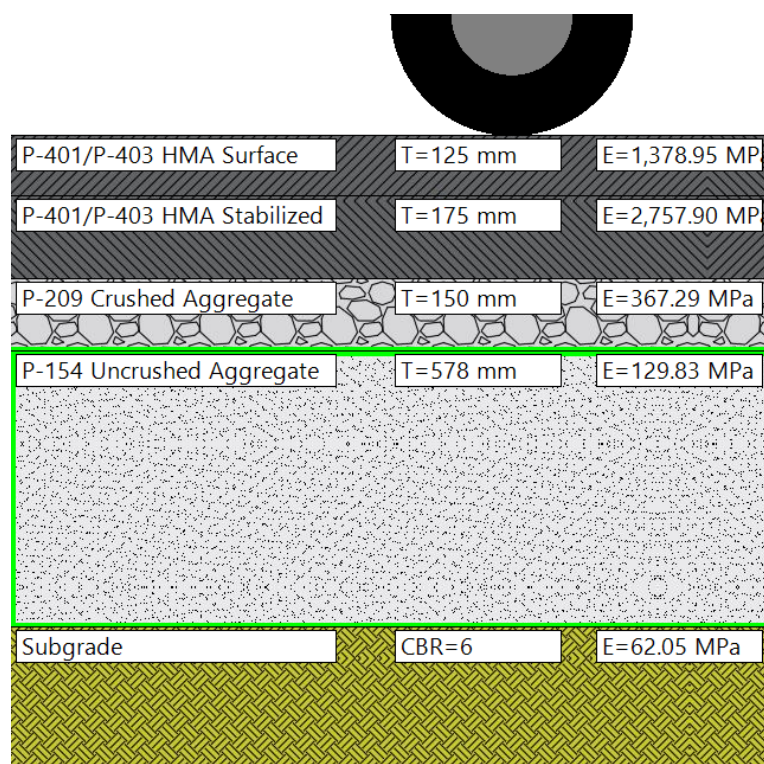
Gambar L-7.1 Tebal Perkerasan Alternatif Desain 2 pada Tahap I



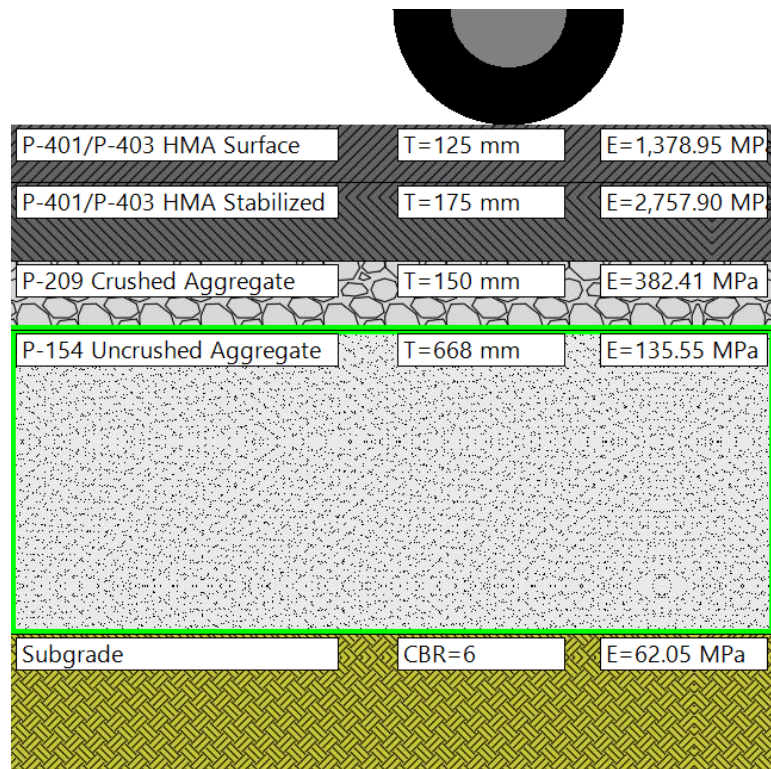
Gambar L-7.2 Tebal Perkerasan Alternatif Desain 2 pada Tahap II



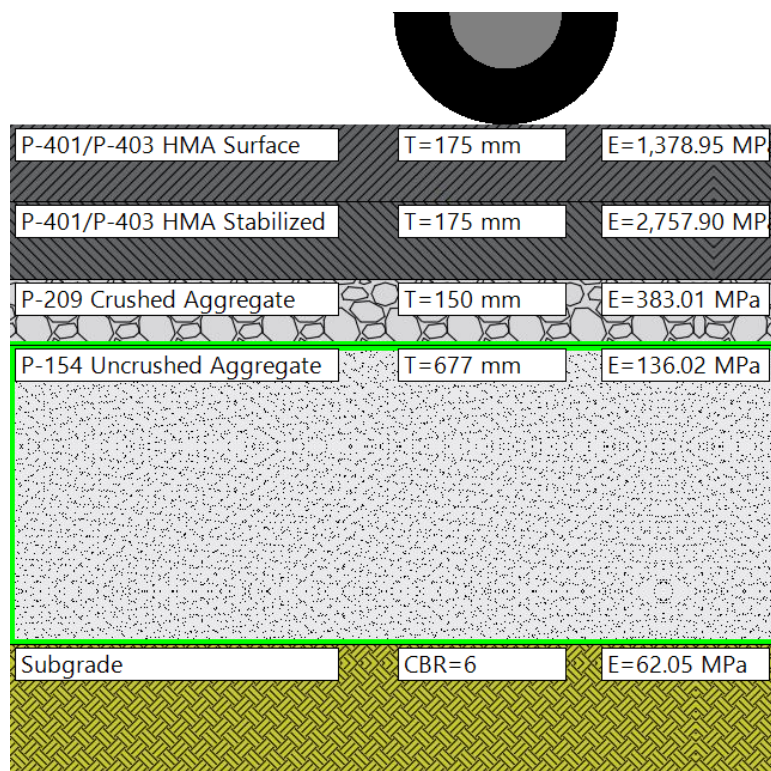
Gambar L-7.3 Tebal Perkerasan Alternatif Desain 2 pada Tahap III



Gambar L-7.4 Tebal Perkerasan Alternatif Desain 3 pada Tahap I



Gambar L-7.5 Tebal Perkerasan Alternatif Desain 3 pada Tahap II



Gambar L-7.6 Tebal Perkerasan Alternatif Desain 3 pada Tahap III