TUGAS AKHIR

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)

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

Alhilal Mohammad Farhan
19511261

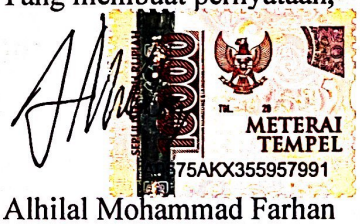
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA
2023

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, 3 April 2023

Yang membuat pernyataan,



Alhilal Mohammad Farhan

(19511261)

TUGAS AKHIR

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)

Disusun oleh

Alhilal Mohammad Farhan
19511261

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

Diuji pada tanggal 10 April 2023

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing I	Penguji I	Penguji II
Prayogo Afang P., S.T., M.Sc.	Aisyah Nur Jannah, S.T., M.Sc.	M. Abdul Hadi, S.T., M.T.
NIK: 205111303	NIK: 205111301	NIK: 215111307

Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D.
NIK. 095110101

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
YOGYAKARTA

ABSTRAK

Daerah Khusus Ibukota (DKI) Jakarta merupakan ibu kota Republik Indonesia, sekaligus sebagai pusat bisnis dan pusat pemerintahan dengan jumlah penduduk yang cukup padat sehingga mengakibatkan masyarakat DKI Jakarta perlu akan adanya moda transportasi yang cepat. Moda transportasi yang cepat salah satunya adalah moda transpotasi udara, moda transportasi udara dilayani oleh Bandar Udara Halim Perdanakusuma. Pada tanggal 26 Januari 2022 Bandara Halim mulai ditutup sementara mengingat akan adanya revitalisasi untuk memperbaiki fasilitas sisi darat maupun udara. Maka dari itu diperlukan perencanaan untuk aspek paling vital yaitu perkerasan pada *runway, taxiway* dan *apron.*

Penelitian ini berfokus pada perencanaan desain tebal perkerasan *apron*, *taxiway*, dan *runway* dengan menggunakan dua metode yaitu metode empiris dan metode mekanistik berdasarkan Federal Aviation Administration (FAA). Metode empiris mendasarkan pada FAA *Advisory Circular* 150/5320-6D dengan penggunaan grafik – grafik dalam perhitungannya, sedangkan metode mekanistik mendasarkan pada *Advisory Circular* 150/5320-6G. Metode – metode tersebut menggunakan data – data seperti data CBR (*California Bearing Ratio*) *subgrade*, data lalu lintas pesawat dan data material sebagai parameter *input design*.

Hasil dari desain tebal perkerasan dengan menggunakan metode empiris berdasarkan FAA *Advisory Circular* 150/5320-6D pada *runway* yaitu 102 mm pada lapisan *surface,* 360 mm pada lapisan *base,* dan 269,8 mm pada lapisan *subbase* dengan total tebal keseluruhan adalah 732,1 mm. Pada *taxiway* adalah 102 mm pada lapisan *surface,* 355,6 mm pada lapisan *base,* dan 410,5 mm pada lapisan *subbase* dengan total tebal keseluruhan adalah 867,7 mm. Pada *apron* adalah tebal lapisan beton adalah 555,89 mm dan tebal lapisan *subbase* 19 cm, sehingga total tebal perkerasan kaku pada *taxiway* adalah 745,89 mm. Hasil dari desain tebal perkerasan dengan menggunakan metode mekanistik berdasarkan FAA 150/5320-6G pada *runway* yaitu, 102 mm untuk lapisan *surface,* 327 mm untuk lapisan *base,* dan 216 mm untuk lapisan *subbase* sehingga total tebal perkerasan pada *runway* yaitu 645 mm. Pada *taxiway* yaitu, 102 mm untuk lapisan *surface,* 327 mm untuk lapisan *base,* dan 316 mm untuk lapisan *subbase* sehingga total tebal perkerasan pada *taxiway* yaitu 745 mm. Pada *apron* yaitu, 537 mm untuk lapisan *surface* dan 152 mm untuk lapisan *subbase* sehingga total tebal perkerasan pada *apron* yaitu 689 mm.

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

ABSTRACT

Daerah Khusus Ibukota (DKI) Jakarta *is the capital city of the Republic of Indonesia, as well as a business center and government center with a population that is quite dense so that the people of* DKI Jakarta *need a fast mode of transportation. One of the fast modes of transportation is the mode of air transportation, the mode of air transportation is served by* Halim Perdanakusuma *Airport. On January 26, 2022 Halim Airport began to temporarily close considering there would be a revitalization to improve land and air facilities. Therefore planning is needed for the most vital aspects, namely pavements on runways, taxiways and aprons.*

This research focuses on planning the design thickness of apron, taxiway and runway pavements by using two methods, namely the empirical method and the mechanistic method based on the Federal Aviation Administration (FAA). *The empirical method is based on the* FAA *Advisory Circular 150/5320-6D with the use of graphs in the calculations, while the mechanistic method is based on the Advisory Circular 150/5320-6G. These methods use data such as subgrade* CBR *(California Bearing Ratio) data, aircraft traffic data and material data as input design parameters.*

The results of the pavement thickness design using empirical methods based on the FAA Advisory Circular 150/5320-6D on the runway are 102 mm on the surface layer, 360 mm on the base layer, and 269.8 mm on the subbase layer with a total thickness of 732.1 mm. The taxiway is 102 mm on the surface layer, 355.6 mm on the base layer, and 410.5 mm on the subbase layer with a total overall thickness of 867.7 mm. On the apron, the thickness of the concrete layer is 555.89 mm and the thickness of the subbase layer is 19 cm, so that the total thickness of the rigid pavement on the taxiway is 745.89 mm. The results of the pavement thickness design using the mechanistic method based on FAA 150/5320-6G on the runway are 102 mm for the surface layer, 327 mm for the base layer, and 216 mm for the subbase layer so that the total thickness of the pavement on the runway is 645 mm. On the taxiway, that is, 102 mm for the surface layer, 327 mm for the base layer, and 316 mm for the subbase layer so that the total pavement thickness on the taxiway is 745 mm. On the apron, that is, 537 mm for the surface layer and 152 mm for the subbase layer so that the total thickness of the pavement on the apron is 689 mm.

Keywords : FAA, *Taxiway, Runway, Apron*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *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).* Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

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

1. Bapak Prayogo Afang Prayitno, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing,
2. Ibu Aisyah Nur Jannah, S. T., M. Sc. selaku Dosen Penguji I,
3. Bapak Muhamad Abdul Hadi, S. T., M. T. selaku Dosen Penguji II,
4. Ibu Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph. D. selaku Dosen Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
5. Seluruh Dosen, yang telah memberikan banyak ilmu kepada penulis selama menempuh studi di Program Studi Teknik Sipil, FTSP UII,
6. Bapak Iit Kusnadi dan Ibu Tati Hayati yang telah berkorban begitu banyak baik material maupun spiritual hingga selesainya Tugas Akhir ini,
7. Khayla Nahda Rafanda sebagai adik dari penulis yang telah menjadi motivasi, semoga karya ini dapat menjadi inspirasi,
8. Keluarga Besar penulis yang telah berkorban begitu banyak baik material maupun spiritual hingga selesainya Tugas Akhir ini,
9. Firnada Azmina Faza selaku pendengar keresahan dan pemberi motivasi serta solusi untuk penulis,
10. Diinaa R. H., M. Kevin F. A., Sabilla P. R., M. R. Fadhilah, Trio G. P., M. Kanz A., Elzan F. H., M. Ilham, Andien S. Z., Hasna R. N. A., M. Genta M.,

selaku Keluarga Besar Odading + Solemn yang telah banyak membantu penulis baik akademik maupun non akademik selama masa perkuliahan,

11. Noval M. H. selaku sahabat seperantauan di Yogyakarta,
12. Ripan Maulana dan Roihan Rizkina M. selaku Keluarga Bono Begeeste serta sahabat penulis,
13. Alvi, Kenan, Arsyada, Safira, Aldi, Yoga, Vanny, selaku Keluarga MENFO HMTS 2021/2022,
14. Fandika, Raihan, Whisnu, Sallya, Raisha, Arkam, Zuma, Alief dan seluruh teman – teman HMTS 2021/2022,
15. Keluarga Singolast, selaku tim futsal terbaik se Teknik Sipil pada era itu yang selalu berkeringat bersama dikala jenuh, dan
16. Keluarga besar jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Akhirnya Penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Yogyakarta, 3 April 2023

Penulis,



Alhilal Mohammad Farhan

19511261

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI ii
LEMBAR PENGESAHAN iii
ABSTRAK iv
ABSTRACT v
KATA PENGANTAR vi
DAFTAR ISI viii
DAFTAR GAMBAR xi
DAFTAR TABEL xiv
DAFTAR LAMPIRAN xvi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN xvii
BAB I 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Batasan Penelitian 3
1.5 Manfaat Penelitian 4
BAB II 5
2.1 Penelitian Terdahulu 5
2.1.1 Analisis Tebal Perkerasan berdasarkan Metode Empiris 5
2.1.2 Analisis Tebal Lapisan Perkerasan berdasarkan Metode Mekanistik 6
2.2 Perbandingan Penelitian 8
2.3 Keaslian Penelitian 11
BAB III 12
3.1 Metode Empiris 12
3.2 Metode Mekanistik 12

3.3 Bandar Udara 13
3.3.1 Tipe Bandara 13
3.3.2 Fungsi Bandara 14
3.3.3 Sisi Udara Bandara 14
3.3.4 Sisi Darat Bandara 15
3.4 Karakteristik Pesawat Terbang 15
3.4.1 Berdasarkan Dimensi 15
3.4.2 Berdasarkan Komponen Beban 17
3.4.3 Berdasarkan Konfigurasi Roda 18
3.5 Lapisan Perkerasan 19
3.6 Umur Rencana 20
3.7 Material dalam Desain Perkerasan 20
3.8 Tebal Lapisan Perkerasan Minimum pada Perkerasan Lentur 24
3.9 Desain Tebal Lapis Perkerasan berdasarkan Metode Empiris 25
3.10 Desain Tebal Lapis Perkerasan berdasarkan Metode Mekanistik 31
BAB IV 37
4.1 Jenis Penelitian 37
4.2 Lokasi Objek Penelitian 37
4.3 Pengumpulan Data 38
4.4 Alat 38
4.5 Analisis Data 39
4.6 Bagan Alir Penelitian 39
BAB V 41
5.1 Data Penelitian 41
5.1.1 Data CBR 42
5.1.2 Data Lalu Lintas Pesawat 43
5.1.3 Annual Growth Pesawat 44
5.2 Perhitungan Struktur 44
5.2.1 Perhitungan Perkerasan Metode Empiris 44
5.2.2 Perhitungan Perkerasan Metode Mekanistik 61
5.3 Pembahasan 75

5.4 Gambar Desain Tebal Perkerasan 77
BAB VI 81
6.1 Kesimpulan 81
6.2 Saran 82
DAFTAR PUSTAKA 83
LAMPIRAN 85

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Bagian – Bagian Sisi Udara Bandara 15
Gambar 3. 2 Dimensi Pesawat 16
Gambar 3. 3 *Turning Radius* 17
Gambar 3. 4 Konfigurasi Sumbu Roda Pesawat 18
Gambar 3. 5 Grafik Desain Tebal Lapis Perkerasan Lentur untuk *Single Wheel Gear* 29
Gambar 3. 6 Grafik Desain Tebal Lapis Perkerasan Kaku untuk *Single Wheel Gear* 30
Gambar 3. 7 Membuat *New Job* 33
Gambar 3. 8 Memilih Struktur Perkerasan 33
Gambar 3. 9 Memodifikasi Lapis Perkerasan 34
Gambar 3. 10 Memasukan Data Lalu Lintas Pesawat 35
Gambar 3. 11 Memasukkan Umur Rencana 35
Gambar 3. 12 Melakukan Desain Struktur 36
Gambar 4. 1 Lokasi Objek Penelitian 37
Gambar 4. 2 Flowchart Penelitian 40
Gambar 5. 1 Layout Pekerjaan Proyek Revitalisasi Bandar Udara Halim Perdanakusuma 41
Gambar 5. 2 Peta Situasi Pengambilan Data CBR 1 42
Gambar 5. 3 Peta Situasi Pengambilan Data CBR 2 42
Gambar 5. 4 Peta Situasi Pengambilan Data CBR 3 43
Gambar 5. 5 Grafik Perhitungan Perkerasan Lentur *Dual Wheel* Tebal Lapisan *Subbase* dan CBR 10% pada *Runway* 51
Gambar 5. 6 Grafik Perhitungan Perkerasan Lentur *Dual Wheel* Tebal Minimum Lapisan *Base* pada *Runway* 53
Gambar 5. 7 Desain Tebal Perkerasan pada Runway dengan Metode Empiris 54

Gambar 5. 8 Grafik Perhitungan Perkerasan Lentur *Dual Wheel* Tebal Lapisan *Subbase* dan CBR 8% pada *Taxiway* 55
Gambar 5. 9 Grafik Perhitungan Perkerasan Lentur *Dual Wheel* Tebal Minimum Lapisan *Base* pada *Taxiway* 56
Gambar 5. 10 Desain Tebal Perkerasan pada *Taxiway* dengan Metode Empiris 58
Gambar 5. 11 Grafik Perhitungan Perkerasan Kaku Lapisan *Subbase* pada *Apron* 59
Gambar 5. 12 Grafik Perhitungan Perkerasan Kaku Lapisan *Surface* pada *Apron* 60
Gambar 5. 13 Desain Tebal Perkerasan pada *Apron* dengan Metode Empiris 61
Gambar 5. 14 Membuat *New Job* 62
Gambar 5. 15 Mengisi *Job Name* dan *Section Name* 62
Gambar 5. 16 Memasukkan Data Lalu Lintas Pesawat 63
Gambar 5. 17 Memilih Tipe Perkerasan 64
Gambar 5. 18 Memasukkan Data CBR 64
Gambar 5. 19 Memasukkan Umur Rencana 65
Gambar 5. 20 *Running Design* 65
Gambar 5. 21 Ilustrasi Tebal Lapisan Perkerasan pada *Runway* berdasarkan FAARFIELD 66
Gambar 5. 22 Membuat *New Section* 67
Gambar 5. 23 Memasukkan Data Lalu Lintas Pesawat 67
Gambar 5. 24 Memilih Tipe Perkerasan 68
Gambar 5. 25 Memasukkan Data CBR 68
Gambar 5. 26 Memasukkan Umur Rencana 69
Gambar 5. 27 *Running Design* 69
Gambar 5. 28 Ilustrasi Tebal Lapisan Perkerasan pada *Taxiway* berdasarkan FAARFIELD 70
Gambar 5. 29 Membuat *New Section* 71
Gambar 5. 30 Memasukkan Data Lalu Lintas Pesawat 71
Gambar 5. 31 Memilih Tipe Perkerasan 72
Gambar 5. 32 Memasukkan Nilai Kuat Lentur Beton 72

Gambar 5. 33 Memasukkan Nilai K *Subgrade* 73
Gambar 5. 34 Memasukkan Umur Rencana 73
Gambar 5. 35 *Running Design* 74
Gambar 5. 36 Ilustrasi Tebal Lapisan Perkerasan pada *Apron* berdasarkan FAARFIELD 74
Gambar 5. 37 Gambar Desain Tebal Perkerasan Metode Empiris dan Metode Mekanistik pada *Runway* 78
Gambar 5. 38 Gambar Desain Tebal Perkerasan Metode Empiris dan Metode Mekanistik pada *Taxiway* 79
Gambar 5. 39 Gambar Desain Tebal Perkerasan Metode Empiris dan Metode Mekanistik pada *Apron* 80

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Sebelumnya 9
Tabel 3. 1 Faktor Konfigurasi Roda Pesawat 19
Tabel 3. 2 Gradasi Item P-401 21
Tabel 3. 3 Gradasi Item P-208 22
Tabel 3. 4 Gradasi Item P-209 22
Tabel 3. 5 Gradasi Item P-211 22
Tabel 3. 6 Gradasi Item P-219 23
Tabel 3. 7 Gradasi Item P-304 23
Tabel 3. 8 Gradasi Item P-154 24
Tabel 3. 9 Tebal Minimum pada Perkerasan Lentur 24
Tabel 3. 10 Kategori Tanah Dasar berdasarkan ICAO DMG-27 25
Tabel 3. 11 Konversi Tebal *Annual Departures* 26
Tabel 3. 12 Nilai Konversi Material pada Lapisan *Subbase* 31
Tabel 3. 13 Nilai Konversi Material pada Lapisan *Base* 31
Tabel 5. 1 Data Lalu Lintas Pesawat Bandar Udara Halim Perdanakusuma 43
Tabel 5. 2 Konfigurasi Tipe Roda Pesawat 45
Tabel 5. 3 Faktor Konfigurasi Roda Pesawat 45
Tabel 5. 4 Rekapitulasi Beban dan Konfigurasi Roda Pesawat 46
Tabel 5. 5 Rekapitulasi Proyeksi *Annual Departures* 47
Tabel 5. 6 Rekapitulasi Perhitungan R2 48
Tabel 5. 7 Rekapitulasi Perhitungan W2 48
Tabel 5. 8 Rekapitulasi Perhitungan R1 49
Tabel 5. 9 Susunan Beban Pesawat Udara Maksimum Dan Konfigurasi Roda Pendaratan Utama 50
Tabel 5. 10 Annual Departures Pesawat Campuran 50
Tabel 5. 11 Konversi Tebal *Annual Departures* 52

Tabel 5. 12 Rekapitulasi Tebal Lapis Perkerasan Metode Empiris dan Metode Mekanistik pada *Runway* 75
Tabel 5. 13 Rekapitulasi Tebal Lapis Perkerasan Metode Empiris dan Metode Mekanistik pada *Taxiway* 76
Tabel 5. 14 Rekapitulasi Tebal Lapis Pekerasan Metode Empiris dan Metode Mekanistik pada *Apron* 76

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar Grafik Desain Tebal Lapis Perkerasan 86

Lampiran 2 Data Lalu Lintas Pesawat Bandar Udara Halim Perdanakusuma pada Tahun 2017 89

Lampiran 3 Data CBR *Subgrade* Proyek Revitalisasi Bandar Udara Halim Perdanakusuma 90

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

CBR = *California Bearing Ratio*

ICAO = International Civil Aviation Organization

FAA = Federal Aviation Administration

FAARFIELD = *Federal Aviation Administration Rigid and Flexible Iterative Elastic Layered Design*

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Daerah Khusus Ibukota (DKI) Jakarta merupakan ibu kota Republik Indonesia, sekaligus sebagai pusat bisnis dan pusat pemerintahan dengan jumlah penduduk yang cukup padat. Penduduk Jakarta pada tahun 2020 mencapai 11.063.324 jiwa, sementara luas Jakarta menurut Keputusan Gubernur No. 171 Tahun 2007 seluas 662,3km^2 , dengan demikian kepadatan penduduk Jakarta tahun 2020 mencapai 16.704 jiwa/km^2 (Badan Pusat Statistik, 2020). Hal ini mengakibatkan masyarakat DKI Jakarta perlu akan adanya moda transportasi yang cepat dan efisien terlebih untuk perjalanan luar kota. Kebutuhan moda transportasi masyarakat DKI Jakarta dalam mobilitas salah satunya adalah moda transportasi udara. Moda transpotasi udara dapat dilayani oleh 2 bandar udara (bandara) besar disekitar Provinsi DKI Jakarta yakni Bandara Internasional Soekarno-Hatta yang berada di Kota Tangerang, Banten, dan Bandara Halim Perdanakusuma yang terletak strategis di tengah kota Jakarta.

Bandar Udara Internasional Halim Perdanakusuma adalah sebuah bandar udara yang terletak di Kecamatan Makasar, Kota Jakarta Timur, Daerah Khusus Ibukota Jakarta, Indonesia. Bandar udara ini merupakan markas Komando Operasi Angkatan Udara I. Sejak tanggal 10 Januari 2014, bandar udara ini juga digunakan sebagai bandar udara komersial untuk wilayah Jabodetabek, awalnya untuk mengalihkan penerbangan dari Bandar Udara Internasional Soekarno–Hatta, yang dinilai telah penuh sesak. Akan tetapi, Kementerian Perhubungan (Kemenhub) dan TNI AU pada 21 Januari 2022 menginformasikan bahwa Bandara Halim Perdanakusuma ditutup sementara mulai 26 Januari 2022. Bandara Halim ditutup sementara mengingat akan adanya revitalisasi untuk memperbaiki fasilitas sisi darat maupun udara. Hal itu merupakan tindak lanjut dari rencana revitalisasi Bandara

Halim Perdanakusuma, yang aturannya tertuang dalam Peraturan Presiden (Perpres) Nomor 9 Tahun 2002.

Proyek revitalisasi Bandar Udara Halim Perdanakusuma ini diselenggarakan oleh tiga perusahaan BUMN (Badan Usaha Milik Negara) terdiri atas PT. Wijaya Karya (Persero) Tbk, PT. Pembangunan Perumahan (Persero) Tbk, dan PT. Indah Karya (Persero). Dari pembangunan Pemerintah mengalokasikan Anggaran Pendapatan Belanja Negara (APBN) sebesar Rp.600 Miliar untuk merevitalisasi Bandar Udara Halim Perdanakusuma. Dana ini untuk revitalisasi fasilitas pangkalan Bandara Halim Perdanakusuma meliputi penyehatan landas pacu (*runway*) dan landas hubung *(taxiway*) peningkatan kapasitas landas parkir (*apron*) pesawat udara naratetama dan naratama.

Dengan adanya proyek revitalisasi Bandar Udara Halim Perdanakusuma, hal yang menjadi sorotan utama revitalisasi ini adalah *runway, taxiway* dan *apron.* Ketiga aspek tersebut merupakan bagian penting dari pembagunan bandara pada bagian *airside* yang berfungsi untuk memenuhi kebutuhan penumpang serta pesawat yang sedang beroperasi. Penelitian ini secara garis besar akan berfokus pada perencanaan lapis perkerasan lentur *runway, taxiway* dan *apron*. Hasil yang ingin dicapai adalah mendapatkan hasil perencanaan tebal lapis perkerasan lentur pada *runway, taxiway* dan *apron* yang optimal untuk dilewati oleh pesawat yang akan beroperasi pada Bandar Udara Halim Perdanakusuma. Hasil perencanaan tebal lapis itu didapat dari perhitungan dengan menggunakan metode empiris berdasarkan Federal Aviation Administration (FAA) *Advisory Circular* 150/5320-6D dan metode mekanistik berdasarkan Federal Aviation Administration (FAA) *Advisory Circular* 150/5320-6G. Penelitian ini juga menggunakan metode FAA untuk menganalisis desain tebal perkerasan bandar udara. FAA adalah organisasi yang mengatur penerbangan di wilayah Amerika Serikat, organisasi ini memiliki metode yang paling mutakhir dalam menganalisis desain tebal perkerasan yaitu dengan bantuan program FAARFIELD (*Federal Aviation Administration Rigid and Flexible Iterative Elastic Layered Design*). Program FAARFIELD merupakan program komputer yang dikeluarkan oleh FAA berfungsi untuk merencakan tebal perkerasan pada bandar udara. FAARFIELD menganalisis tebal perkerasan

berdasarkan persamaan CDF (*Cumulative Damage Factor*). Persamaan CDF merupakan beban yang bekerja diatas perkerasan dengan kerusakan yang terjadi akibat beban bekerja. FAARFIELD memiliki beberapa *output* diantaranya ketebalan lapis perkerasan, ilustrasi ketebalan lapis perkerasan dan grafik CDF.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Berapa ukuran tebal lapis perkerasan pada *runway, taxiway dan apron* dengan metode empiris berdasarkan FAA 150/5320-6D?
2. Berapa ukuran tebal lapis perkerasan pada *runway, taxiway dan apron* dengan metode mekanistik berdasarkan FAA 150/5320-6G?
3. Bagaimana perbandingan konsep *input design* antara metode empiris dan mekanistik?

1.3 Tujuan Penelitian

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

1. Merencanakan ukuran tebal lapis perkerasan pada *runway, taxiway dan apron* dengan metode empiris berdasarkan FAA 150/5320-6D.
2. Merencanakan ukuran tebal lapis perkerasan pada *runway, taxiway dan apron* dengan metode mekanistik berdasarkan FAA 150/5320-6G.
3. Membandingkan konsep *input design* antara metode empiris dan mekanistik.

1.4 Batasan Penelitian

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

1. Bandar Udara yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah Bandar Udara Halim Perdanakusuma.
2. Lokasi perkerasan yang ditinjau adalah perkerasan pada *runway, taxiway* dan *apron* menggunakan metode empiris berdasarkan FAA *Advisory Circular* 150/5320-6D.
3. Lokasi perkerasan yang ditinjau adalah perkerasan pada *runway, taxiway* dan *apron* menggunakan metode mekanistik berdasarkan FAA *Advisory Circular* 150/5320-6G.
4. Jenis perkerasan yang didesain adalah perkerasan lentur pada *runway* dan *taxiway*.
5. Jenis perkerasan yang didesain adalah perkerasan kaku pada *apron*.
6. Umur rencana yang digunakan selama 20 tahun.
7. Perkerasan yang dihitung adalah tebal lapis perkerasan dan tidak membahas geometrik *runway, taxiway* dan *apron*.

1.5 Manfaat Penelitian

Perencanaan tebal lapis perkerasan *runway, taxiway,* dan *apron* pada Bandar Udara Halim Perdanakusuma ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut.

1. Manfaat Teoritis

Menambah pengetahuan tentang perencanaan tebal lapis perkerasan landasan pacu yang mengacu pada FAA *Advisory Circular* 150/5320-6G dengan menggunakan bantuan *software* FAARFIELD.

2. Manfaat Praktis

Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini dapat menjadi bahan pembanding proyek revitalisasi Bandar Udara Halim Perdanakusuma.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai desain tebal perkerasan dengan menggunakan metode empiris berdasarkan FAA *Advisory Circular* 150/5320-6D dan metode mekanistik berdasarkan FAA *Advisory Circular* 150/5320-6G yang dilakukan sebelumnya dengan tempat yang berbeda dapat dijadikan acuan untuk penelitian ini.

2.1.1 Analisis Tebal Perkerasan berdasarkan Metode Empiris

Mufidah (2021) melakukan penelitian dengan judul Evaluasi Kinerja Landasan Pacu (*Runway*) pada Bandar Udara Husein Sastranegara dengan Perbandingan Metode ICAO dengan Metode FAA yang memiliki hasil tiap lapisan pada landasan pacu kondisi eksisting dengan cara manual didapat tebal total perkerasan 85,09 cm, dengan bantuan perangkat lunak FAARFIELD didapat tebal total perkerasan 80,93 cm. Untuk metode ICAO didapat tebal perkerasan total sebesar 82,9 cm. Untuk perencanaan pelapisan ulang dengan bantuan perangkat lunak FAARFIELD didapat tebal untuk lapis permukaan sebesar 4 inch (10,16 cm). Untuk perhitungan pelapisan ulang pada metode ICAO didapat tebal lapis permukaan sebesar 4,33 inch (11 cm). Pada perhitungan perencanaan perkerasan dengan metode FAA cara manual didapat tebal total perkerasan sebesar 93,98 cm, sedangkan dengan bantuan perangkat lunak FAARFIELD didapat tebal total perkerasan sebesar 73,40 cm.

Bimantoro (2021) dengan penelitian yang dilakukan di Yogyakarta *International Airport* yang bertujuan untuk mengetahui perbandingan tebal perkerasan dengan dua metode yaitu metode FAA dengan bantuan *software* FAARFIELD dan metode ICAO United States of America Practice sebagai perhitungan manual. Hasil dari penelitian ini didapatkan tebal perkerasan *runway* menggunakan metode ICAO (International Civil Aviation Organization) United States of America Practice adalah pada lapisan *subbase course* sebesar 49,1 cm,

base course sebesar 28,5 cm dan *surface course* sebesar 10 cm. Tebal perkerasan *taxiway* pada lapisan *subbase course* sebesar 49,5 cm, *base course* sebesar 28,5 cm dan *surface course* sebesar 10 cm. Tebal perkerasan *apron* adalah pada lapisan *subbase course* sebesar 49,5 cm, *base course* sebesar 28,5 cm dan *surface course* sebesar 10 cm.

Sari, dkk (2019) melakukan penelitian pada landas pacu Bandar Udara Husein Sastranegara yang bertujuan mengetahui perbandingan tebal perkerasan dengan metode ACN/PCN ICAO (International Civil Aviation Organization) dan metode FAA dengan bantuan *software* FAARFIELD. Hasil dari penelitian ini didapatkan total tebal perkerasan dengan metode ACN/PCN ICAO (International Civil Aviation Organization) secara grafis adalah 1041,4 mm, sedangkan secara analitis setebal 940,6 mm. Untuk metode FAA dengan bantuan *software* FAARFIELD mempunyai total tebal perkerasan 840,8 mm.

2.1.2 Analisis Tebal Lapisan Perkerasan berdasarkan Metode Mekanistik

Anis (2016) dengan penelitian yang dilakukan di Bandar Udara Kertajati-Majalengka yang mempunyai tujuan mengetahui hasil perbandingan dalam perancangan landasan bandar udara menggunakan metode empiris dan mekanistik. Perhitungan metode empiris dilakukan berdasarkan metode FAA (Federal Aviation Administration) dengan dokumen 150/5320-6D, sedangkan metode mekanistik didasarkan pada dokumen 150.5320-6E yang dibantu dengan program computer FAARFIELD (*Federal Aviation Administration Rigid and Flexible Iterative Layer Design*). Hasil dari penelitian ini adalah didapatkan tebal masing – masing lapisan menggunakan metode empiris pada *subbase course* sebesar 82,55 cm, *base course* sebesar 36,83 cm dan *surface course* sebesar 15,24 cm, sedangkan menggunakan metode mekanistik didapatkan tebal masing – masing lapisan pada *subbase course* sebesar 94,44 cm, *base course* sebesar 54,72 cm dan *surface course* sebesar 12,7 cm.

Bimantoro (2021) dengan penelitian yang dilakukan di Yogyakarta *International Airport* yang bertujuan untuk mengetahui perbandingan tebal perkerasan dengan dua metode yaitu metode FAA dengan bantuan *software* FAARFIELD dan metode ICAO United States of America Practice sebagai

perhitungan manual. Hasil dari penelitian ini didapatkan tebal perkerasan *runway* menggunakan metode FAA dengan bantuan *software* FAARFIELD pada lapisan *subbase course* sebesar 47,79 cm, *base course* sebesar 30 cm dan *surface course* sebesar 10 cm. Tebal perkerasan *taxiway* menggunakan metode FAA dengan bantuan *software* FAARFIELD pada lapisan *subbase course* sebesar 51,77 cm, *base course* sebesar 27 cm dan *surface course* sebesar 10 cm. Tebal perkerasan *apron* menggunakan metode FAA dengan bantuan *software* FAARFIELD pada lapisan *subbase course* sebesar 49,1 cm, *base course* sebesar 28,5 cm dan *surface course* sebesar 10 cm.

Purwanto dan Sunandar (2019) dengan melakukan penelitian pada Bandara Sultan Mahmud Badaruddin II Palembang menggunakan Metode FAA (Federal Aviation Administration) yang bertujuan untuk mengetahui tebal perkerasan dengan metode FAA dengan sebagai perhitungan manual. Perencanaan perkerasan dengan metode FAA dilakukan dengan memplot data kedalam grafik berdasarkan konfigurasi roda pesawat rencana untuk mendapatkan tebal total perkerasan. Hasil perhitungan didapat perkerasan runway dengan tebal *surface* 10,16 cm, *base course* 20,64 cm, dan *subbase* 47,24 cm, perkerasan *taxiway* dengan tebal *surface* 7,62 cm, *base course* 18,59 cm, dan *subbase* 42,4 cm. Dan perkerasan *apron* sebesar 76,48.

Kurniawan (2018) melakukan penelitian pada Bandar Udara Tunggul Wulung Cilacap yang bertujuan untuk mengetahui tebal perkerasan dengan metode FAA dengan sebagai perhitungan manual. Perencanaan ini menggunakan umur rencana 20 tahun dengan memperhitungkan pertumbuhan penumpang. Hasil perhitungan didapat perkerasan *runway* dan *taxiway* adalah lapisan *surface* setebal 4 inch, lapisan *base course* setebal 6 inch, dan lapisan *subbase* setebal 6 inch. Sedangkan Kebutuhan perkerasan kaku sisi udara yaitu untuk bagian *apron* adalah lapisan *surface* setebal 4 inch, *slab* beton setebal 8,2 inch dan tebal lapisan *subbase* setebal 6 inch.

Paramahamsa dan Sari (2022) melakukan penelitian pada Bandar Udara Mindiptana yang bertujuan untuk mengetahui tebal perkerasan dengan metode FAA dengan bantuan program komputer FAARFIELD. Perencanaan ini menggunakan nilai CBR *subgrade* 5% untuk perkerasan *runway* dan nilai CBR *subgrade* 6%

untuk perkerasan *taxiway*. Hasil perhitungan didapat perkerasan *runway* adalah lapisan *surface* setebal 101 inch, lapisan *base course* setebal 127 inch, dan lapisan *subbase* setebal 381,3 inch. Hasil perhitungan didapat perkerasan *taxiway* adalah lapisan *surface* setebal 101 inch, lapisan *base course* setebal 127 inch, dan lapisan *subbase* setebal 127 inch.

2.2 Perbandingan Penelitian

Adapun perbandingan antara penelitian yang dilakukan dengan penelitian – penelitian sebelumnya seperti pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Sebelumnya

No.	Penulis	Judul Penelitian	Lokasi Penelitian	Metode Analisis	Perbandingan dengan Penelitian yang dilakukan
1.	Anis (2016)	Analisis Perbandingan Metode Empiris dan Metode Mekanistik dalam Perancangan Landasan Bandar Udara (Studi Kasus Bandar Udara Kertajati-Majalengka)	Bandar Udara *International* Jawa Barat, Kertajati, Majalengka	- Analisis Metode Empiris dengan berpacu pada metode FAA dokumen 150/5320-6D - Analisis Metode Mekanistik dengan berpacu pada metode FAA dokumen 150/5320-6E dan bantuan Software FAARFIELD.	- Lokasi penelitian adalah Bandar Udara Halim Perdanakusuma - Pesawat rencana yang digunakan adalah Pesawat A320-200. - Metode mekanistik dengan bantuan program FAARFIELD versi 2.0.18
2.	Bimantoro (2021)	Perencanaan Tebal Lapis Perkerasan *Runway, Taxiway* dan *Apron* pada *Yogyakarta International Airport*	*Yogyakarta International Airport*	- Analisis Metode Mekanistik dengan mengacu pada metode FAA dokumen 150/5320-6D dan bantuan *software* FAARFIELD. - Analisis Metode Empiris dengan mengacu pada ICAO.	- Lokasi penelitian adalah Bandar Udara Halim Perdanakusuma - Pesawat rencana yang digunakan adalah Pesawat A320-200. - Metode FAA dengan bantuan program FAARFIELD versi 2.0.18
3.	Mufidah (2021)	Evaluasi Kinerja Landasan Pacu (*Runway*) pada Bandar Udara Husein Sastranegara dengan Perbandingan Metode ICAO dengan Metode FAA	Bandar Udara Husein Sastranegara, Bandung, Jawa Barat.	- Analisis Metode ICAO dengan bantuan *software* FAARFIELD. - Analisis Metode FAA dengan bantuan *software* FAARFIELD.	- Metode empiris berdasarkan FAA 150/5320-6D. - Lokasi penelitian adalah Bandar Udara Halim Perdanakusuma - Pesawat rencana yang digunakan adalah Pesawat A320-200. - Metode FAA dengan bantuan program FAARFIELD versi 2.0.18
4.	Purwanto dan Sunandar (2019)	Analisa Perencanaan *Runway*, *Taxiway*, dan *Apron* pada Bandara Sultan Mahmud Badaruddin II Palembang menggunakan Metode FAA (Federal Aviation Administration)	Bandara Sultan Mahmud Badaruddin II Palembang	- Metode FAA (Federal Aviation Administration) dengan perhitungan manual	- Lokasi penelitian adalah Bandar Udara Halim Perdanakusuma - Pesawat rencana yang digunakan adalah Pesawat A320-200. - Metode FAA dengan bantuan program FAARFIELD versi 2.0.18

Sumber : Anis (2016), Bimantoro (2021), Mufidah (2021), Purwanto dan Sunandar (2019)

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sebelumnya

No.	Penulis	Judul Penelitian	Lokasi Penelitian	Metode Analisis	Perbandingan dengan Penelitian yang dilakukan
5.	Kurniawan (2018)	Studi Desain Perencanaan Perkerasan Sisi Udara Bandar Udara Tunggul Wulung Cilacap	Bandar Udara Tunggul Wulung Cilacap	- Metode FAA (Federal Aviation Administration) dengan perhitungan manual	- Lokasi penelitian adalah Bandar Udara Halim Perdanakusuma - Pesawat rencana yang digunakan adalah Pesawat A320-200. - Metode FAA dengan bantuan program FAARFIELD versi 2.0.18
6.	Sari dkk (2019)	Analisis Perkerasan Landas Pacu Bandar Udara Husein Sastranegara	Bandar Udara Husein Sastranegara, Bandung.	- Metode ACN/PCN ICAO (International Civil Aviation Organization) Metode FAA dengan bantuan *software* FAARFIELD	- Metode empiris berdasarkan FAA 150/5320-6D. - Lokasi penelitian adalah Bandar Udara Halim Perdanakusuma - Pesawat rencana yang digunakan adalah Pesawat A320-200. - Metode FAA dengan bantuan program FAARFIELD versi 2.0.18
7.	Paramahamsa & Sari (2022)	Studi Perencanaan Perkerasan *Runway* dan *Taxiway* dengan Metode Federal Aviation Administration	Bandar Udara Mindiptana	- Metode Federal Aviation Administration	- Lokasi penelitian adalah Bandar Udara Halim Perdanakusuma - Pesawat rencana yang digunakan adalah Pesawat A320-200. - Metode FAA dengan bantuan program FAARFIELD versi 2.0.18

Sumber : Kurniawan (2018), Sari dkk (2019), Paramahamsa & Sari (2022)

2.3 Keaslian Penelitian

Berdasarkan uraian pada Tabel 2.1, penelitian mengenai tebal perkerasan menggunakan metode empiris dan mekanistik berdasarkan *Federal Aviation Administration* (FAA) sudah sering dilakukan, akan tetapi penggunaan *Advisory Circular* 150/5320-6G dan program FAARFIELD versi 2.0.18 jarang dilakukan.

Adapun detail bukti penelitian yang akan dilakukan merupakan karya asli dan bukan bentuk karya plagiasi adalah sebagai berikut.

1. Data yang digunakan merupakan data yang diperoleh dari PT. Wijaya Karya melalui proyek revitalisasi Bandara Udara Halim Perdanakusuma.
2. Analisis tebal perkerasan dilakukan dengan menggunakan grafik – grafik berdasarkan *Advisory Circular* 150/5320-6D dan program computer FAARFIELD.
3. Perbedaan penelitian yang dilakukan dengan penelitian – penelitian sebelumnya adalah lokasi penelitian berada di Bandar Udara Halim Perdanakusuma, pesawat rencana yang dipilih memiliki tipe pesawat A320-200, dan program komputer FAARFIELD versi 2.0.18.

Berdasarkan detail bukti diatas maka dapat dikatakan bahwa penelitian yang dilakukan dapat dipertanggungjawabkan keasliannya.

BAB III
LANDASAN TEORI

3.1 Metode Empiris

Menurut Swantara (2015) metode empiris adalah metode yang hasilnya didasarkan pada pengalaman seperti penemuan, percobaan, dan sekaligus pengamatan yang telah dilakukan. Metode empiris menggunakan indera dalam melakukan pengumpulan data, sehingga pengalaman tersebut seringkali tanpa memperhatikan sistem atau teori.

Metode empiris sering digunakan dalam merencanakan tebal suatu perkerasan. Pada perencanaan tebal perkerasan menggunakan metode empiris didasarkan pada beban yang bekerja dan daya dukung tanah dasar.

Pada perencanaan tebal perkerasan bandar udara dengan menggunakan metode empiris mendasarkan hubungan antara jenis pesawat rencana dengan daya dukung tanah dasar. Hubungan tersebut diimplementasikan dalam grafik FAA (Federal Aviation Administration) *Advisory Circular* 150/5320-6D yang masih memberlakukan metode empiris dalam perhitungannya.

3.2 Metode Mekanistik

Menurut Widiastuti (2018) metode mekanistik adalah metode yang hasilnya didasarkan pada prosedur, sistem atau teori yang dijadikan panduan dalam prosesnya. Metode mekanistik ini seringkali lebih rumit penegerjaannya dibanding metode empiris dikarenakan harus memperhatikan prosedur, sistem atau teori yang ada.

Menurut Huang (2004) metode mekanistik menggambarkan perkerasan jalan menjadi suatu struktur, sehingga sehingga mempunyai sistem berlapis yaitu *multi-layered system.* Berikut merupakan beberapa asumsi respon struktur pada *multi-layered system.*

1. Tiap lapis perkerasan memiliki sifat homogen dan isotropik

2. Bobot memiliki batas pada suatu bahan perkerasan sedangkan, ketebalan dan lebar dari tiap lapisan tidak memiliki batas.
3. Tekanan seragam diterapkan pada lpis permukaan yang terdampak luasan beban.

Selain itu, Huang (2004) menyatakan ada beberapa karakteristik material yaitu *viscoelastis layer* dan *linier elastis layer. Viscoelastis layer* adalah perilaku aspal yang dipengaruhi oleh temperature dan waktu pembebanan, sedangkan pemodelan *linier elastis layer* dapat menghitung tegangan, regangan dan defleksi yang disebabkan oleh beban yang bekerja

3.3 Bandar Udara

Definisi Bandar udara atau sering disingkat bandara menurut Putranto (2011) merupakan sebuah infrastruktur yang berfungsi untuk menunjang lalu lintas transportasi udara. Suatu bandara minimal mempunyai sebuah landas pacu atau *helipad* (tempat mendaratnya helikopter), sedangkan untuk bandara – bandara besar umunya mempunyai fasilitas penunjang lainnya seperti terminal, hangar pesawat, tempat pemadam kebakaran dan sebagainya.

Bandara memiliki dua bagian utama yaitu sisi udara (*airside*) dan sisi darat (*landside*). Sisi udara (*airside*) adalah bagian – bagian yang menunjang operasional pesawat seperti landas pacu (*runway*), landas hubung (*taxiway*), landas parkir (*apron*) dan tempat penunjang penunjang operasional pesawat lainnya. Sedangkan sisi darat (*landside*) adalah bagian – bagian yang tidak langsung berhubungan dengan kegiatan operasional pesawat seperti bangunan terminal, tempat parkir kendaraan serta area akses penunjang operasional bandara.

3.3.1 Tipe Bandara

Pada umumnya bandara diklasifikasikan dalam beberapa tipe yang disesuaikan dengan kebutuhannya, antara lain :

1. Berdasarkan fisiknya, bandara dapat diklasifikasikan menjadi bandara konvensional, *seaplane base*, dan *stol port* (jarak *take off* dan *landing* yang pendek).

2. Berdasarkan hak miliknya, bandara dapat diklasifikasikan menjadi bandara milik pemerintah untuk penggunaan umum atau militer, dan bandara swasta yang dikelola oleh pribadi/perusahaan untuk keperluan pribadi/perusahaan.
3. Berdasarkan aktivitas rutinnya, bandara dapat diklasifikasikan menurut jenis pesawat yang dapat beroperasi serta menurut karakteristik operasinya.

3.3.2 Fungsi Bandara

Bandara merupakan infrastuktur penting, dimana aksesibilitas transportasi udara yang lebih unggul dibanding transpotasi lainnya dari segi waktu. Sehingga bandara memiliki beberapa fungsi, antara lain:

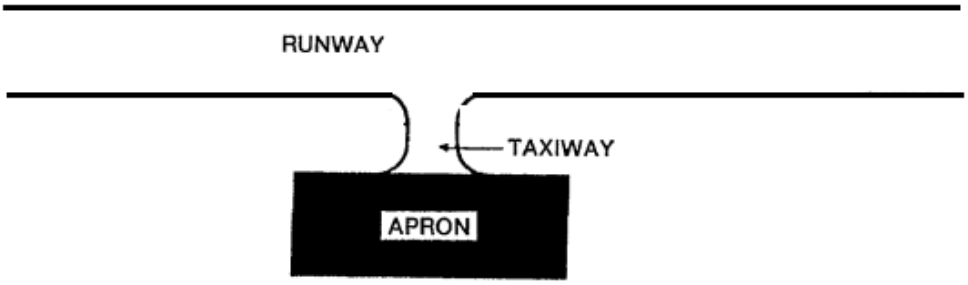
1. Tempat penyelenggaraan pemerintahan, unit – unit pemerintahan yang bekerja di bandara umumnya meliputi dinas perhubungan, keimigrasian, kepabeanan dan kekarantinaan.
2. Tempat penyelenggaraan ekonomi, usaha – usaha yang umumnya ada di bandara diantaranya bidang transportasi penunjang, bidang pangan, bidang pariwisata dan sebagainya.

3.3.3 Sisi Udara Bandara

Sisi udara bandara merupakan bagian vital dalam sebuah operasional bandara. Bagian – bagian utama pada sisi udara bandara, antara lain :

1. Landas pacu (*runway*) merupakan tempat mendarat dan lepas landasnya pesawat. Bagian ini memiliki karakteristik seperti bahu landasan, *strip* landasan, *blast pad, clear way, stopway* dan *runway end safety area*.
2. Landas hubung (*taxiway*) merupakan bagian yang menghubungkan antara landas pacu (*runway*) dengan landas parkir (*apron*).
3. Landas parkir (*apron*) merupakan tempat parkirnya pesawat, mengisi bahan bakar pesawat, pemeliharaan pesawat serta memuat dan menurunkan penumpang.

Bagian – bagian tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Bagian – Bagian Sisi Udara Bandara

Sumber : International Civil Aviation Organization (1983)

3.3.4 Sisi Darat Bandara

Sisi darat bandara merupakan bagian yang tidak berhubungan langsung dengan operasional pesawat. Berikut adalah bagian – bagian sisi darat bandara.

1. Terminal merupakan tempat yang berfungsi sebagai operasional dari pada penumpang seperti, pembelian tiket, pemeriksaan hingga ruang tunggu penumpang.
2. *Crub* merupakan tempat naik - turunnya penumpang dari kendaraan untuk menuju atau meninggalkan terminal.
3. Tempat parkir kendaraan merupakan tempat untuk memarkirkannya kendaraan para penumpang atau petugas operasional bandara

3.4 Karakteristik Pesawat Terbang

Karakteristik pesawat dapat dibagi menjadi beberapa bagian yaitu berdasarkan dimensinya, komponen beban dan konfigurasi rodanya. Hal – hal tersebut penting dalam perencanaan pesawat.

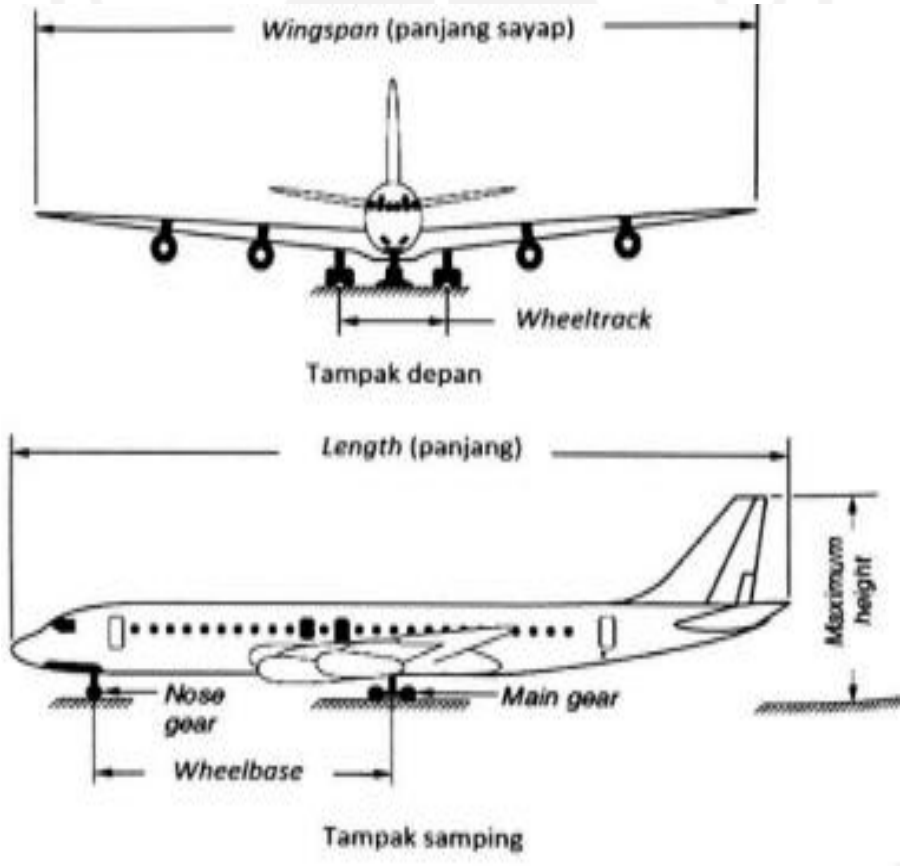
3.4.1 Berdasarkan Dimensi

Dimensi pesawat terbang perlu diketahui, karena dapat mempengaruhi geometrik sebuah bandara. Adapun beberapa istilah menurut Horonjeff (2010) mengenai dimensi pesawat terbang adalah sebagai berikut.

1. *Length* (panjang) merupakan jarak dari ujung depan hingga ujung belakang pesawat.

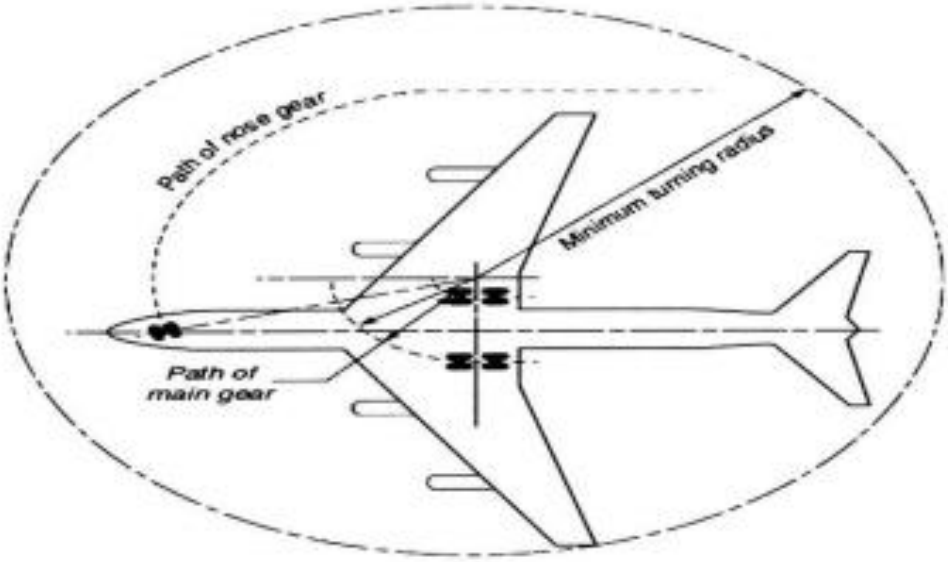
2. *Wingspan* (panjang sayap) merupakan jarak antara kedua ujung sayap utama pesawat.
3. *Maximum height* (tinggi maksimum) merupakan jarak antara lantai dasar (*ground*) hingga puncak bagian ekor pesawat.
4. *Wheel base* merupakan jarak antara roda pendaratan utama pesawat dengan roda depan pesawat.
5. *Wheel track* merupakan jarak antara as roda terluar dari *main landing gear* pesawat. *Wheel track* dan *wheel base* berfungsi untuk mengetahui radius putar minimum (*turning radius*).

   Adapun istilah – istilah diatas dapat dilihat pada Gambar 3.2. dan Gambar 3.3.



Gambar 3. 2 Dimensi Pesawat

Sumber : Horonjeff (2010)



Gambar 3. 3 Turning Radius

Sumber : Horonjeff (2010)

3.4.2 Berdasarkan Komponen Beban

Beban pesawat diperlukan dalam menganalisis desain tebal perkerasan, hal ini sebagai salah satu parameter *input design* yang akan menentukan tebal tiap lapisan perkerasan. Dharma (2005) menyatakan beberapa macam beban pesawat sebagai berikut.

a. Berat Kosong Operasi atau *Operating Weight Empty* (OWM) adalah beban pesawat yang memperhitungkan konfigurasi roda pesawat dan awak pesawat, tetapi tidak memperhitungkan muatan (*payload*) dan bahan bakar.
b. Muatan (*Payload*) adalah beban pesawaat yang hanya memperhitungkan beban yang dapat diangkut pesawat sesuai dengan persyaratan angkut pesawat.
c. Berat Bahan Bakar Kosong atau *Zero Fuel Weight* (ZFW) adalah beban yang hanya memperhitungkan beban dari bahan bakar yang ditampung oleh pesawat.
d. Berat Lereng Maksimum atau *Maximum Ramp Weight* (MRW) adalah beban pesawat saat melakukan pergerakan dari *apron* ke *runway*. Beban

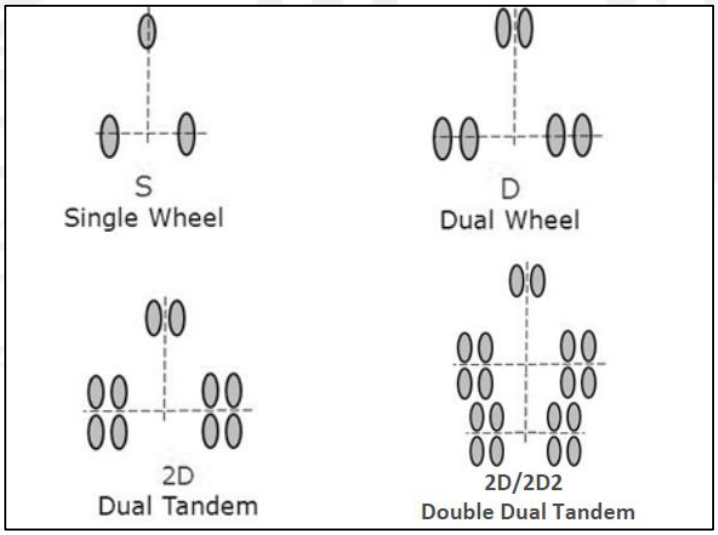
ini memperhitungkan konfigurasi roda pesawat, awak pesawat, muatan (*payload*) dan bahan bakar.

e. Berat Maksimum Lepas Landas atau *Maximum Take Off Weight* (MTOW) adalah beban pesawat saat melakukan lepas landas. Beban ini memperhitungkan konfigurasi roda pesawat, awak pesawat, muatan (*payload*) dan bahan bakar, tapi tidak memperhitungkan beban bahan bakar pada saat melakukan pergerakan dari *apron* ke *runway.*

f. Berat Maksimum Pendaratan atau *Maximum Landing Weight* (MLW) adalah beban pesawat yang dihitung pada saat roda pesawat mendarat menyentuh landasan.

3.4.3 Berdasarkan Konfigurasi Roda

Konfigurasi roda pesawat berfungsi untuk mengetahui tebal perkerasan yang diperlukan serta respon dari perkerasan itu sendiri terhadap pesawat. Konfigurasi roda pesawat terdiri dari jumlah roda pada masing- masing kaki, jumlah kaki roda, jarak antar kaki roda, dan jarak antar roda. Berikut macam – macam konfigurasi roda pesawat seperti pada Gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Konfigurasi Sumbu Roda Pesawat

Sumber : International Civil Aviation Organization (1983)

Pada suatu landas pacu bandara tentunya digunakan oleh berbagai tipe pesawat beserta konfigurasi roda pesawat. Hal itu mengakibatkan perlunya faktor konversi pada konfigurasi roda pesawat agar menjadi satu jenis konfigurasi. Berikut merupakan daftar faktor konversi seperti pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Faktor Konfigurasi Roda Pesawat

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

Sumber : International Civil Aviation Organization (1983)

3.5 Lapisan Perkerasan

Perkerasan adalah struktur yang terdiri dari beberapa lapisan dengan kekerasan dan daya dukung berlainan (Basuki, 1985). Perkerasan juga berfungsi untuk tumpuan roda -roda pesawat, kenyamanan pesawat akan dipengaruhi oleh permukaan yang rata, maka dari itu perlunya kepastian akan tiap lapisan cukup kekerasan dan ketebalannya agar tidak mengalami *distress* (perubahan lapisan karena tidak mampu menahan beban).

Pada umumnya, perkerasan terdiri dari 2 jenis, yaitu perkerasan lentur (*flexible pavement*) dan perkerasan kaku (*rigid pavement*). Perkerasan lentur adalah pekerasan yang bahan pengikat antar agregat kasar dan halusnya adalah aspal, sedangkan perkerasan kaku adalah perkerasan yang bahan baku nya berupa beton dan diikat oleh tulangan.

Adapun beberapa jenis lapisan perkerasan sebagai berikut.

1. Lapisan permukaan (*surface course*) merupakan lapisan yang bersentuhan langsung dengan beban yang bekerja diatasnya serta menyalurkan ke lapisan dibawahnya.
2. Lapisan pondasi atas (*base course*) merupakan lapisan yang berada dibawah lapisan permukaan (*surface course*) berfungsi sebagai bantalan lapisan permukaan dan menahan gaya lintang dari beban yang bekerja.
3. Lapisan pondasi bawah (*subbase course*) merupakan lapisan yang terletak diatas lapisan tanah dasar dan dibawah lapisan pondasi atas (*base course*) berfungsi sebagai lapisan yang menyebarkan beban ke lapisan tanah dasar (*subgrade*) dan meresap air tanah sehingga tidak terkumpul pada lapisan pondasi.
4. Lapisan tanah dasar (*subgrade*) merupakan lapisan yang berupa tanah asli yang dipadatkan berfungsi sebagai lapisan yang menopang terhadap perubahan bentuk (deformasi) akibat beban yang bekerja.

3.6 Umur Rencana

Umur rencana adalah salah satu parameter *input design* yang berfungsi menentukan jangka waktu untuk perencanaan tebal perkerasan. Umur rencana struktur mengindikasikan kinerja perkerasan terhadap beban yang bekerja.

Umur rencana ditentukan berdasarkan ketetapan peraturan sebuah organisasi terkait. Berdasarkan Federal Adviation Administration (2021) umur rencana minimal pada tebal perkerasan baru adalah 20 tahun.

3.7 Material dalam Desain Perkerasan

Berikut merupakan bahan – bahan yang digunakan untuk desain tebal lapis perkerasan pada program FAARFIELD berdasarkan AC (*Advisory Circular*) 150/5320-6G.

1. Lapisan *Surface*

Lapisan *surface* adalah lapisan yang terletak diatas lapisan *base* dan bersentuhan langsung dengan beban yang bekerja pada suatu perkerasan. Material

pada program komputer 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 *Plant Mix Bituminous Pavements* adalah material yang terdiri dari agregat dan aspal yang dicampur pada *Asphalt Mix Plant* (AMP). Adapun gradasi item P-401 dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3. 2 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
3/8 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	26 – 48
No.30 (0,6 mm)	15 - 35	18 – 38	18 – 38
No.50 (0,3 mm)	9 – 25	11 – 27	11 – 27
No.100 (0,15 mm)	6 – 18	6 – 18	6 – 18
No. 200 (75 µm)	3 - 6	3 - 6	3 - 6
Rekomendasi Tebal	3 inch	2 inch	1½ inch

Sumber : Federal Aviation Administration (2021)

Item P-501 PCC (*Portland Cement Concrete Pavement*) untuk perkerasan kaku memerlukan tiga ukuran agregat untuk mencapai optimal kombinasi gradasi menghasilkan campuran beton yang dapat dikerjakan untuk tujuan penggunaannya. Gunakan agregat gradasi yang menghasilkan campuran beton dengan kombinasi agregat bergradasi baik atau optimal.

2. *Base*

Lapisan *base* adalah lapisan yang terletak diantara lapisan *surface* dan lapisan *subbase.* Material pada program FAARFIELD yang digunakan adalah sebagai berikut. Item P-208 *Aggregate Base Course* adalah bahan dasar agregat terdiri dari agregat halus dan kasar. Material ini diletakkan diatas lapisan *subbase*. Material ini dapat digunakan ketika beban pesawat yang beroperasi <60.000 lbs. Berikut adalah gradasi untuk item P-208 dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3. 3 Gradasi Item P-208

Ukuran Saringan	Persentase Berat Lolos Saringan		
	Gradasi 1	Gradasi 2	Gradasi 3
2 inch (50 mm)	100	-	-
1 ½ inch (37,5 mm)	70 – 100	100	-
1 inch (25 mm)	55 – 85	70 – 100	100
¾ inch (19 mm)	50 - 80	55 – 85	70 – 100
No.4 (4,75 mm)	30 – 60	30 – 60	35 – 65
No. 40 (425 µm)	10 - 30	10 - 30	10 – 25
No. 200 (75 µm)	5 - 15	5 - 15	5 - 15

Sumber : Federal Aviation Administration (2021)

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 3.4 berikut.

Tabel 3. 4 Gradasi Item P-209

Ukuran Saringan	Persentase Berat Lolos Saringan
2 inch (50 mm)	100
1 ½ inch (37,5 mm)	95 – 100
1 inch (25 mm)	70 – 95
¾ inch (19 mm)	55 - 85
No.4 (4,75 mm)	30 – 60
No. 40 (425 µm)	10 - 30
No. 200 (75 µm)	0 - 10

Sumber : Federal Aviation Administration (2021)

Item P-211 *Lime Rock Base Course* adalah material yang terdiri batuan kapur. Material ini tidak boleh mengandung pecahan kasar yang akan menyebabkan permukaan kasar dan berongga. Adapun gradasi item P-211 dapat dilihat pada Tabel 3.5 berikut.

Tabel 3. 5 Gradasi Item P-211

Ukuran Saringan	Persentase Berat Lolos Saringan
3 ½ inch (87,5 mm)	100
¾ inch (19 mm)	50 – 100

Sumber : Federal Aviation Administration (2021)

Item P-219 *Recycled Concrete Aggregate Base Course* adalah agregat beton daur ulang yang terdiri dari beton semen. Beton daur ulangbahan harus bebas dari baja tulangan dan bahan pemuaian. Hamparan aspal dan lempengan penuh apa pun panel aspal harus dilepas dari permukaan beton sebelum dipindahkan dan dihancurkan. Adapun gradasi item P-211 dapat dilihat pada Tabel 3.6 berikut.

Tabel 3. 6 Gradasi Item P-219

Ukuran Saringan	Persentase Berat Lolos Saringan
2 inch (50 mm)	100
1 ½ inch (37,5 mm)	95 – 100
1 inch (25 mm)	70 – 95
¾ inch (19 mm)	55 - 85
No.4 (4,75 mm)	30 – 60
No. 40 (425 µm)	12 - 30
No. 200 (75 µm)	0 - 10

Sumber : Federal Aviation Administration (2021)

Item P-304 *Cement Treated Base Course* adalah material yang terdiri dari agregat alam dan semen, dicampur secara merata dengan air. Material ini dapat digunakan sebagai lapisan stabilitas, namun rentan terhadap retakan. Adapun gradasi item P-211 dapat dilihat pada Tabel 3.7 berikut.

Tabel 3. 7 Gradasi Item P-304

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

Sumber : Federal Aviation Administration (2021)

3. *Subbase*

Lapisan *subbase* adalah lapisan yang terletak paling bawah dan berfungsi untuk menyalurkan beban yang diterima ke tanah dasar (*subgrade*). Material pada program FAARFIELD yang digunakan adalah sebagai berikut.Item P-154 *Subbase Course* adalah material yang terbuat dari agregat yang keras dan tahan lama. Adapun gradasi item P-154 dapat dilihat pada Tabel 3.8 berikut.

Tabel 3. 8 Gradasi Item P-154

Ukuran Saringan	Persentase Berat Lolos Saringan
3 inch (75 mm)	100
1 ½ inch (37,5 mm)	
¾ inch (19 mm)	70 – 100
No. 10 (2 mm)	20 – 100
No. 40 (425 µm)	15 – 60
No. 200 (75 µm)	0 – 15

Sumber : Federal Aviation Administration (2021)

3.8 Tebal Lapisan Perkerasan Minimum pada Perkerasan Lentur

Berdasarkan AC (*Advisory* Circular) 150/5320-6G terdapat tebal lapis perkerasan minimum yang dapat dilihat pada Tabel 3.9. Berikut merupakan material yang digunakan dalam perkerasan lentur.

Tabel 3. 9 Tebal Minimum pada Perkerasan Lentur

Jenis Lapisan	Bahan Spesifikasi FAA	Berat Maksimal pada Lapisan Perkerasan lbs (kg)		
		<12.500 (5.670)	<100.000 (45.360)	≥100.000 (45.360)
HMA *Surface*	P-401/P-403	3 in (75 mm)	4 in (100 mm)	4 in (100 mm)
Stabilized Base	P-401 atau P-403; P- 304; P-306	Tidak dibutuhkan	Tidak dibutuhkan	5 in (125 mm)
Crushed Aggregate Base	P-209, P-211	Tidak dibutuhkan	6 in (150 mm)	6 in (150 mm)
Aggregate Base	P-207, P-208, P-210, P212, P-213, P219	3 in (75 mm)	n/a	n/a
Drainable Base (When Used)	P-3017, P-407	Tidak dibutuhkan	6 in (150 mm)	6 in (150 mm)
Subbase	P-154	6 in (150 mm) (jika dibutuhkan)	6 in (150 mm) (jika dibutuhkan)	6 in (150 mm) (jika dibutuhkan)

Sumber : Federal Aviation Administration (2021)

3.9 Desain Tebal Lapis Perkerasan berdasarkan Metode Empiris

Ada beberapa metode untuk menentukan tebal lapis pekerasan, salah satunya adalah metode empiris berdasarkan FAA *Advisory Circular* 150/5320-6D. Metode ini dapat mengevaluasi kinerja perkerasan berdasarkan tipe serta beban pesawatnya. Dalam melakukan desain tebal lapis perkerasan berdasarkan FAA *Advisory Circular* 150/5320-6D terdapat beberapa hal yang perlu diketahui yakni.

1. Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah adalah ketahanan tanah akibat beban yang bekerja diatasnya. Dalam perencanaan perkerasan lentur menggunakan nilai *California Bearing Ratio* (CBR) sebagai parameternya. Berikut kategori tanah dasar seperti yang ditunjukan pada Tabel 3.10.

Tabel 3. 10 Kategori Tanah Dasar berdasarkan ICAO DMG-27

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

Sumber : International Civil Aviation Organization (1983)

2. Lalu Lintas Pesawat Campuran

Suatu landas pacu bandara seringkali menggunakan satu jenis pesawat untuk merancangnya. Hal itu berbanding terbalik dengan fakta dilapangan, dimana lalu lintas pada suatu landas pacu bandara digunakan oleh berbagai tipe pesawat dan *annual departures* yang berbeda - beda. Oleh karena itu perlu adanya nilai konversi *annual departures* untuk mendapatkan *annual departures* campuran. Berikut rumus untuk mendapakan *annual departures* campuran dapat dilihat pada Persamaan 3.1.

$$\text{Log R1} = (\text{Log R2}) \left(\frac{W2}{W1}\right)^{0,5} \tag{3.1}$$

dengan:

R1 = *equivalent annual departure* pesawat rencana,

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

W1 = beban roda pesawat rencana, dan

W2 = beban roda pesawat yang ditanyakan.

3. Proyeksi Pergerakan Pesawat

Proyeksi pergerakan pesawat diperlukan untuk mengetahui data lalu lintas pesawat pada saat umur rencana. Proyeksi ini dihitung berdasarkan data *annual departures,* data *annual growth,* dan data umur rencana. Adapun persamaan untuk menghitung proyeksi data pergerakan pesawat dapat dilihat pada Persamaan 3.2 berikut.

$$Pn = Po\ (1 + i)^n \tag{3.2}$$

dengan:

Pn = nilai pergerakan pesawat saat tahun umur rencana,

Po = nilai pergerakan pesawat saat tahun perencanaan,

i = pertumbuhan pesawat, dan

n = umur rencana.

4. Interpolasi Tebal Perkerasan

Annual departures yang digunakan dalam grafik – grafik dibatasi dengan nilai maksimum 25.000, maka *annual departures* campuran memerlukan interpolasi berdasarkan Tabel 3.11 dan Persamaan 3.3 berikut.

Tabel 3. 11 Konversi Tebal *Annual Departures*

Annual Departures	Konversi Tebal
50000	104%
100000	108%
150000	110%
200000	112%

Sumber : International Civil Aviation Organization (1983)

$$\text{Konversi tebal} = y_1 + \left(\frac{x - x1}{x2 - x1}\right) \text{ x } (y_2 - y_1) \quad (3.3)$$

dengan :

x = *annual departures* campuran,

x_1 = rentang *annual departures* sebelumnya,

x_2 = rentang *annual departures* setelahnya,

y_1 = rentang konversi tebal sebelumnya, dan

y_2 = rentang konversi tebal setelahnya.

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

Nilai k adalah konstanta pada material untuk mendukung perkerasan kaku dan indikasi nilai bantalan pada material pendukung. Berikut rumus untuk mendapatkan nilai k dapat dilihat pada Persamaan 3.4.

$$k = \left(\frac{1500\ x\ CBR}{26}\right)^{0,7788} \quad (3.4)$$

dengan :

k = *modulus of soil reaction,* dan

CBR = nilai *california bearing ratio.*

6. Nilai Modulus Elastisitas (E)

Nilai modulus elastisitas adalah nilai yang digunakan untuk mengukur obyek atau ketahanan bahan untuk mengalami deformasi elastis ketika gaya diterapkan pada benda itu. Berikut rumus untuk mendapatkan nilai E dapat dilihat pada Persamaan 3.5.

$$E = 26 \text{ x } k^{1,284} \quad (3.5)$$

dengan :

k = *modulus of soil reaction,* dan

E = modulus elastisitas.

7. Nilai *Flexural Strength* (fs)

Nilai *flexural strength* adalah nilai mutu beton yang dinyatakan dengan kuat tarik lenturnya beton. Nilai ini digunakan untuk menghitung desain tebal perkerasan kaku. Berikut rumus untuk mendapatkan nilai fs dapat dilihat pada Persamaan 3.6.

$$Fs = 9 \times f'c^{0,5} \quad (3.6)$$

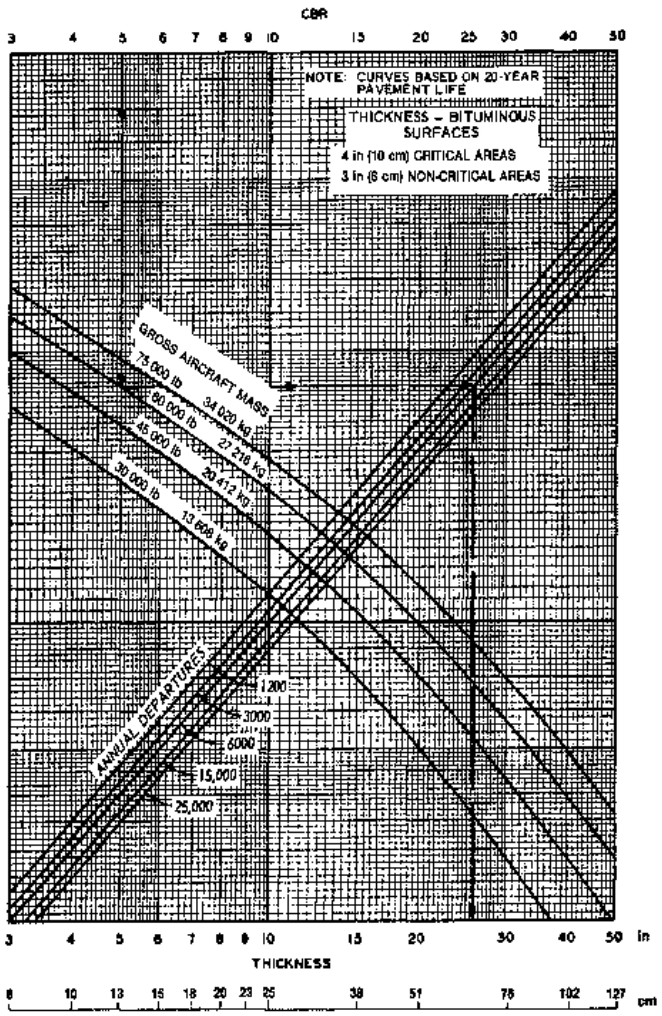
dengan :

fs = nilai kuat lentur beton, dan

E = nilai kuat tekan beton

8. Menentukan Tebal Pekerasan Lentur

Metode empiris berdasarkan FAA *Advisory Circular* 150/5320-6D memiliki beberapa parameter – parameter *input design* yaitu daya dukung tanah, lalu lintas pesawat campuran, proyeksi pergerakan pesawat dan umur rencana. Berdasarkan grafik – grafik FAA *Advisory Circular* 150/5320-6D, ketebalan sebuah lapis perkerasan dapat ditentukan. Berat total yang ditumpu oleh dua roda pendaratan utama sebesar 95%, sehingga grafik tersebut dibuat untuk perhitungan berat kotor pesawat. Tebal suatu lapis perkerasan ditentukan oleh efek beban suatu pesawat yang paling besar atau biasa disebut pesawat rencana, akan tetapi pesawat rencana tidak harus pesawat yang terberat, melainkan pesawat yang banyak melakukan aktivitas lepas landas dan pendaratan. Berikut salah satu contoh grafik desain tebal lapis perkerasan lentur yang dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3. 5 Grafik Desain Tebal Lapis Perkerasan Lentur untuk *Single Wheel Gear*

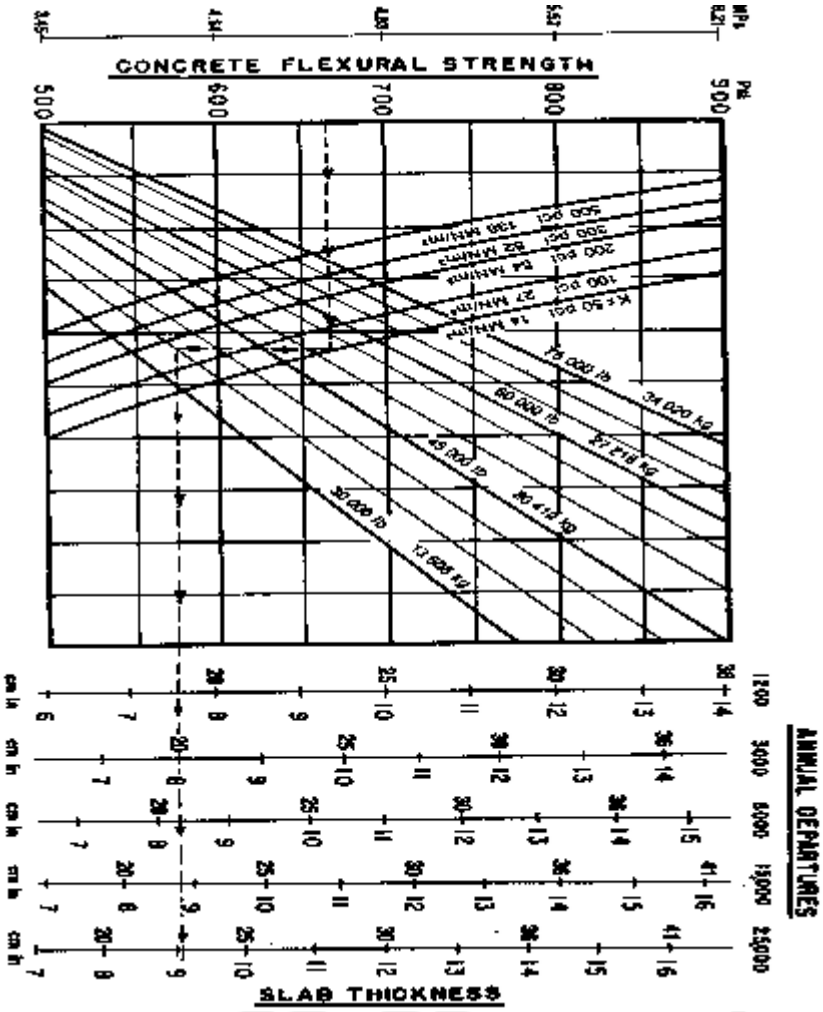
Sumber : International Civil Aviation Organization (1983)

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

9. Menentukan Tebal Pekerasan Kaku

Sama halnya dengan menentukan tebal lapis pada perkerasan lentur, tebal lapis perkerasan kaku juga didasarkan pada grafik – grafik ICAO. Berikut salah

satu contoh grafik desain tebal lapis perkerasan kaku yang dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3. 6 Grafik Desain Tebal Lapis Perkerasan Kaku untuk *Single Wheel Gear*

Sumber : International Civil Aviation Organization (1983)

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

10. Pemilihan Material

Ketebalan yang dihasilkan pada metode empiris berdasarkan FAA *Advisory Circular* 150/5320-6D harus dikonversi terlebih dahulu, guna untuk

menentukan material yang akan digunakan. Adapun nilai konversi untuk material pada metode empiris berdasarkan FAA *Advisory Circular* 150/5320-6D dapat dilihat pada Tabel 3.12 dan Tabel 3.13 berikut.

Tabel 3. 12 Nilai Konversi Material pada Lapisan *Subbase*

Material	Nilai Konversi
P-301 *Soil Cement Base Course*	1,5 – 2,0
P-304 *Cement Treated Base Course*	1,6 – 2,3
P-401 *Plant Mix Bituminous Pavements*	1,7 – 2,3
P-209 *Crushed Aggregate*	1,4 – 2,0
P – 154 *Uncrushed Aggregate/Gravel Subbase*	1,0

Sumber : International Civil Aviation Organization (1983)

Tabel 3. 13 Nilai Konversi Material pada Lapisan *Base*

Material	Nilai Konversi
P-301 *Soil Cement Base Course*	1,5 – 2,0
P-304 *Cement Treated Base Course*	1,2 – 1,6
P-401 *Plant Mix Bituminous Pavements*	1,2 – 1,6
P-209 *Crushed Aggregate*	1,0
P – 154 *Uncrushed Aggregate/Gravel Subbase*	n/a

Sumber : International Civil Aviation Organization (1983)

3.10 Desain Tebal Lapis Perkerasan berdasarkan Metode Mekanistik

FAA atau *Federal Aviation Administration* adalah organisasi penerbangan yang mengatur dan menerapkan standar – standar penerbangan dalam lingkup wilayah Amerika Serikat. Adapun fungsi – fungsi dalam menerapakan standar penerbangan di Amerikat Serikat yaitu mengatur geometri dari navigasi udara, standar inpeksi penerbangan, mengatur administrasi pilot, mangatur transportasi udara serta mengembangkan sistem pemanduan lalu lintas udara. Sistem pemanduan lalu lintas udara tidak luput dari sistem di bandara, dimana fasilitas – fasilitas penunjang tranportasi udara seperti landas pacu, penghubung landas pacu dan landas parkir harus diatur baik dalam perencanaan dan pengoperasiannya. Dalam hal ini FAA mengeluarkan *Advisory Circular* atau suatu standar untuk

mengatur mengenai perencanaan dan pengoperasian penerbangan di wilayah Amerika Serikat.

FAARFIELD adalah *software* yang umumnya digunakan untuk mendesain suatu tebal lapis perkerasan. *Software* ini dikembangkan oleh Federal Aviation Administration (FAA) sejak tahun 1940 hingga sekarang. Versi program yang digunakan adalah FAARFIELD versi 2.0.18. Standar yang digunakan pada *software* ini yaitu dokumen Federal Aviation Administration (FAA) AC (*Advisory Circular*) 150/5320-6G. Selain itu, program FAARFIELD didasarkan pada nilai *cumulative damage factor* (CDF). *Cumulative damage factor* (CDF) adalah jumlah distribusi kerusakan yang terjadi diakibatkan oleh setiap pesawat pada lalu lintas campuran. Jika desain mendapatkan nilai CDF = 1, maka desain dianggap sudah memuaskan oleh FAARFIELD. Adapun rumus dari nilai CDF dapat dilihat pada Persamaan 3.7 dan 3.8.

$$\text{CDF} = \frac{Jumlah\ pengulangan\ beban\ yang\ diterapkan}{jumlah\ pengulangan\ yang\ diperbolehkan} \tag{3.7}$$

atau

$$\text{CDF} = \frac{(Annual\ departures)\ \text{x}\ (Umur\ rencana)}{\left(\frac{Pass}{Coverage\ ratio}\right)\ \text{x}\ (Coverage\ to\ failure)} \tag{3.8}$$

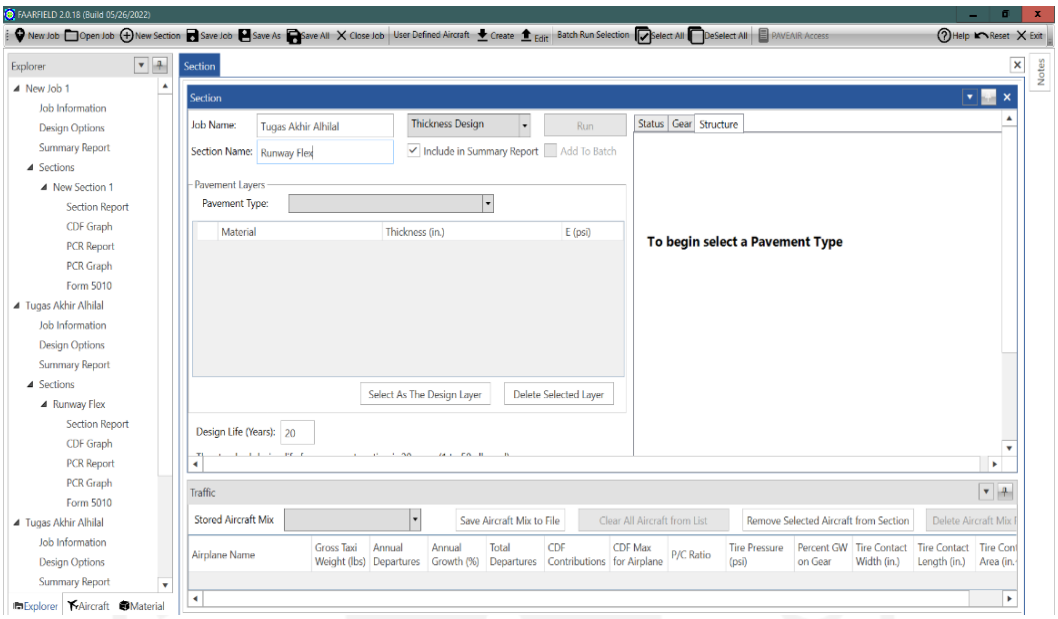
dengan:

$annual\ departures$ = total keberangkatan tahunan,
pass = lintasan,
coverage ratio = rasio cakupan, dan
coverage to failure = cakupan kerusakan.

Nilai CDF ini diperoleh sebagai parameter tebal lapis perkerasan tersebut diterima. Berikut merupakan langkah – langkah penggunaan FAARFIELD.

1. Membuat *New Job*

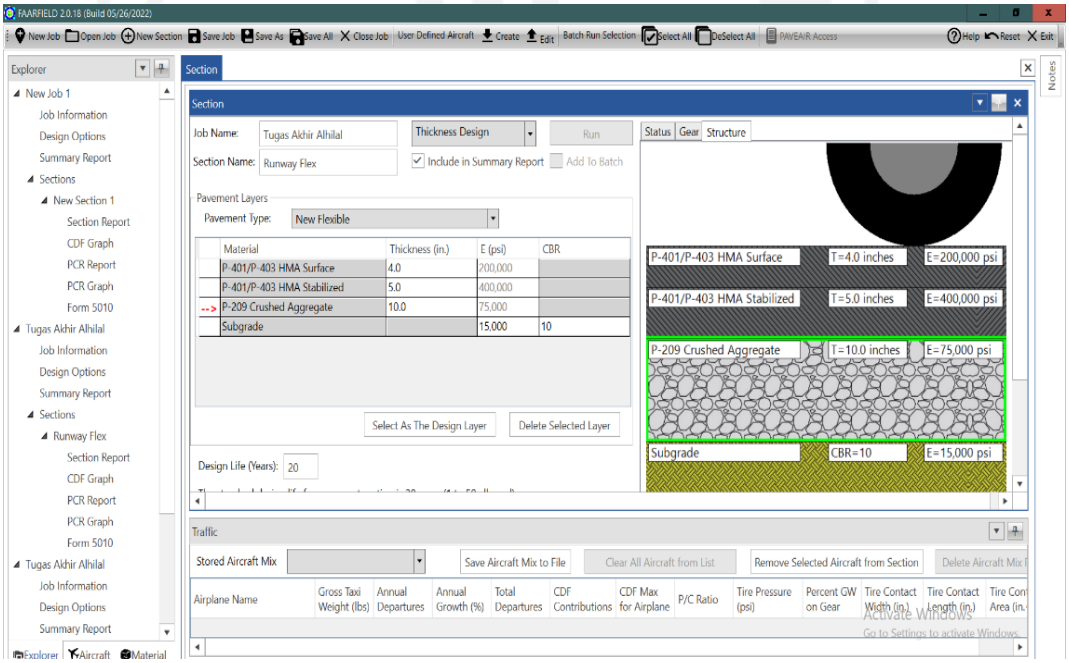
Pertama – tama harus membuat pekerjaan baru di program FAARFIELD dengan cara menekan tombol "*New Job*" dan memberi nama pada "*Job Name"* serta "*Section Name*" seperti pada Gambar 3.7 berikut.



Gambar 3. 7 Membuat *New Job*

2. Memilih Struktur Perkerasan

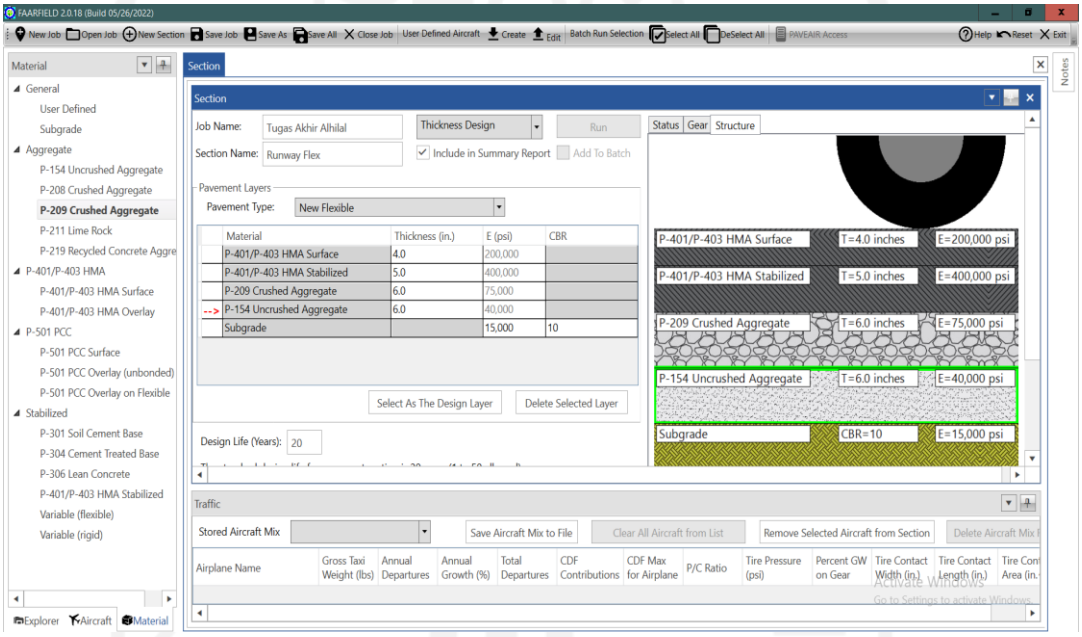
Selanjutnya menentukan struktur perkerasan yang akan dipakai diantaranya perkerasan lentur atau perkerasan kaku dengan cara mengubah *toolbox "pavement property"*. Secara otomatis akan keluar tebal masing – masing lapisan dari program FAARFIELD seperti pada Gambar 3.8 berikut.



Gambar 3. 8 Memilih Struktur Perkerasan

3. Memodifikasi Lapis Perkerasan

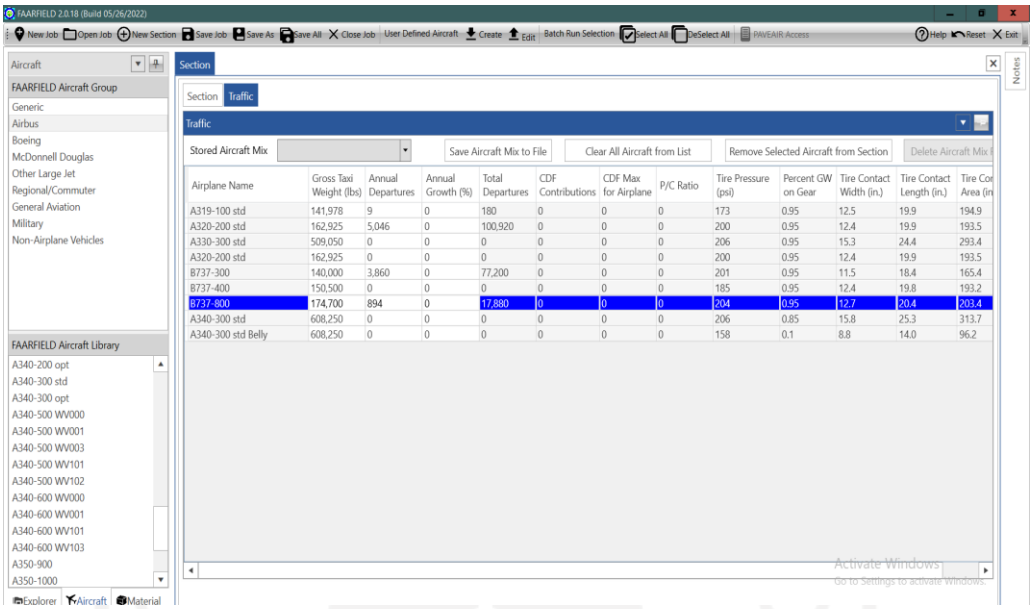
Memodifikasi lapis perkerasan diantaranya mengubah tebal lapisan, dan jenis material. Mengubah jenis material dengan cara klik *toolbox* "*material*", pilih material yang diinginkan lalu pindahkan ke jendela *section.* Mengubah tebal lapisan dengan cara menekan dua kali pada kolom "*thickness*" pada jendela "*section*" seperti pada Gambar 3.9 berikut.



Gambar 3. 9 Memodifikasi Lapis Perkerasan

4. Memasukkan Data Lalu Lintas Pesawat

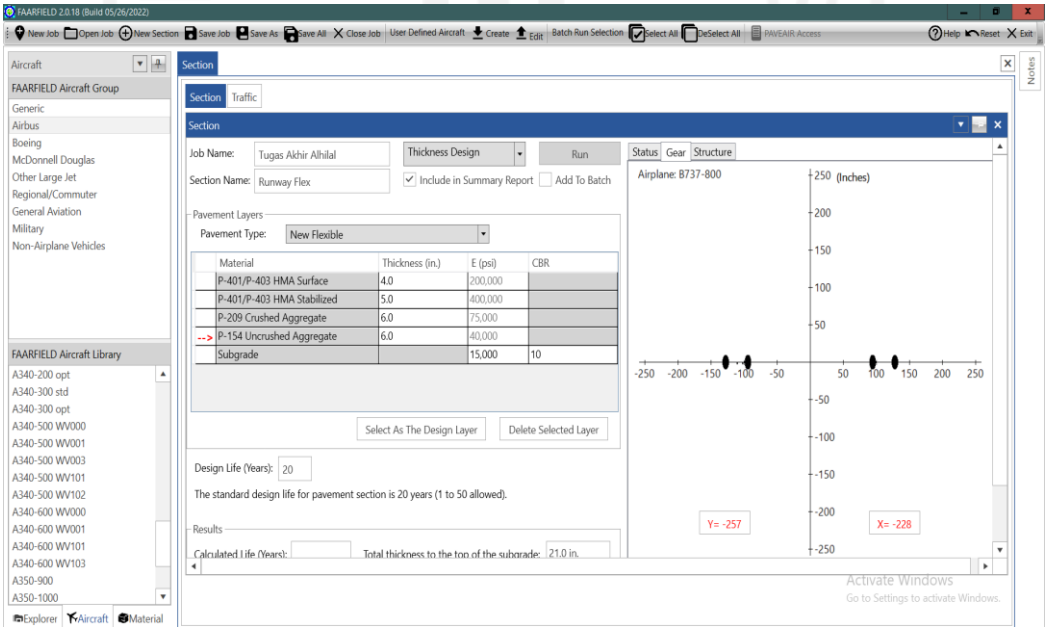
Untuk memasukan data lalu lintas pesawat dengan cara menekan *toolbox* "*aircraft*". Lalu pilih tipe pesawat dan klik dua kali untuk memasukan ke data lalu lintas pesawat. Ubah "*annual departures*" dan "*annual growth*" sesuai dengan data yang diperoleh seperti pada Gambar 3.10 berikut.



Gambar 3. 10 Memasukan Data Lalu Lintas Pesawat

5. Memasukkan Umur Rencana

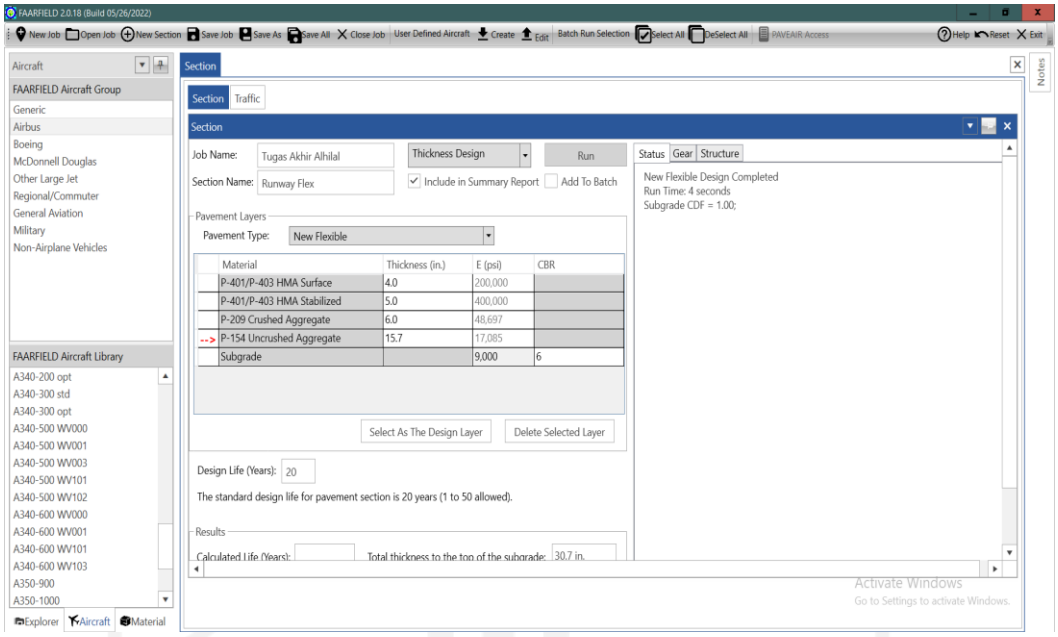
Masukkan umur rencana pada *toolbox* "*design life*", pada penelitian ini menggunakan umur rencana 20 tahun seperti pada Gambar 3.11 berikut.



Gambar 3. 11 Memasukkan Umur Rencana

6. Melakukan Desain Struktur

Lakukan desain struktur dengan cara klik "*run*" pada jendela "*section*". Program akan melakukan proses desain struktur hingga nilai *cumulative damage factor* (CDF) = 1 seperti pada Gambar 3.12 berikut.



Gambar 3. 12 Melakukan Desain Struktur

BAB IV
METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif. Pendekatan kuantitatif adalah suatu jenis penelitian dengan data yang bersifat numerik atau angka. Tujuan dari pendekatan kuantitatif adalah untuk mengukur dan memperoleh tujuan suatu penelitian dengan data – data dengan bersifat matematis. Adapun data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder. Data sekunder adalah data yang dikumpulkan oleh pihak lain dan berupa data primer yang telah diolah dengan baik (Umar, 2013).

4.2 Lokasi Objek Penelitian

Lokasi objek penelitian berada di Bandar Udara Halim Perdanakusum terletak di Kecamatan Makassar, Kota Jakarta Timur, Provinsi DKI Jakarta. Berikut merupakan lokasi objek penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Lokasi Objek Penelitian

Sumber : *Google Earth Pro* (2023)

4.3 Pengumpulan Data

Data yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh dari PT. Wijaya Karya (Persero) dan PT. Angkasa Pura II (Persero). Data – data tersebut diperoleh dari hasil pekerjaan pada proyek revitalisasi Bandar Udara Halim Perdanakusuma. Berikut merupakan data – data yang digunakan dalam penelitian ini.

1. Data CBR tanah dasar pada proyek Revitalisasi Bandar Udara Halim Perdanakusuma berfungsi untuk mengetahui kekuatan tanah dasar proyek, sehingga dalam analisis dapat menjadi sebuah parameter *input design*.
2. Data lalu lintas pesawat Bandar Udara Halim Perdanaksuma yang berfungsi untuk mengetahui beban pesawat – pesawat yang mendarat dan lepas landas serta menjadi sebuah data *input* untuk *software* FAARFIELD.
3. Data *annual growth* pesawat Bandar Udara Halim Perdanakusuma yang berfungsi sebagai pertumbuhan pesawat sehingga didapat proyeksi keberangkatan tahunan.
4. Data konfigurasi roda pesawat Bandar Udara Halim Perdanakusuma berfungsi sebagai menghitung pembebanan yang dikonversi ke satuan roda.
5. Data nilai kuat beton proyek revitalisasi Bandar Udara Halim Perdanakusuma berfungsi sebagai salah satu faktor dalam perhitungan tebal perkerasan kaku.

4.4 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini dimaksudkan untuk mempermudah Peneliti dalam menganalisis data. Alat tersebut berupa *laptop* yang berfungsi untuk mengolah data – data yang diperoleh dalam beberapa *software.* Berikut beberapa *software* yang digunakan dalam penelitian ini.

1. Program FAARFIELD versi 2.0.18 digunakan untuk memperoleh tebal masing – masing lapisan perkerasan.
2. *Autocad* digunakan untuk memodelkan tebal lapis perkerasan.

4.5 Analisis Data

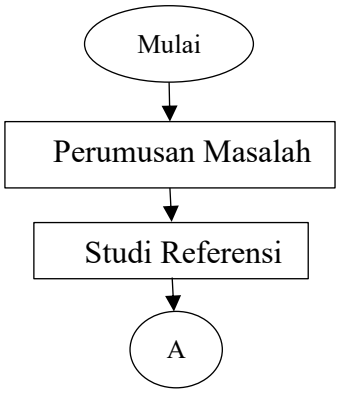
Metode analisis data adalah cara untuk mempermudah proses pengelolaan data untuk memperoleh hasil yang dituju. Data yang didapatkan dari PT. Wijaya Karya (Persero) dan PT. Angkasa Pura 1I (Persero) kemudian dilakukan analisis perhitungan tebal lapisan perkerasan dengan beberapa metode. Adapun metode – metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

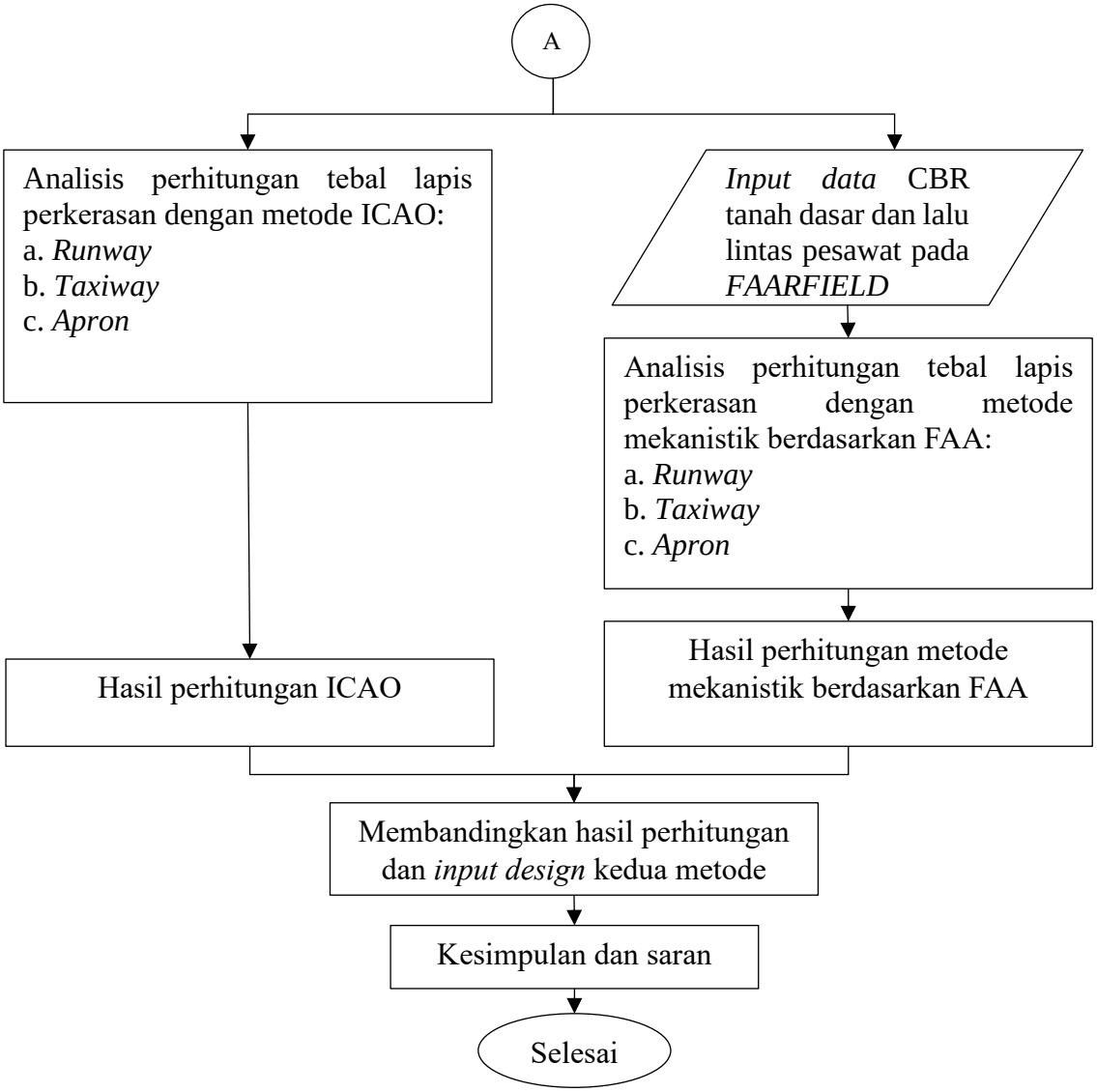
1. Metode empiris berdasarkan FAA *Advisory Circular* 150/5320-6D dengan data yang digunakan adalah data CBR tanah dasar dan data pesawat kritis.
2. Metode mekanistik berdasarkan FAA *Advisory Circular* 150/5320-6G dengan data yang digunakan adalah data CBR tanah dasar dan data lalu lintas pesawat.

Hasil yang didapatkan kedua metode tersebut akan dibandingkan untuk dapat disimpulkan hasil ketebalan dan parameter *input design*.

4.6 Bagan Alir Penelitian

Sebuah bagan alir berfungsi untuk mempermudah dalam menentukan tahapan - tahapan suatu metode. Tahapan – tahapan dalam penelitian ini dimulai dengan merumuskan masalah, mencari studi referensi, mengumpulkan data sekunder berupa data CBR tanah dasar dan data lalu lintas pesawat yang kemudian kedua data tersebut akan dihitung dengan 2 metode yaitu metode empiris berdasarkan FAA *Advisory Circular* 150/5320-6D dan menggunakan metode mekanistik berdasarkan FAA *Advisory Circular* 150/5320-6G. Hasil perhitungan tersebut akan diperoleh tebal tiap lapisan *runway, taxiway,* dan *apron* untuk dibandingkan dari kedua metode untuk dapat disimpulkan hasilnya. Berikut merupakan bagan alir untuk penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.2.





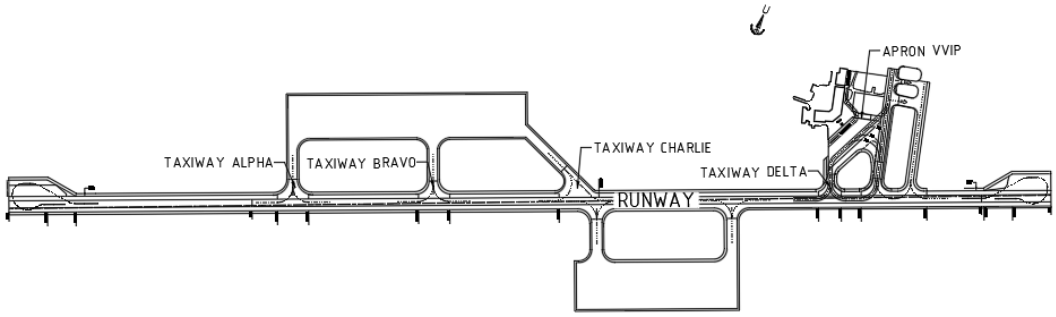
Gambar 4. 2 *Flowchart* Penelitian

BAB V
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Data Penelitian

Data penelitian pada penelitian merupakan data sekunder yang didapat dari PT. Wijaya Karya (Persero). Data – data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data CBR tanah dasar (*subgrade*) dan data lalu lintas pesawat yang beroperasi di Bandar Udara Halim Perdanakusuma.

Lingkup penelitian yang digunakan sama dengan lingkup pada pekerjaan Proyek Revitalisasi Bandar Udara Halim Perdanakusuma yang memiliki lingkup perkerjaan sisi udara (*airside*) pada 3 bagian utama yaitu *runway, taxiway* dan *apron*. *Runway* yang dikerjakan pada proyek tersebut memiliki panjang 3 km, *taxiway* memiliki 4 area yang dikerjakan meliputi *taxiway alpha, taxiway bravo, taxiway charlie* dan *taxiway delta*, sedangkan untuk *apron* memiliki 2 area pekerjaan yaitu area *apron* VVIP utara dan *apron* VVIP selatan. Berikut merupakan *layout* pekerjaan proyek revitalisasi Bandar Udara Halim Perdanakusuma dapat dilihat pada Gambar 5.1.

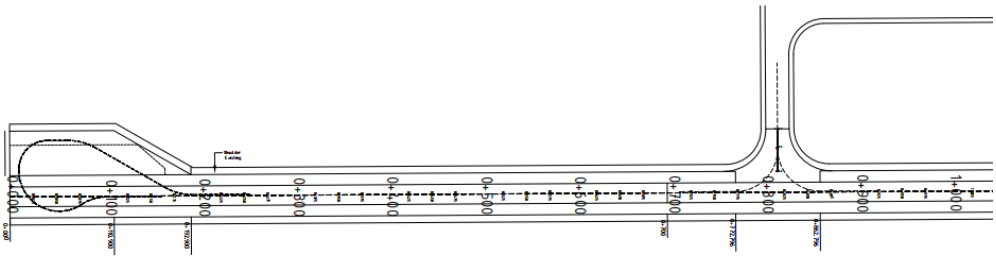


Gambar 5. 1 *Layout* Pekerjaan Proyek Revitalisasi Bandar Udara Halim Perdanakusuma

Sumber : PT. Wijaya Karya (2022)

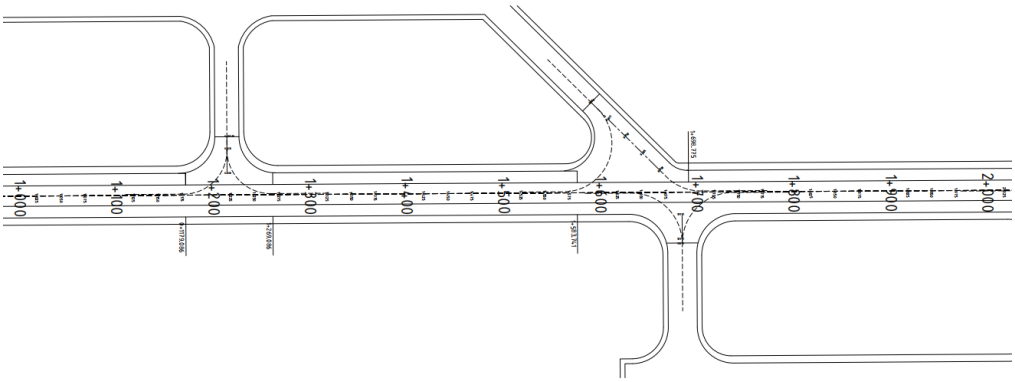
5.1.1 Data CBR

Data CBR tanah dasar (*subgrade*) yang digunakan pada penelitian ini didapat dari PT. Wijaya Karya (Persero) yang didasarkan oleh Rencana Kerja dan Syarat – syarat Pekerjaan Sisi Udara Revitalisasi Fasilitas Pangkalan Tentara Nasional Indonesia Angkatan Udara (TNI AU) Bandar Udara Halim Perdanakusuma dengan parameter CBR *Subgrade* 10% untuk *runway*, CBR *Subgrade* 8% untuk *taxiway,* dan CBR *Subgrade* 12% untuk *apron*. CBR *Subbase* 30% untuk *runway, apron* dan *taxiway,* data ini merujuk pada Rencana Kerja dan Syarat – syarat Pekerjaan Sisi Udara Revitalisasi Fasilitas Pangkalan Tentara Nasional Indonesia Angkatan Udara (TNI AU). Data CBR *Subgrade* dapat dilihat juga pada lampiran 3. Berikut merupakan peta situasi pengambilan data CBR yang dapat dilihat pada Gambar 5.2, Gambar 5.3 dan Gambar 5.4.



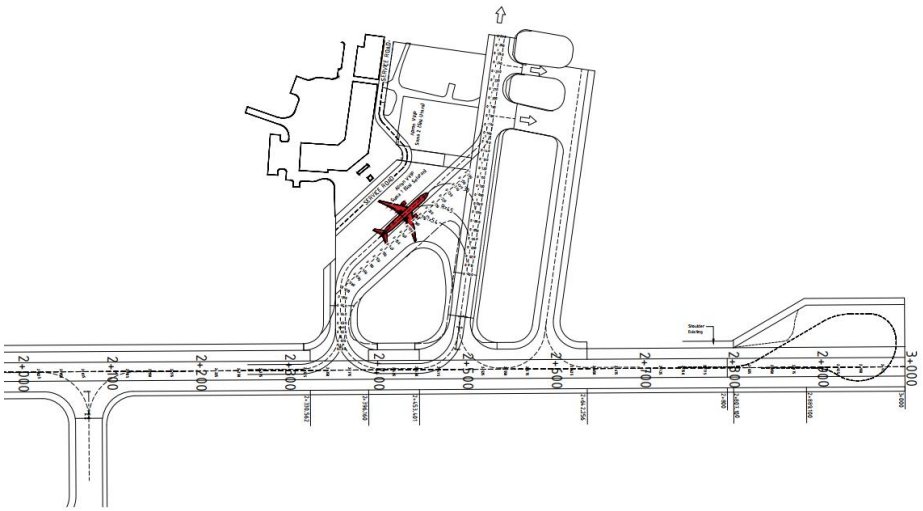
Gambar 5. 2 Peta Situasi Pengambilan Data CBR 1

Sumber : PT. Wijaya Karya (2022)



Gambar 5. 3 Peta Situasi Pengambilan Data CBR 2

Sumber : PT. Wijaya Karya (2022)



Gambar 5. 4 Peta Situasi Pengambilan Data CBR 3

Sumber : PT. Wijaya Karya (2022)

5.1.2 Data Lalu Lintas Pesawat

Data lalu lintas pesawat merupakan data pesawat – pesawat yang beroperasi di Bandara Halim Perdanakusuma. Berikut ini adalah data lalu lintas pesawat yang diperoleh dari PT. Angkasa Pura II (Persero) dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5. 1 Data Lalu Lintas Pesawat Bandar Udara Halim Perdanakusuma

No.	Tipe Pesawat	*Gross Wt. (ton)*	*Annual Departures*
1	A319	64,4	11
2	A320-200	73,9	22841
3	A330-300	230,9	1
4	A340-300	275,9	1
5	A400M	141,4	3
6	B737 BBJ	77,79	116
7	B737-300	63,503	457
8	B737-400	60,781	13
9	B737-500	68,266	20
10	B737-700	70,307	37
11	B737-800	79,242	3352
12	B737-900 ER	85,366	9
13	B747-400F	397,801	1
14	B757-200	116,1	1
15	B767-200 ER	179,623	2
16	B777-300 ER	352,441	14

Sumber : PT. Angkasa Pura II (2017)

5.1.3 *Annual Growth* Pesawat

Berdasarkan data yang diperoleh dari PT. Angkasa Pura II (Persero) *annual growth* pada Bandar Udara Halim Perdanakusuma adalah 4,34% (PT Angkasa Pura II (Persero), 2017). *Annual growth* ini didapatkan dari pergerakan pesawat *annual report* PT. Angkasa Pura II, digunakan dalam perhitungan proyeksi data lalu lintas campuran, berfungsi untuk menentukan jumlah data lalu lintas pesawat untuk 26 tahun kedepan. Adapun perhitungan annual growth tersebut adalah sebagai berikut.

$$\textit{Annual growth} = \frac{(\text{pergerakan pesawat sesudah} - \text{pergerakan pesawat sebelum})}{\text{pergerakan pesawat sebelum}} \text{ x } 100\%$$

$$= \frac{(856886 - 821188)}{821188} \text{ x } 100\ \%$$

$$= 4{,}34\%$$

5.2 Perhitungan Struktur

Pada perhitungan struktur ini dibagi menjadi dua macam yaitu perkerasan lentur untuk bagian *runway, taxiway,* dan perkerasan kaku untuk bagian *apron.* Menurut Tribowo (2015) pemilihan perkerasan lentur untuk bagian *runway* dan *taxiway* dikarenakan beban yang berada pada area tersebut cenderung beban dinamis, sedangkan pemilihan perkerasan kaku pada bagian *apron* dikarenakan beban yang berada pada area tersebut cenderung statis sehingga tidak efektif untuk perkerasan lentur yang memiliki sifat viskoelastisitas. Perhitungan tebal perkerasan digunakan dengan dua metode, sehingga dapat dibandingkan dan memproleh desain tebal yang maksimal. Dua metode yang dibandingkan adalah metode empiris berdasarkan FAA *Advisory Circular* 150/5320-6D dan menggunakan metode mekanistik berdasarkan FAA *Advisory Circular* 150/5320-6G

5.2.1 Perhitungan Perkerasan Metode Empiris

Metode empiris berdasarkan FAA *Advisory Circular* 150/5320-6D ini memiliki langkah yang berbeda dengan metode FAA berdasarkan *Advisory Circular* 150/5320-6G yang perhitungannya dibantu dengan *software* FAARFIELD melainkan menghitung secara manual dengan bantuan grafik – grafik. Tahap pertama dalam metode ini adalah menentukan pesawat rencana. Menurut

Paramahamsa & Sari (2022) pesawat rencana adalah pesawat yang banyak melakukan aktivitas *landing* maupun *take off* pada suatu bandara. Pesawat rencana yang digunakan pada metode ini adalah pesawat A320-200 yang memiliki aktivitas terbanyak pada data lalu lintas pesawat Bandar Udara Halim Perdanakusuma, pesawat A320-200 juga mempunyai *gear dual wheel*. Berikut adalah tabel konfigurasi tipe roda pesawat yang dapat dilihat pada Tabel 5.2 dan tabel faktor konfigurasi roda pesawat yang dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5. 2 Konfigurasi Tipe Roda Pesawat

No.	Tipe Pesawat	Tipe Roda
1	A319	*Dual Wheel*
2	A320-200	*Dual Wheel*
3	A330-300	*Dual Tandem*
4	A340-300	*Dual Tandem*
5	A400M	*Double Dual Tandem*
6	B737 BBJ	*Dual Wheel*
7	B737-300	*Dual Wheel*
8	B737-400	*Dual Wheel*
9	B737-500	*Dual Wheel*
10	B737-700	*Dual Wheel*
11	B737-800	*Dual Wheel*
12	B737-900 ER	*Dual Wheel*
13	B747-400F	*Dual Tandem*
14	B757-200	*Dual Tandem*
15	B767-200 ER	*Dual Tandem*
16	B777-300 ER	*Double Dual Tandem*

Sumber : PT. Angkasa Pura II (2017)

Tabel 5. 3 Faktor Konfigurasi Roda Pesawat

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

Sumber : International Civil Aviation Organization (1983)

Berdasarkan Tabel 5.2 diatas, ada beberapa tipe pesawat yang termasuk pesawat berbadan lebar. Pesawat berbadan lebar adalah pesawat yang diasumsikan mempunyai konfigurasi roda pesawat *Dual Tandem* atau diatasnya, sehingga tipe

pesawat ini disetarakan untuk beban pesawatnya menjadi 136,1 Ton. Berikut merupakan rekapitulasi beban pesawat dan konfigurasi rodanya dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut.

Tabel 5. 4 Rekapitulasi Beban dan Konfigurasi Roda Pesawat

No.	Tipe Pesawat	Tipe Roda	*Gross Wt. (ton)*
1	A319	*Dual Wheel*	64,400
2	A320-200	*Dual Wheel*	73,900
3	A330-300	*Dual Tandem*	136,100
4	A340-300	*Dual Tandem*	136,100
5	A400M	*Double Dual Tandem*	136,100
6	B737 BBJ	*Dual Wheel*	77,790
7	B737-300	*Dual Wheel*	63,503
8	B737-400	*Dual Wheel*	60,781
9	B737-500	*Dual Wheel*	68,266
10	B737-700	*Dual Wheel*	70,307
11	B737-800	*Dual Wheel*	79,242
12	B737-900 ER	*Dual Wheel*	85,366
13	B747-400F	*Dual Tandem*	136,100
14	B757-200	*Dual Tandem*	136,100
15	B767-200 ER	*Dual Tandem*	136,100
16	B777-300 ER	*Double Dual Tandem*	136,100

Langkah selanjutnya adalah menghitung *annual departures* pesawat campuran dengan cara mengkonversi semua roda pesawat ke *dual wheel. Annual departures* didapatkan dengan cara menghitung nilai R1 (*equivalent annual departure* pesawat rencana) yang terdiri dari nilai R2 (*annual departures* pesawat-pesawat campuran dinyatakan dalam roda pendaratan pesawat rencana), nilai W1 (beban roda pesawat rencana), dan nilai W2 (beban roda pesawat yang ditanyakan).

Langkah selanjutnya adalah menghitung *annual departures* pesawat dengan melakukan proyeksi sesuai dengan umur rencana. Data lalu lintas pesawat yang diperoleh adalah data lalu lintas pada tahun 2017 dan penelitian ini dilakukan pada tahun 2023 sehingga perlu proyeksi umur rencana dari 2017 – 2043 atau sekitar 26 tahun. Berikut merupakan perhitungan proyeksi data lalu lintaspesawat dengan menggunakan Persamaan 3.2

$Pn = Po\ (1+i)^n$

$Pn = 11\ (1 + 4{,}34)^{26}$

$Pn = 33{,}198$

Langkah yang sama dapat dilakukan untuk menghitung proyeksi *annual departures* pesawat lainnya. Berikut merupakan rekapitulasi proyeksi *annual departures* yang dapat dilihat pada Tabel 5.5 berikut.

Tabel 5. 5 Rekapitulasi Proyeksi *Annual Departures*

No.	Tipe Pesawat	*Annual Departures*
1	A319	33,198
2	A320-200	68.934,520
3	A330-300	3,018
4	A340-300	3,018
5	A400M	9,054
6	B737 BBJ	350,090
7	B737-300	1.379,234
8	B737-400	39,234
9	B737-500	60,360
10	B737-700	111,667
11	B737-800	10.116,392
12	B737-900 ER	27,162
13	B747-400F	3,018
14	B757-200	3,018
15	B767-200 ER	6,036
16	B777-300 ER	42,252

Menghitung nilai R2 dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

Pesawat A320-200 = R2 = *annual departures* x faktor pengali.

= 68.934,520 x 1

= 68.934,520

Pesawat A319 = R2 = 33,198 x 1

= 33,198

Langkah yang sama dapat dilakukan untuk menghitung nilai R2 pesawat lainnya. Berikut merupakan rekapitulasi perhitungan R2 (*annual departures* pesawat-pesawat campuran dinyatakan dalam roda pendaratan pesawat rencana) yang dapat dilihat pada Tabel 5.6. Selanjutnya adalah menghitung nilai W2 atau beban roda pesawat yang ditanyakan, nilai W2 dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

Pesawat A320-200 = W2 = beban x 0.95 x satuan per roda

= 73,9 x 0,95 x 0,25

= 17,5512 Ton = 17.551,250 Kg

Pesawat A319 = W2 = 64,4 x 0,95 x 0,25

= 15,295 Ton = 15.295 Kg

Langkah yang sama dapat dilakukan untuk menghitung nilai W2 pesawat lainnya. Berikut merupakan rekapitulasi perhitungan W2 atau beban roda pesawat yang ditanyakan yang dapat dilihat pada Tabel 5.7 berikut.

Tabel 5. 6 Rekapitulasi Perhitungan R2

No.	Tipe Pesawat	R2
1	A319	33,198
2	A320-200	68.934,520
3	A330-300	5,131
4	A340-300	5,131
5	A400M	15,392
6	B737 BBJ	350,090
7	B737-300	1.379,234
8	B737-400	39,234
9	B737-500	60,360
10	B737-700	111,667
11	B737-800	10.116,392
12	B737-900 ER	27,162
13	B747-400F	5,131
14	B757-200	5,131
15	B767-200 ER	10,261
16	B777-300 ER	71,829

Tabel 5. 7 Rekapitulasi Perhitungan W2

No.	Tipe Pesawat	W2
1	A319	15295,000
2	A320-200	17551,250
3	A330-300	16161,875
4	A340-300	16161,875
5	A400M	8080,938
6	B737 BBJ	18475,125
7	B737-300	15081,963
8	B737-400	14435,488
9	B737-500	16213,175
10	B737-700	16697,913
11	B737-800	18819,975
12	B737-900 ER	20274,425
13	B747-400F	16161,875
14	B757-200	16161,875
15	B767-200 ER	16161,875
16	B777-300 ER	8080,938

Selanjutnya adalah menghitung nilai W1 atau beban roda pesawat rencana, nilai W1 dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

Pesawat A320-200 = W1 = beban x 0.95 x satuan per roda

= 73,9 x 0,95 x 0,25

=17,5512 Ton = 17.551,250 Kg

Selanjutnya adalah menghitung nilai R1 atau *equivalent annual departure* pesawat rencana, nilai R1 dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

Pesawat A320-200 = Log R1 = (Log R2) $(\frac{W2}{W1})^{0,5}$

= (Log R2) $(\frac{W2}{W1})^{0,5}$

R1 = 22.841

Langkah yang sama dapat dilakukan untuk menghitung nilai R1 pesawat lainnya. Berikut merupakan rekapitulasi perhitungan R1 atau *equivalent annual departure* pesawat rencana yang dapat dilihat pada Tabel 5.8 berikut.

Tabel 5. 8 Rekapitulasi Perhitungan R1

No.	Tipe Pesawat	R1
1	A319	26,302
2	A320-200	68.934,520
3	A330-300	4,803
4	A340-300	4,803
5	A400M	6,392
6	B737 BBJ	407,645
7	B737-300	813,602
8	B737-400	27,881
9	B737-500	51,467
10	B737-700	99,430
11	B737-800	14.036,394
12	B737-900 ER	34,769
13	B747-400F	4,803
14	B757-200	4,803
15	B767-200 ER	9,340
16	B777-300 ER	18,179

Berdasarkan perhitungan – perhitungan diatas maka didapatkan hasil rekapitulasi seperti pada Tabel 5.9 susunan beban pesawat udara maksimum dan konfigurasi roda pendaratan utama.

Tabel 5. 9 Susunan Beban Pesawat Udara Maksimum Dan Konfigurasi Roda Pendaratan Utama

No.	Tipe Pesawat	Berat Maksimum Pesawat	Tipe Roda	W2		W1
		Ton		Ton	Kg	Kg
1	A319	64,400	*Dual Wheel*	15,295	15.295,000	17.551,250
2	A320-200	73,900	*Dual Wheel*	17,551	17.551,250	17.551,250
3	A330-300	136,100	*Dual Tandem*	16,162	16.161,875	17.551,250
4	A340-300	136,100	*Dual Tandem*	16,162	16.161,875	17.551,250
5	A400M	136,100	*Double Dual Tandem*	8,081	8.080,938	17.551,250
6	B737 BBJ	77,790	*Dual Wheel*	18,475	18.475,125	17.551,250
7	B737-300	63,503	*Dual Wheel*	15,082	15.081,963	17.551,250
8	B737-400	60,781	*Dual Wheel*	14,435	14.435,488	17.551,250
9	B737-500	68,266	*Dual Wheel*	16,213	16.213,175	17.551,250
10	B737-700	70,307	*Dual Wheel*	16,698	16.697,913	17.551,250
11	B737-800	79,242	*Dual Wheel*	18,820	18.819,975	17.551,250
12	B737-900 ER	85,366	*Dual Wheel*	20,274	20.274,425	17.551,250
13	B747-400F	136,100	*Dual Tandem*	16,162	16.161,875	17.551,250
14	B757-200	136,100	*Dual Tandem*	16,162	16.161,875	17.551,250
15	B767-200 ER	136,100	*Dual Tandem*	16,162	16.161,875	17.551,250
16	B777-300 ER	136,100	*Double Dual Tandem*	8,081	8.080,938	17.551,250

Berdasarkan perhitungan – perhitungan diatas maka didapatkan hasil rekaputilasi seperti pada Tabel 5.10 *annual departures* pesawat campuran berikut.

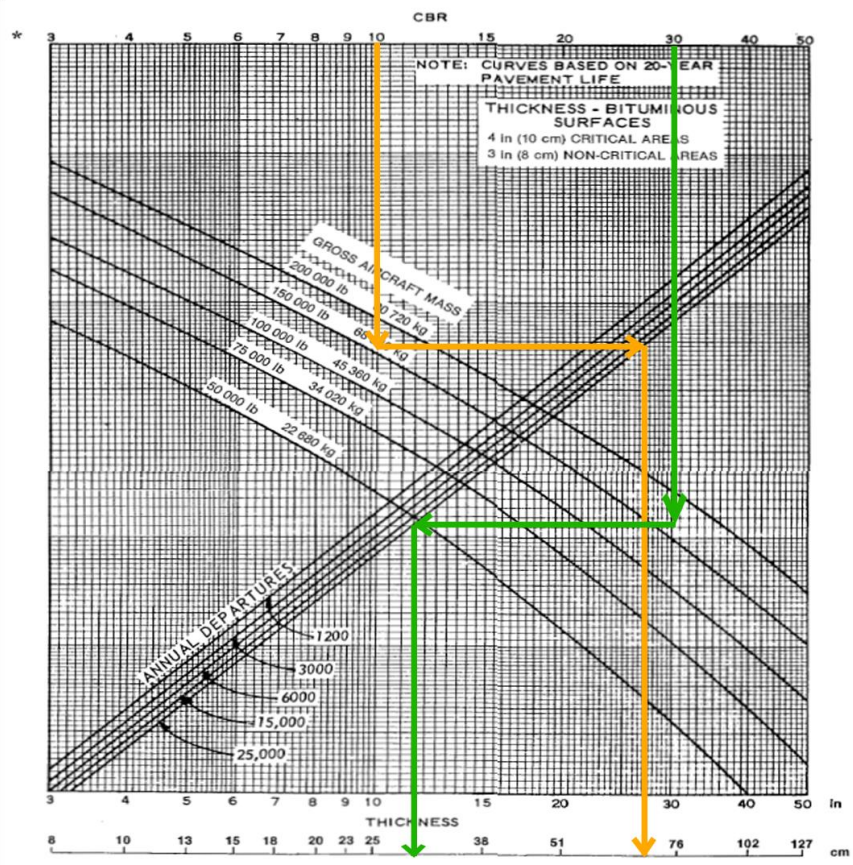
Tabel 5. 10 *Annual Departures* Pesawat Campuran

No.	Tipe Pesawat	*Annual Departures*	Beban Roda (W2)	Beban Pesawat Rencana (W1)	R2	R1
			Kg	Kg		
1	A319	33,198	15.295,000	17.551,250	33,198	26,302
2	A320-200	68934,520	17.551,250	17.551,250	68.934,520	68.934,520
3	A330-300	3,018	16.161,875	17.551,250	5,131	4,803
4	A340-300	3,018	16.161,875	17.551,250	5,131	4,803
5	A400M	9,054	8.080,938	17.551,250	15,392	6,392
6	B737 BBJ	350,090	18.475,125	17.551,250	350,090	407,645
7	B737-300	1379,234	15.081,963	17.551,250	1.379,234	813,602
8	B737-400	39,234	14.435,488	17.551,250	39,234	27,881
9	B737-500	60,360	16.213,175	17.551,250	60,360	51,467
10	B737-700	111,667	16.697,913	17.551,250	111,667	99,430
11	B737-800	10116,392	18.819,975	17.551,250	10.116,392	14.036,394
12	B737-900 ER	27,162	20.274,425	17.551,250	27,162	34,769
13	B747-400F	3,018	16.161,875	17.551,250	5,131	4,803
14	B757-200	3,018	16.161,875	17.551,250	5,131	4,803
15	B767-200 ER	6,036	16.161,875	17.551,250	10,261	9,340
16	B777-300 ER	42,252	8.080,938	17.551,250	71,829	18,179
Total *Annual Departures* Campuran						84.485,131

Berdasarkan Tabel 5.10 didapatkan nilai *annual departures* yaitu 84.485,131 dan beban pesawat rencana yaitu A320-200 seberat 73,9 Ton. Setelah menentukan pesawat rencana, maka selanjutnya menghitung masing - masing struktur perkerasan menggunakan metode empiris berdasarkan FAA *Advisory Circular* 150/5320-6D.

1. Menghitung Perkerasan Lentur pada *Runway*

Pada perhitungan perkerasan lentur dimasukkan nilai CBR *subgrade* pada *runway* sebesar 10% berdasarkan data CBR yang dapat dilihat pada lampiran 1 dan nilai CBR *subbase* pada *runway* sebesar 30 % berdasarkan Rencana Kerja Syarat Proyek Bandar Udara Halim Perdanakusuma. Setelah itu tarik garis lurus hingga menyentuh garis *annual departures* yaitu 25.000 dan *gross aircraft mass* yaitu 73.900 kg. Berikut grafik perhitungan *subgrade* dan *subbase* seperti pada gambar 5.5.



Gambar 5. 5 Grafik Perhitungan Perkerasan Lentur *Dual Wheel* Tebal Lapisan *Subbase* dan CBR 10% pada *Runway*

Berdasarkan grafik diatas maka didapatkan total tebal perkerasan lentur pada *runway* adalah 27 inch dan tebal lapisan dengan CBR *subbase* 30% didapat tebal 11,5 inch. *Annual departures* yang digunakan dalam grafik tersebut 25.000 maka dikonversi terlebih dahulu ke *annual departures* campuran yaitu 84.485,13 dengan perhitungan menggunakan Tabel 5.11 berikut.

Tabel 5. 11 Konversi Tebal *Annual Departures*

Annual Departures	Konversi Tebal
50000	104%
100000	108%
150000	110%
200000	112%

Sumber : International Civil Aviation Organization (1983)

Berdasarkan Tabel 5.11 diatas, konversi tebal untuk *annual departures* campuran yaitu 84.485,13 berada pada rentang 104 % - 108% sehingga perlu menghitung angka konversi tebalnya terlebih dahulu berdasarkan Tabel 5.11 dan Persamaan 3.3 berikut.

Konversi tebal $= y_1 + (\frac{x - x1}{x2 - x1})$ x $(y_2 - y_1)$

$= 104\% + (\frac{84.485{,}13 - 50.000}{100.000 - 50.000})$ x (108% - 104%)

= 1,067

Selanjutnya menghitung tebal total dan tebal CBR 30% dengan perhitungan konversi tebal diatas.

Konversi tebal total = 27 inch x 1,067

= 28,824 inch

Konversi tebal CBR 30% = 11,5 inch x 1,067

= 12,277 inch

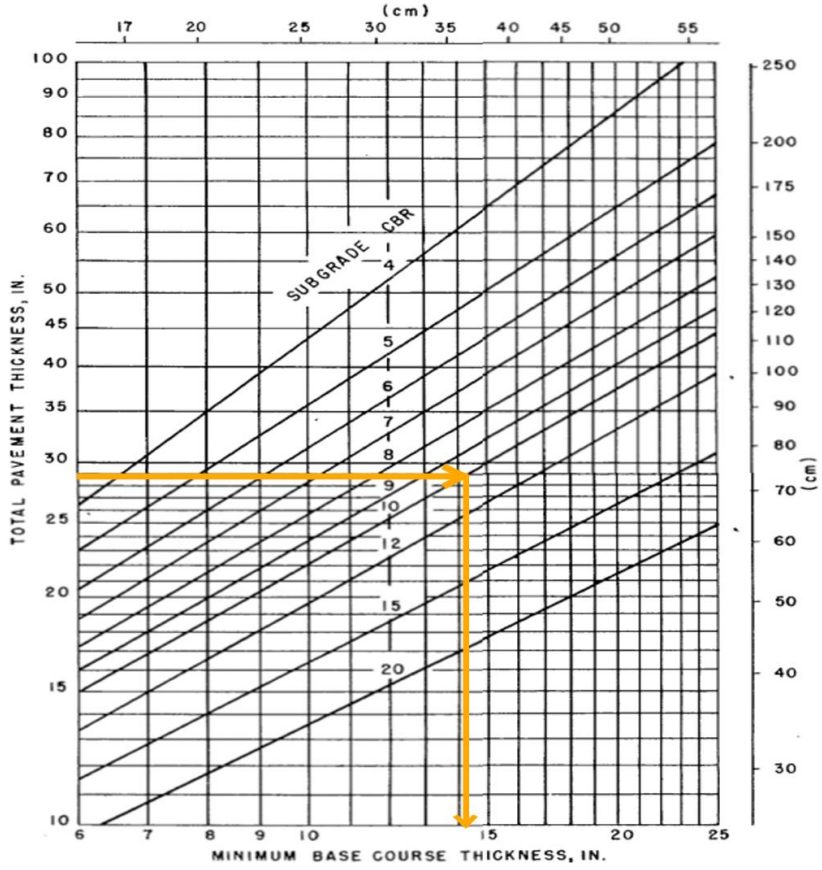
Berdasarkan perhitungan diatas maka didapatkan total tebal perkerasan lentur pada *runway* adalah 28,824 inch atau 73,215 cm dan tebal lapisan dengan CBR *subbase* 30% didapat tebal 12,277 inch atau sama dengan 31,184 cm, sehingga dapat ditentukan tebal lapisan *subbase* dengan cara sebagai berikut.

Tebal *subbase* = tebal total – tebal CBR 30 %

= 28,824 inch - 12,277 inch

= 16,547 inch = 42,03 cm

Tebal lapisan aspal berdasarkan grafik 4 inch atau 10,2 cm, untuk tebal minimum lapisan *base* didapatkan dengan cara memasukkan nilai total tebal perkerasan dan menarik garik lurus ke garis *subgrade* CBR 10%, maka akan diketahui tebal minimum *base* seperti pada Gambar 5.6 berikut.



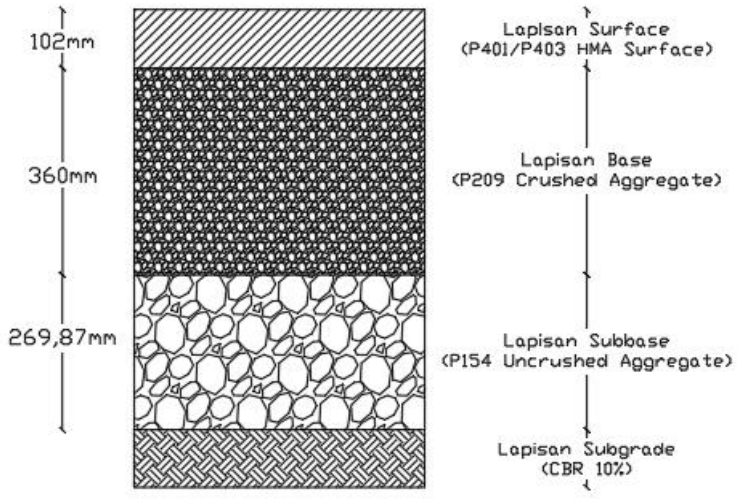
Gambar 5. 6 Grafik Perhitungan Perkerasan Lentur *Dual Wheel* Tebal Minimum Lapisan *Base* pada *Runway*

Berdasarkan grafik diatas dapat diketahui untuk *tebal* lapisan *base* minimum pada *runway* adalah 14,2 inch atau sama dengan 36 cm. Untuk memperoleh tebal lapisan *base* adalah dengan mengurangi tebal CBR 30% dengan tebal aspal minimum yaitu 4 inch, maka didapatkan tebal lapisan *base* adalah 8,277 inch. Namun, tebal minimum lapisan *base* dari grafik diatas adalah 14,2 inch, maka

kekurangan 5,922 inch yang dapat diambil dari tebal lapisan *subbase*. Sehingga hasil akhir dari tebal perkerasan lentur pada *runway* adalah 4 inch atau 10,2 cm pada lapisan *surface,* 14,2 inch atau 36 cm pada lapisan *base,* dan 10,624 inch atau 26,987 cm pada lapisan *subbase* dengan total tebal keseluruhan adalah 28,824 inch atau 73,215 cm.

Material – material yang didasarkan pada FAA *Advisory Circular* 150/5320-6D, lapisan *surface* memakai material P-401/P403 HMA *Surface* dengan tebal minimum 4 inch, lapisan *base* memakai material P-209 *Crushed Agregate* dimana material ini dipilih dikarenakan pesawat yang memuat beban ≥100.000 lbs, lapisan *subbase* memakai material P-154 *Uncrushed Agregate* dikarenakan karakteristik agregat yang keras dan tahan lama.

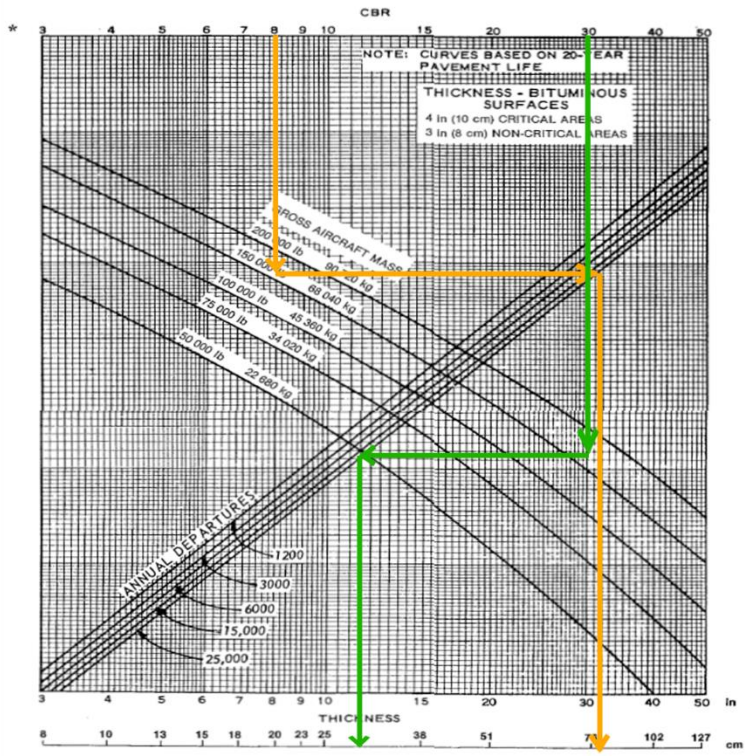
Tebal lapisan *subbase* dan *base* yang didapatkan dikonversi sesuai material yang dipilih. Dalam hal ini tebal lapisan *base* yang didapatkan setebal 14,2 inch atau 36 cm, serta material yang dipilih adalah P-209 *Crushed Agregate* memiliki nilai konversi 1,0 sehingga tebal lapisan subbase tetap setebal 14,2 inch atau 36 cm. Tebal lapisan *subbase* yang didapatkan setebal 10,624 inch atau 26,987 cm, serta material yang dipilih adalah P-154 *Uncrushed Agregate* memiliki nilai konversi 1,0 sehingga tebal lapisan *subbase* tetap setebal 10,624 inch atau 26,987 cm. Hasil tebal lapis perkerasan pada *runway* dengan metode empiris berdasarkan FAA *Advisory Circular* 150/5320-6D dapat dilihat pada Gambar 5.7 berikut.



Gambar 5. 7 Desain Tebal Perkerasan pada Runway dengan Metode Empiris

2. Menghitung Perkerasan Lentur pada *Taxiway*

Pada perhitungan perkerasan lentur dimasukkan nilai CBR *subgrade* pada *taxiway* sebesar 8% berdasarkan data CBR yang dapat dilihat pada lampiran 1 dan nilai CBR *subbase* pada *runway* sebesar 30 % berdasarkan Rencana Kerja Syarat Proyek Bandar Udara Halim Perdanakusuma. Setelah itu tarik garis lurus hingga menyentuh garis *annual departures* yaitu 25.000 dan *gross aircraft mass* yaitu 73.900 kg. Berikut grafik perhitungan *subgrade* dan *subbase* seperti pada gambar 5.8.



Gambar 5. 8 Grafik Perhitungan Perkerasan Lentur *Dual Wheel* Tebal Lapisan *Subbase* dan CBR 8% pada *Taxiway*

Berdasarkan grafik diatas maka didapatkan total tebal perkerasan lentur pada *taxiway* adalah 32 inch dan tebal lapisan dengan CBR *subbase* 30% didapat tebal 11,5 inch. *Annual departures* yang digunakan dalam grafik tersebut 25.000 maka dikonversi terlebih dahulu ke *annual departures* campuran yaitu 84.485,13 dengan perhitungan berdasarkan Tabel 5.11 dan persamaan 3.3 didapatkan konversi tebal

sebesar 1,067. Selanjutnya konversi tebal total dan tebal CBR 30% dengan konversi tebal *annual departures* campuran.

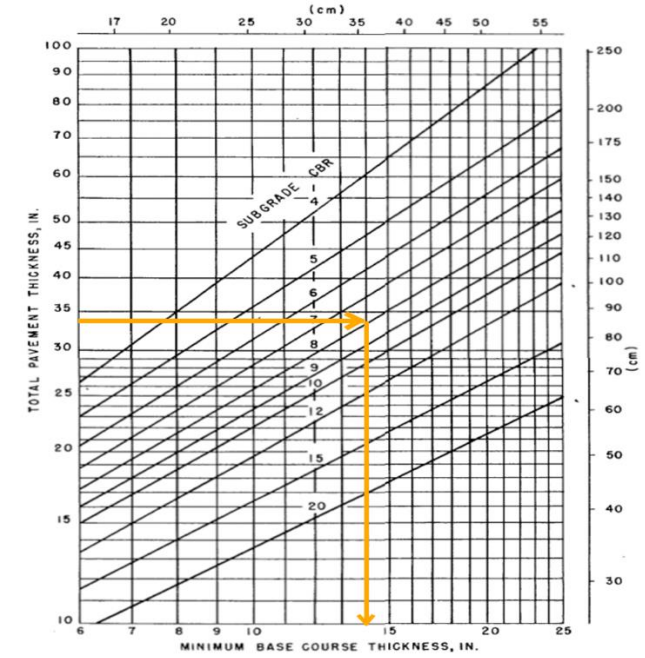
Konversi tebal total = 32 inch x 1,067
= 34,162 inch

Konversi tebal CBR 30% = 11,5 inch x 1,067
= 12,277 inch

Berdasarkan perhitungan diatas maka didapatkan total tebal perkerasan lentur pada *taxiway* adalah 34,162 inch atau 86,773 cm dan tebal lapisan dengan CBR *subbase* 30% didapat tebal 12,277 inch atau sama dengan 31,184 cm, sehingga dapat ditentukan tebal lapisan *subbase* dengan cara sebagai berikut.

Tebal *subbase* = tebal total – tebal CBR 30 %
= 34,162 inch - 12,277 inch
= 21,885 inch = 55,589 cm

Tebal lapisan aspal berdasarkan grafik 4 inch atau 10,2 cm, untuk tebal minimum lapisan *base* didapatkan dengan cara memasukkan nilai total tebal perkerasan dan menarik garik lurus ke garis *subgrade* CBR 8%, maka akan diketahui tebal minimum *base* seperti pada Gambar 5.9 berikut.

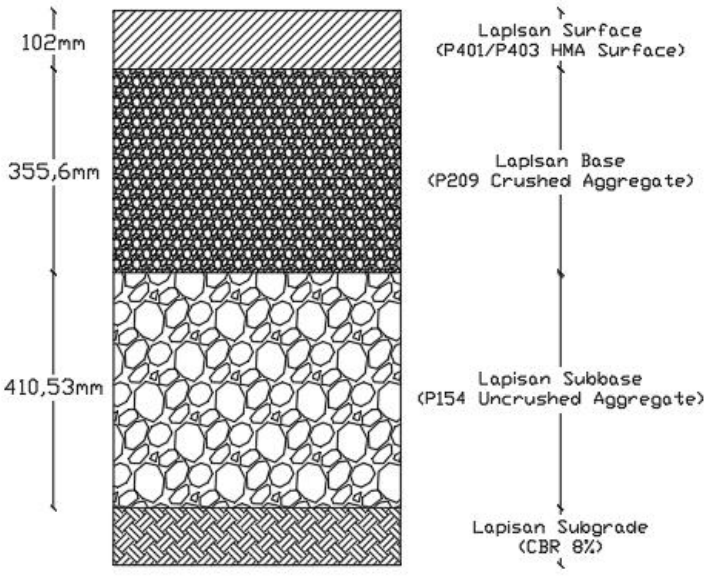


Gambar 5. 9 Grafik Perhitungan Perkerasan Lentur *Dual Wheel* Tebal Minimum Lapisan *Base* pada *Taxiway*

Berdasarkan grafik diatas dapat diketahui untuk *tebal* lapisan *base* minimum pada *taxiway* adalah 14 inch atau sama dengan 35,56 cm. Untuk memperoleh tebal lapisan *base* adalah dengan mengurangi tebal CBR 30% dengan tebal aspal minimum yaitu 4 inch, maka didapatkan tebal lapisan *base* adalah 8,277 inch. Namun, tebal minimum lapisan *base* dari grafik diatas adalah 14 inch, maka kekurangan 5,722 inch yang dapat diambil dari tebal lapisan *subbase*. Sehingga hasil akhir dari tebal perkerasan lentur pada *taxiway* adalah 4 inch atau 10,2 cm pada lapisan *surface,* 14 inch atau 35,56 cm pada lapisan *base,* dan 16,162 inch atau 41,053 cm pada lapisan *subbase* dengan total tebal keseluruhan adalah 34,162 inch atau 86,773 cm.

Material – material yang didasarkan pada FAA *Advisory Circular* 150/5320-6D, lapisan *surface* memakai material P-401/P403 HMA *Surface* dengan tebal minimum 4 inch, lapisan *base* memakai material P-209 *Crushed Agregate* dimana material ini dipilih dikarenakan pesawat yang memuat beban ≥100.000 lbs, lapisan *subbase* memakai material P-154 *Uncrushed Agregate* dikarenakan karakteristik agregat yang keras dan tahan lama.

Tebal lapisan *subbase* dan *base* yang didapatkan dikonversi sesuai material yang dipilih. Dalam hal ini tebal lapisan *base* yang didapatkan setebal 13,6 inch atau 34,5 cm, serta material yang dipilih adalah P-209 *Crushed Agregate* memiliki nilai konversi 1,0 , sehingga tebal lapisan subbase tetap setebal 13,6 inch atau 34,5 cm. Tebal lapisan *subbase* yang didapatkan setebal 15,4 inch atau 39,1 cm, serta material yang dipilih adalah P-154 *Uncrushed Agregate* memiliki nilai konversi 1,0 sehingga tebal lapisan *subbase* tetap setebal 15,4 inch atau 39,1 cm. Hasil tebal lapis perkerasan pada *runway* dengan metode empiris berdasarkan FAA *Advisory Circular* 150/5320-6D dapat dilihat pada Gambar 5.10 berikut.



Gambar 5. 10 Desain Tebal Perkerasan pada *Taxiway* dengan Metode Empiris

3. Menghitung Perkerasan Kaku pada *Apron*

Pada perhitungan perkerasan lentur dimasukkan nilai k untuk CBR *subgrade* pada *apron* sebesar 12 %, maka perlu menghitung nilai k untuk CBR *subgrade* menggunakan Persamaan 3.4 dan Persamaan 3.5 berikut.

k CBR *subgrade* $= \left(\frac{1500\ x\ CBR}{26}\right)^{0,7788}$

$= \left(\frac{1500\ x\ 12}{26}\right)^{0,7788}$

$= 162,9390$ pci $= 45,2993$ MN/m^3

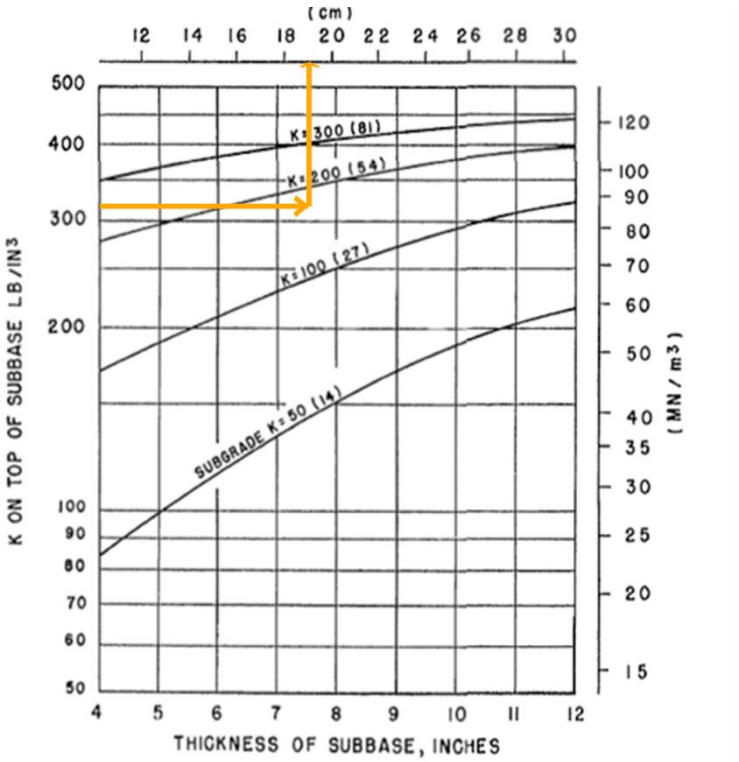
E $= 26 \times k^{1,284}$

$= 26 \times 162,9390^{\ 1,284}$

$= 17.997,5516$ psi $= 124,0888$ MPa

Berdasarkan perhitungan diatas didapatkan nilai k *subgrade* pada *apron* adalah 162,9390 pci atau 45,2993 MN/m^{3}dan nilai E sebesar 17.997,5516 psi atau 124,0888 MPa. Selanjutnya menentukan modulus pondasi bawah dengan stabilisasi disebabkan oleh beban dari pesawat dengan menarik garis dari sisi kiri, lalu masukkan nilai k untuk *subbase* CBR 30% yaitu 332,6161 pci atau 92,4713 MN/m^3 hingga bertemu garis lengkung bernilai k *subgrade* CBR 12% yaitu 162,9390 pci

atau 45,2993MN/m^3 lalu tarik garis ke atas untuk mendapat tebal lapis perkerasan seperti pada Gambar 5.11 berikut.



Gambar 5. 11 Grafik Perhitungan Perkerasan Kaku Lapisan *Subbase* pada *Apron*

Sumber : International Civil Aviation Organization (1983)

Berdasarkan grafik diatas maka didapatkan ketebalan *subbase* adalah 19 cm. Selanjutnya menghitung dengan *flexural strength* dengan diketahui nilai kuat tekan pada proyek ini adalah 3500 psi atau 24,13 MPa. Berikut merupakan perhitungan nilai kuat lentur beton menggunakan persamaan 3.6.

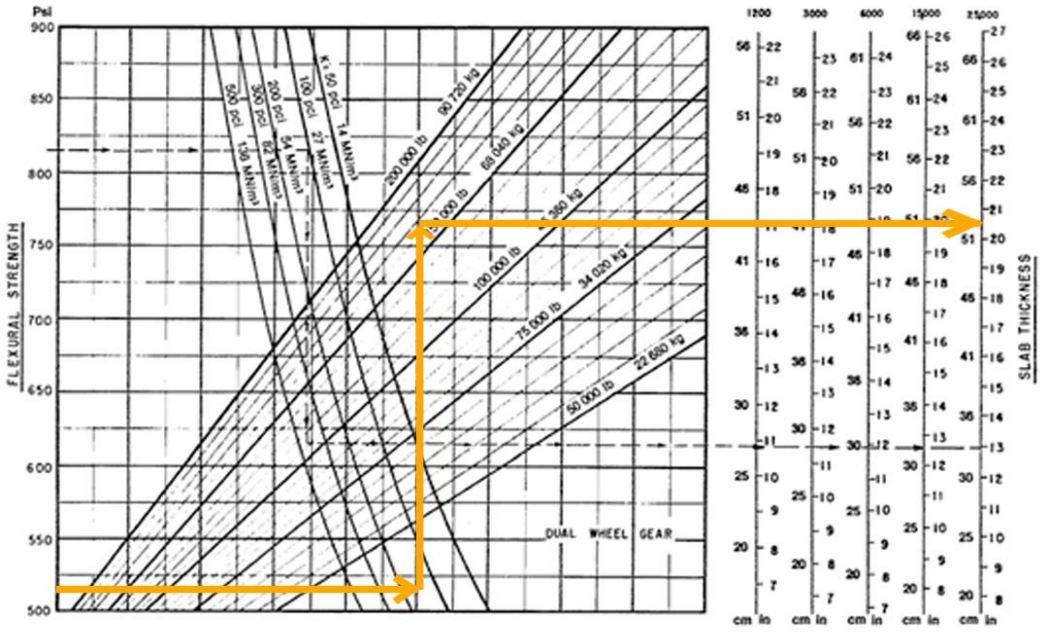
Fs $= 9 \times f'c^{0,5}$

$= 9 \times 3500^{0,5}$

$= 532,4471$ psi $= 3,671$ Mpa

Selanjutnya menghitung nilai tebal lapis beton dengan menarik garis dari dari sisi kiri, lalu masukkan nilai *flexural strength* sebesar 532,4478 psi atau 3,67 MPa hingga bertemu garis lengkung nilai k untuk *subbase* CBR 30% yaitu 332,6161 pci atau 92,4713 MN/m^3 dan nilai enggunakan grafik perkerasan kaku untuk *dual wheel*

dengan menarik garis *annual departures* campuran seperti pada Gambar 5.12 berikut.



Gambar 5. 12 Grafik Perhitungan Perkerasan Kaku Lapisan *Surface* pada *Apron*

Sumber : International Civil Aviation Organization (1983)

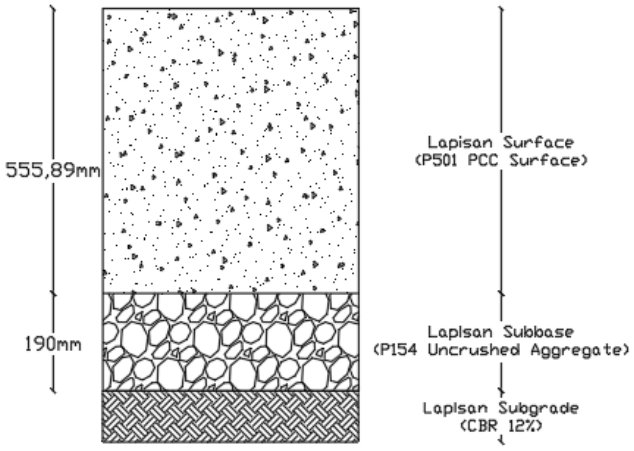
Berdasarkan grafik diatas didapatkan tebal lapisan beton adalah 20,5 inch atau 52 cm, akan tetapi hasil tersebut disebabkan oleh *annual departures* sebanyak 25000, sehingga perlu dikonversi terlebih dahulu ke *annual departures* campuran yaitu 84.485,13. Berikut konversi tebal lapisan beton dengan konversi tebal *annual departures* campuran.

Konversi tebal lapisan beton = 20,5 inch x 1,067

= 21,88 inch = 55,589 cm

Berdasarkan perhitungan diatas didapatkan tebal lapisan beton 21,88 inch atau 55,589 cm dan tebal lapisan *subbase* setebal 19 cm, sehingga total tebal perkerasan kaku pada *taxiway* adalah 74,589 cm.

Hasil dari desain tebal perkerasan dengan menggunakan metode empiris berdasarkan FAA *Advisory Circular* 150/5320-6D pada *runway* yaitu 4 inch atau 102 mm pada lapisan *surface,* 14,2 inch atau 360 mm pada lapisan *base,* dan 10,624 inch atau 269,8 mm pada lapisan *subbase* dengan total tebal keseluruhan adalah 28,824 inch atau 732,1 mm. Pada *taxiway* adalah 4 inch atau 102 mm pada lapisan *surface,* 14 inch atau 355,6 mm pada lapisan *base,* dan 16,162 inch atau 410,5 mm pada lapisan *subbase* dengan total tebal keseluruhan adalah 34,162 inch atau 867,7 mm. Pada *apron* adalah tebal lapisan beton adalah 21,88 inch atau 555,89 mm dan



tebal lapisan *subbase* 190 mm, sehingga total tebal perkerasan kaku pada *taxiway* adalah 745,89 mm. Hasil tebal lapis perkerasan pada *runway* dengan metode empiris berdasarkan FAA *Advisory Circular* 150/5320-6D dapat dilihat pada Gambar 5.13 berikut.

Gambar 5. 13 Desain Tebal Perkerasan pada *Apron* dengan Metode Empiris

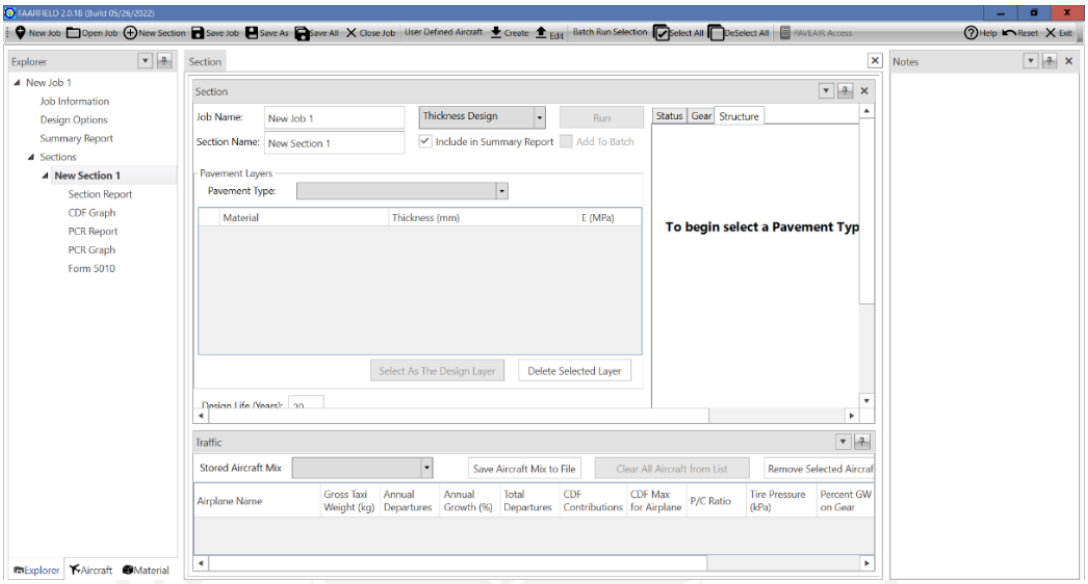
Hal ini sejalan dengan penelitian terdahulu, Sari, dkk (2019) yang melakukan penelitian dengan hasil ketebalan lapis perkerasan suatu area akan lebih tipis ketika nilai CBR nya lebih besar dibanding area lainnya.

5.2.2 Perhitungan Perkerasan Metode Mekanistik

Berikut ini merupakan langkah – langkah perhitungan struktur menggunakan metode mekanistik berdasarkan FAA dengan menggunakan program komputer FAARFIELD.

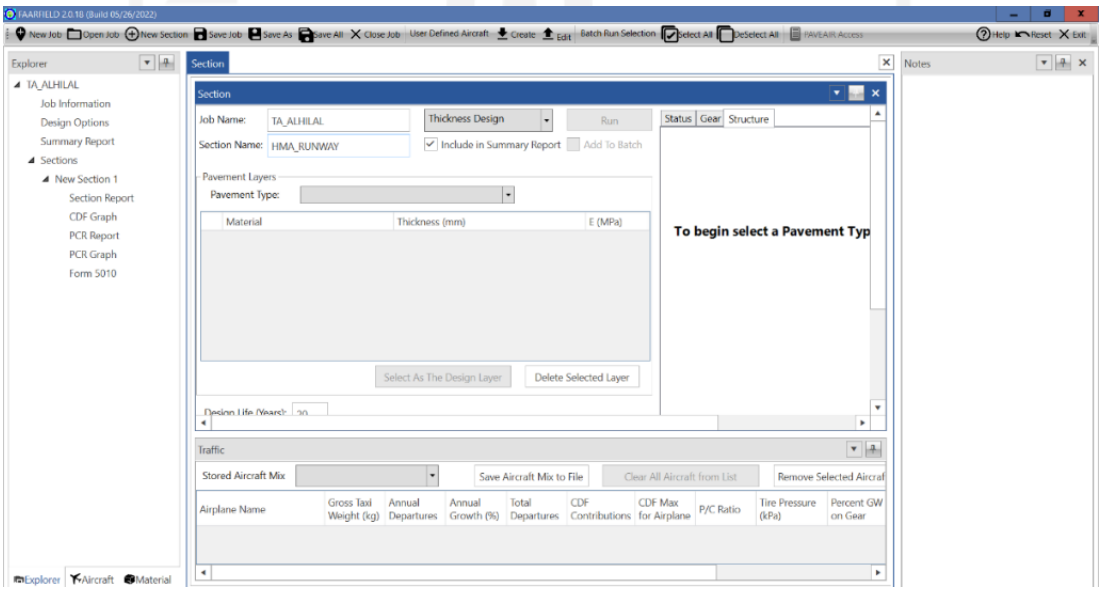
1. Menghitung Perkerasan Lentur pada *Runway*

Membuat *New Job* dengan cara membuka *software* FAARFIELD, lalu secara otomatis akan terbuka untuk pekerjaan baru seperti pada Gambar 5.14 berikut.



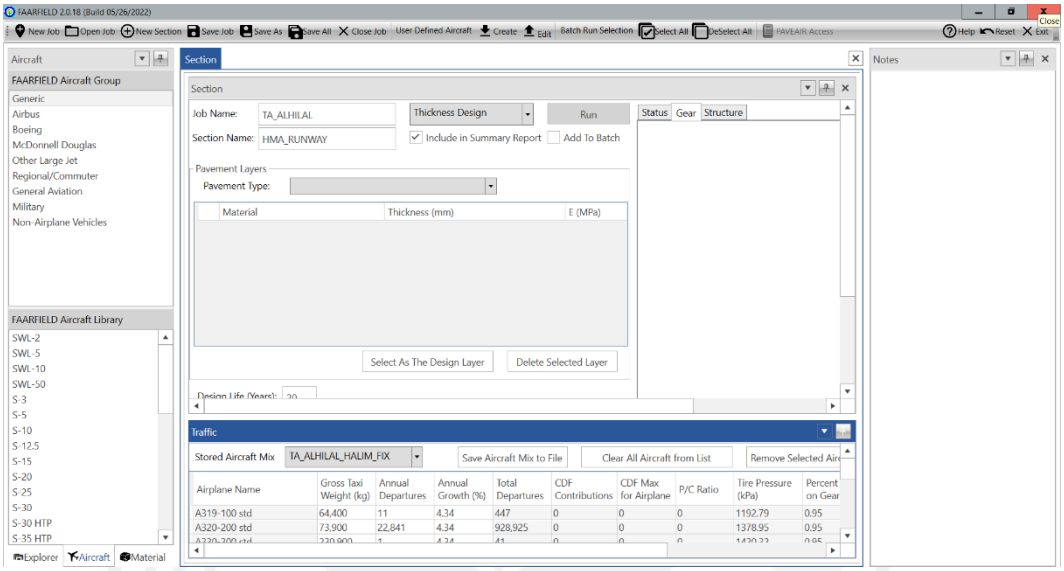
Gambar 5. 14 Membuat *New Job*

Setelah membuat *new job*, berikan nama pada *job name* dan *section name.* Pada Gambar 5.15 ini diisi kolom *job name* yaitu TA_ALHILAL dan *section name* yaitu HMA_RUNWAY.



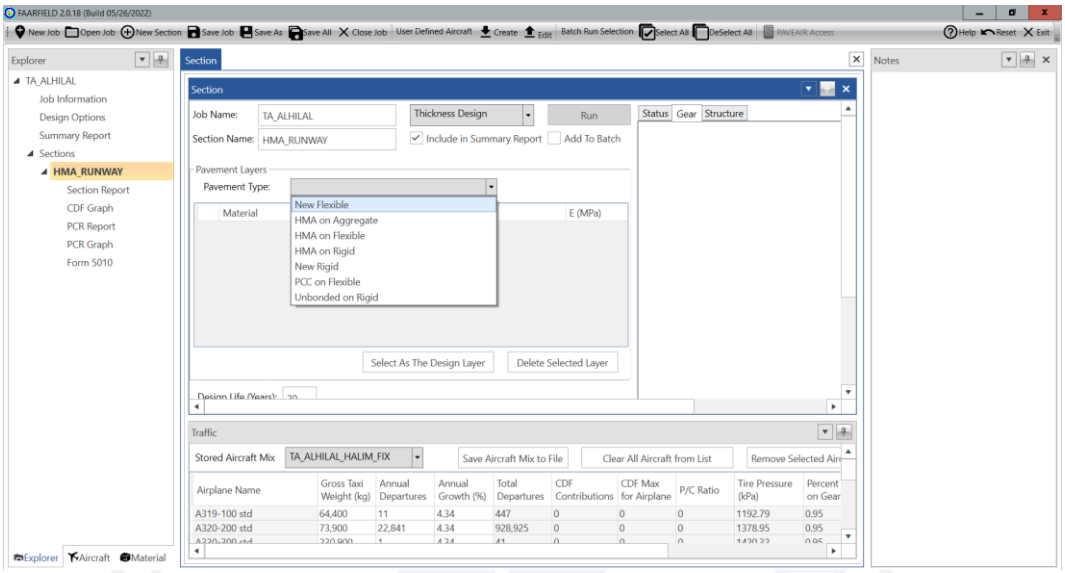
Gambar 5. 15 Mengisi *Job Name* dan *Section Name*

Selanjutnya memasukkan data lalu lintas pesawat seperti pada Tabel 5.1 dengan cara klik *traffic,* lalu klik dua kali untuk memilih pesawat yang tersedia di tab *aircraft* dan masukkan *annual departures* serta *annual growth* seperti pada Gambar 5.16 berikut.



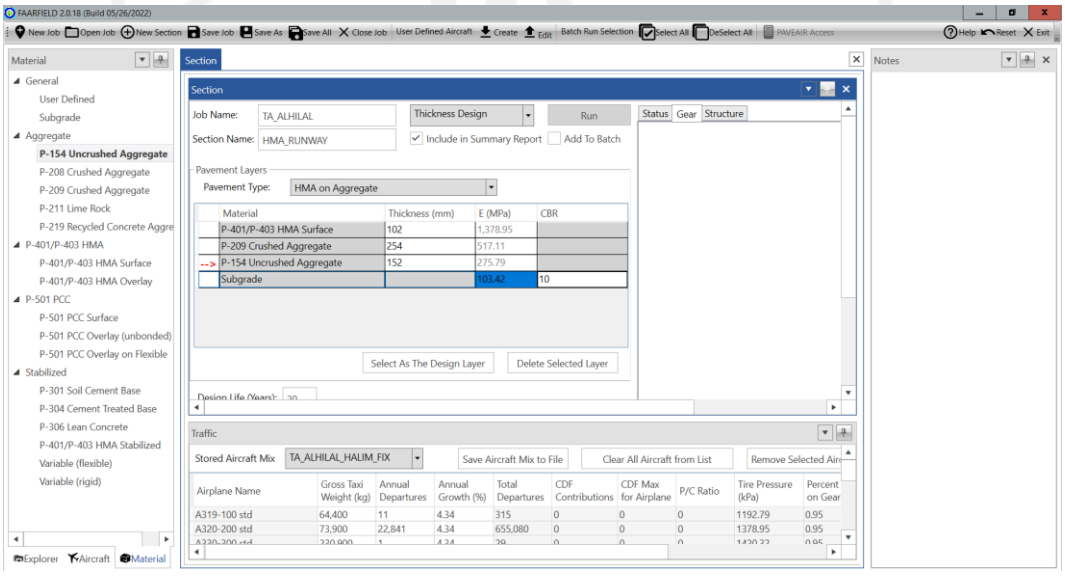
Gambar 5. 16 Memasukkan Data Lalu Lintas Pesawat

Setelah memasukkan data lalu lintas pesawat, selanjutnya memilih tipe perkerasan seperti pada kolom *pavement type* yaitu *new flexible* dan memilih material. Pada penelitian ini material – material yang dipilih berdasarkan FAA, lapisan *surface* memakai material P-401/P403 HMA *Surface* dengan tebal minimum 4 inch, lapisan *base* memakai material P-209 *Crushed Agregate* dimana material ini dipilih dikarenakan persyaratan FAA yang merekomendasikan material P-209 *Crushed Agregate* untuk perkerasan yang memuat beban pesawat ≥100.000 lbs, lapisan *subbase* memakai material P-154 dikarenakan satu – satunya material yang dapat dipakai untuk lapisan *subbase* sesuai dengan Tabel 3.9. Pemilihan *pavement type* dan *material* dapat dilihat pada Gambar 5.17 berikut.



Gambar 5. 17 Memilih Tipe Perkerasan

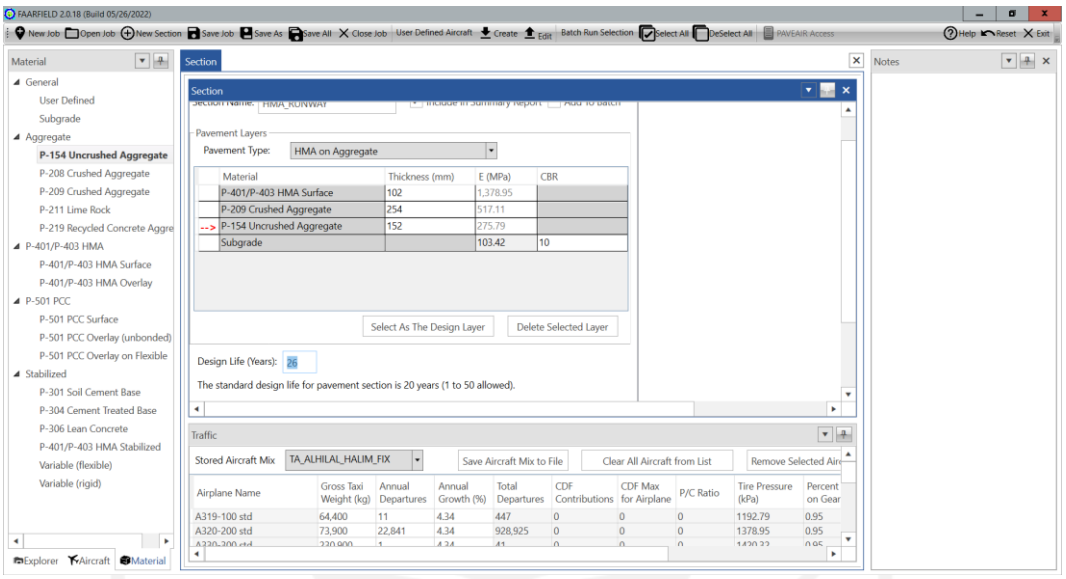
Selanjutnya memasukkan nilai CBR pada kolom CBR *Subgrade* dengan satuan persen, dalam hal ini nilai CBR *Subgrade* pada *runway* adalah 10% seperti pada Gambar 5.18 berikut.



Gambar 5. 18 Memasukkan Data CBR

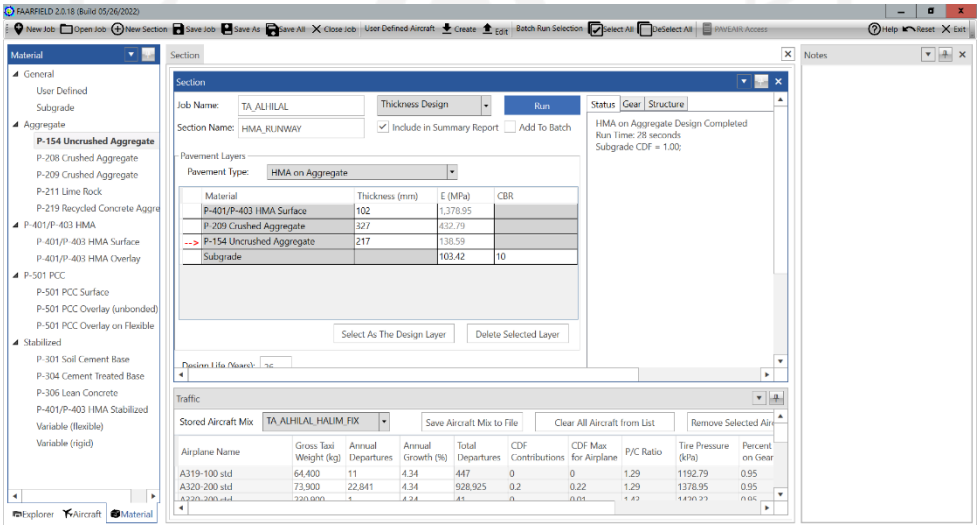
Selanjutnya memasukkan umur rencana pada kolom *design life* dengan satuan tahun, dalam hal ini umur rencana desain perkerasan yaitu 20 tahun ditambah jarak

tahun data yang diperoleh yaitu 2017 dengan tahun dilakukannya penelitian pada tahun 2023 yaitu 6 tahun, sehingga dimasukkan 26 tahun seperti pada Gambar 5.19 berikut.



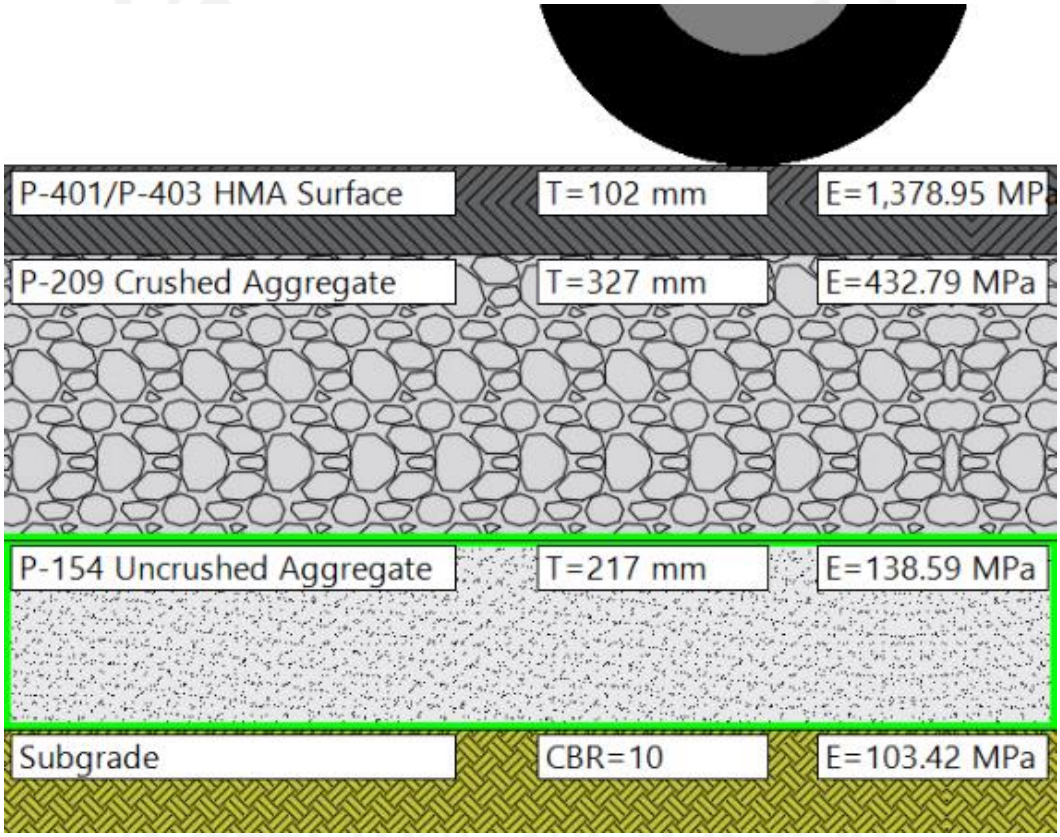
Gambar 5. 19 Memasukkan Umur Rencana

Setelah langkah – langkah diatas telah dilakukan, klik *run* untuk memulai analisis desain tebal perkerasan yang dimulai dari tebal minimum tiap lapisan dan tunggu hasilnya seperti pada Gambar 5.20 berikut.



Gambar 5. 20 *Running Design*

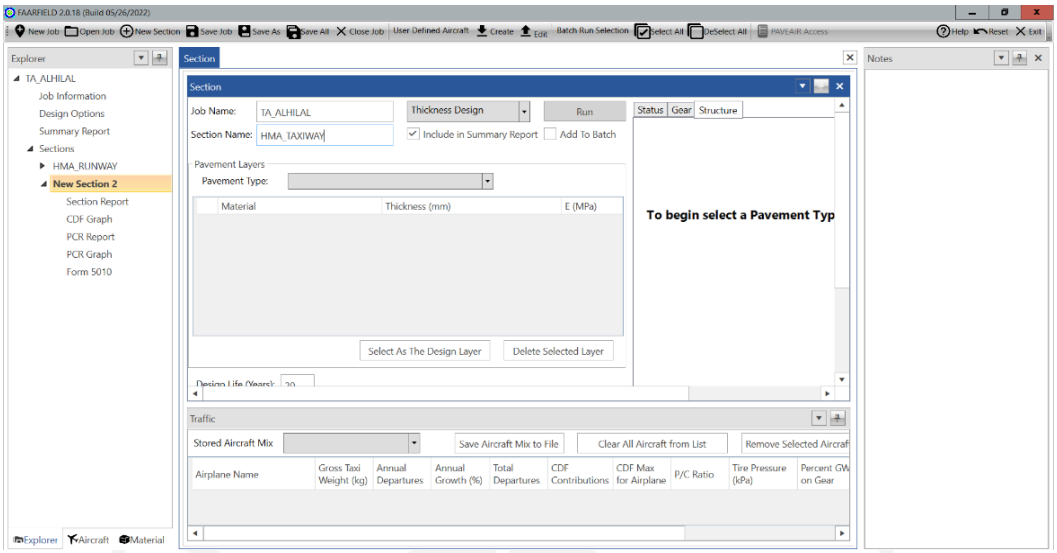
Pada metode mekanistik berdasarkan FAA ini memakai nilai CDF untuk menentukan tebal lapis perkerasan. Jika desain mendapatkan nilai CDF = 1, maka desain dianggap sudah memuaskan oleh FAARFIELD. Berdasarkan analisis tersebut didapat desain tebal perkerasan lentur pada *runway* yaitu, 102 mm untuk lapisan *surface,* 327 mm untuk lapisan *base,* dan 216 mm untuk lapisan *subbase* sehingga total tebal perkerasan pada *runway* yaitu 645 mm. Adapun gambar ilustrasi tebal lapisan perkerasan dapat dilihat pada Gambar 5.21 berikut.



Gambar 5. 21 Ilustrasi Tebal Lapisan Perkerasan pada *Runway* berdasarkan FAARFIELD

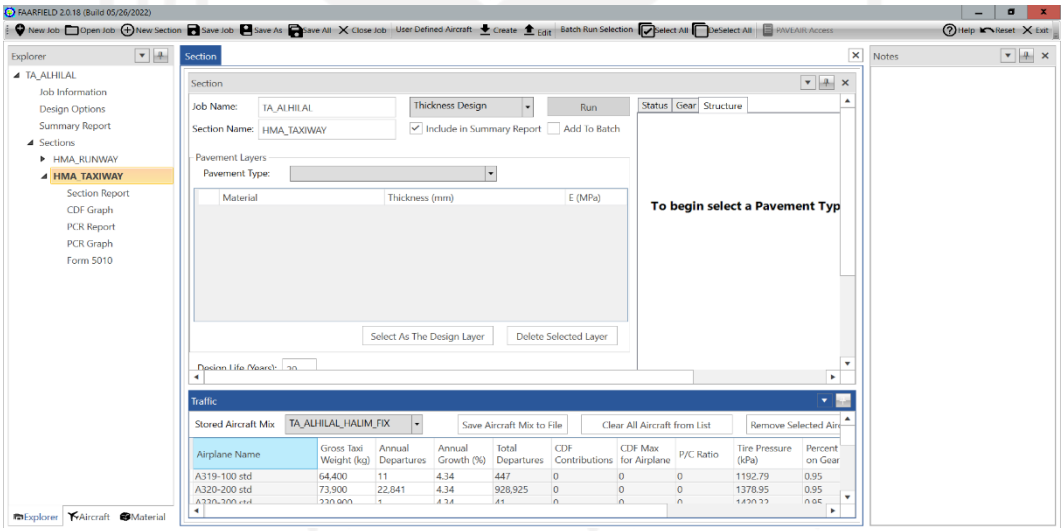
2. Menghitung Perkerasan Lentur pada *Taxiway*

Membuat *section* baru untuk desain tebal perkerasan lentur pada *taxiway* seperti gambar dibawah ini. Pada Gambar 5.22 ini *section name* diisi dengan HMA_TAXIWAY.



Gambar 5. 22 Membuat *New Section*

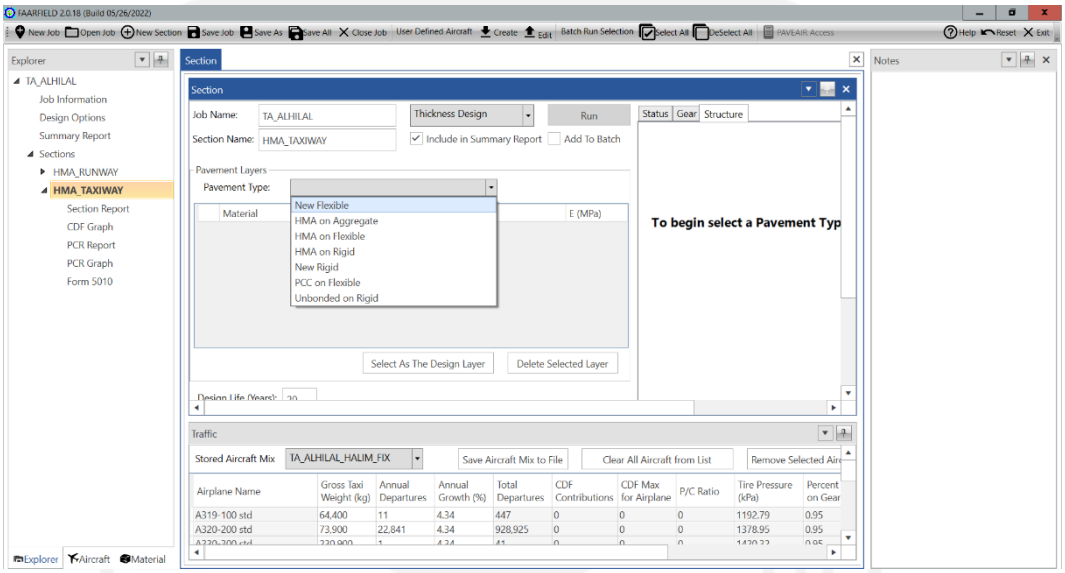
Selanjutnya memasukkan data lalu lintas pesawat dengan cara klik *traffic,* lalu klik dua kali untuk memilih pesawat yang tersedia di tab *aircraft* dan masukkan *annual departures* serta *annual growth* seperti pada Gambar 5.23 berikut.



Gambar 5. 23 Memasukkan Data Lalu Lintas Pesawat

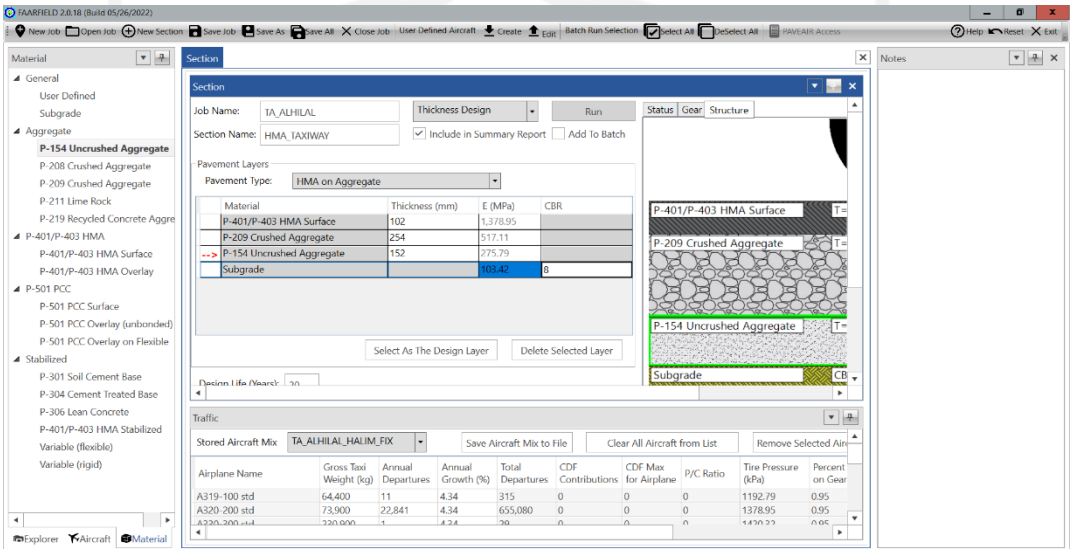
Setelah memasukkan data lalu lintas pesawat, selanjutnya memilih tipe perkerasan seperti pada kolom *pavement type* yaitu *new flexible* dan memilih material. Pada penelitian ini material – material yang dipilih berdasarkan FAA, lapisan *surface* memakai material P-401/P403 HMA *Surface* dengan tebal minimum 4 inch, lapisan *base* memakai material P-209 *Crushed Agregate* dimana

material ini dipilih dikarenakan persyaratan FAA yang merekomendasikan material P-209 *Crushed Agregate* untuk perkerasan yang memuat beban pesawat ≥100.000 lbs, lapisan *subbase* memakai material P-154 dikarenakan satu – satunya material yang dapat dipakai untuk lapisan *subbase* sesuai dengan Tabel 3.9. Pemilihan *pavement type* dan material dapat dilihat pada Gambar 5.24 berikut.



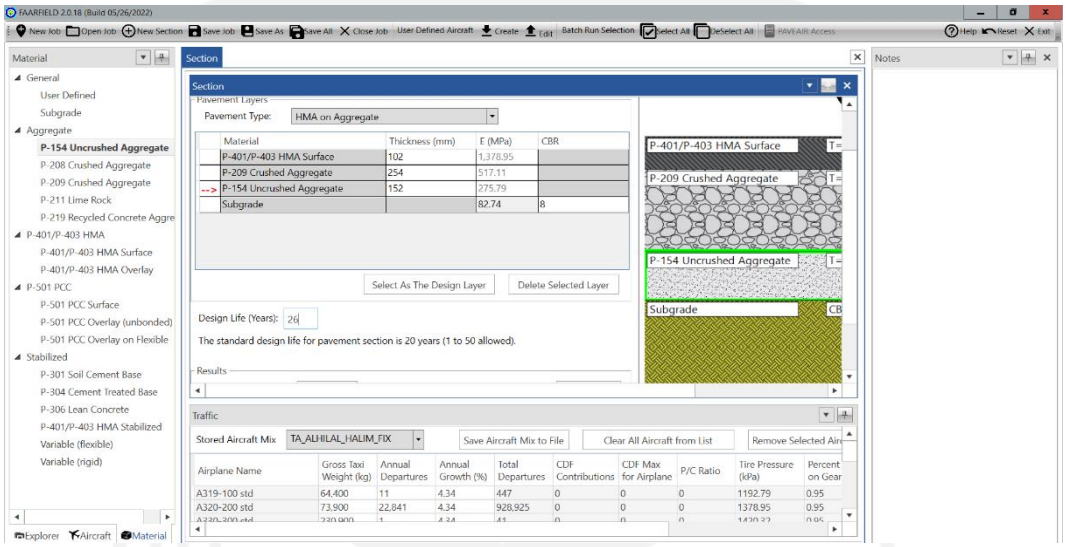
Gambar 5. 24 Memilih Tipe Perkerasan

Selanjutnya memasukkan nilai CBR pada kolom CBR *Subgrade* dengan satuan persen, dalam hal ini nilai CBR *subgrade* pada *taxiway* adalah 8% seperti pada Gambar 5.25 berikut.



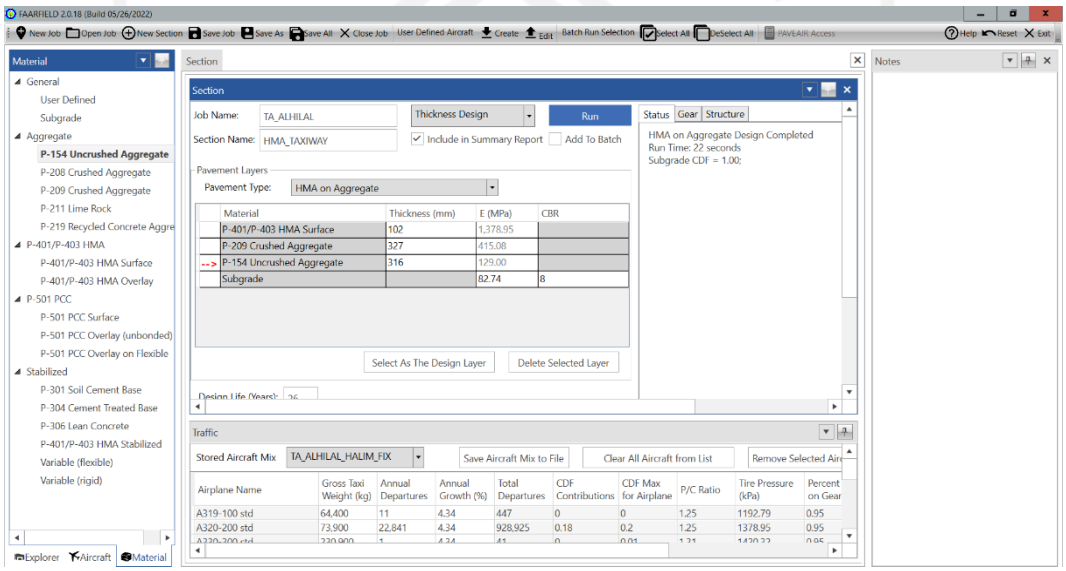
Gambar 5. 25 Memasukkan Data CBR

Selanjutnya memasukkan umur rencana pada kolom *design life* dengan satuan tahun, dalam hal ini umur rencana desain perkerasan yaitu 20 tahun ditambah jarak tahun data yang diperoleh yaitu 2017 dengan tahun dilakukannya penelitian pada tahun 2023 yaitu 6 tahun, sehingga dimasukkan 26 tahun seperti pada Gambar 5.26 berikut.



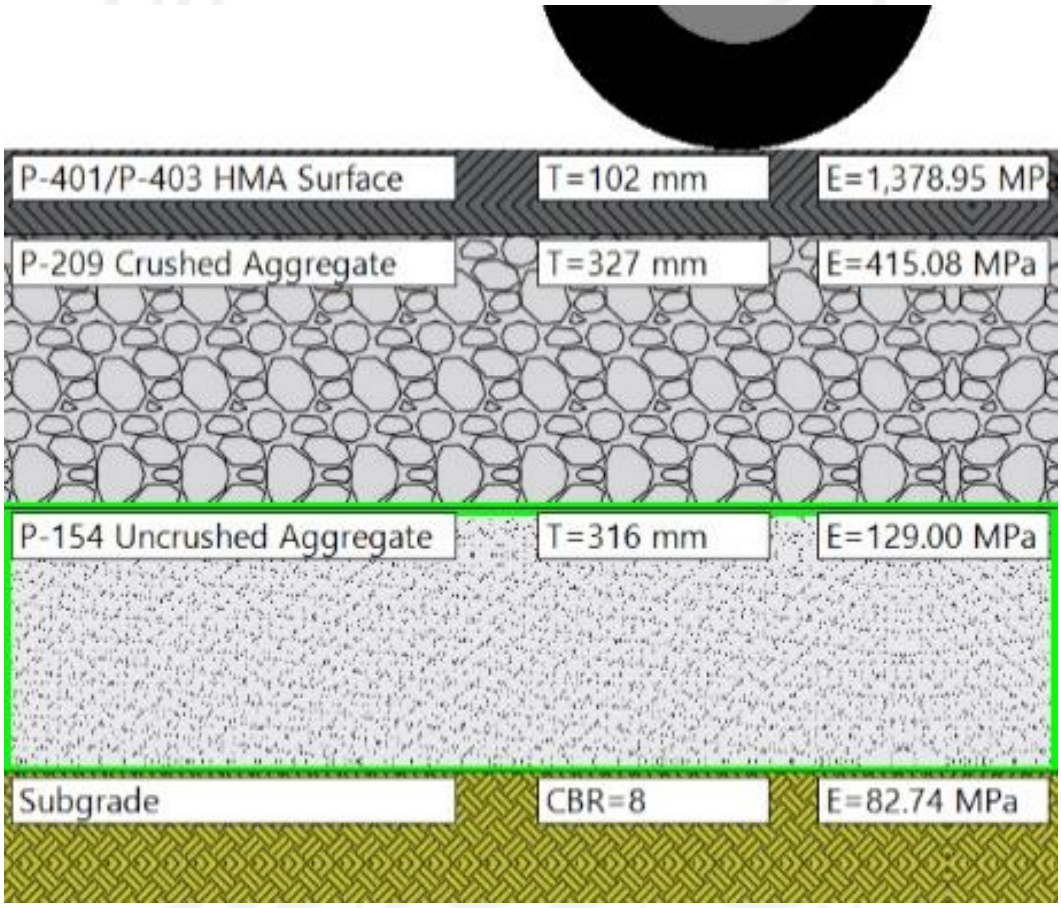
Gambar 5. 26 Memasukkan Umur Rencana

Setelah langkah – langkah diatas telah dilakukan, klik *run* untuk memulai analisis desain tebal perkerasan yang dimulai dari tebal minimum tiap lapisan dan tunggu hasilnya seperti pada Gambar 5.27 berikut.



Gambar 5. 27 *Running Design*

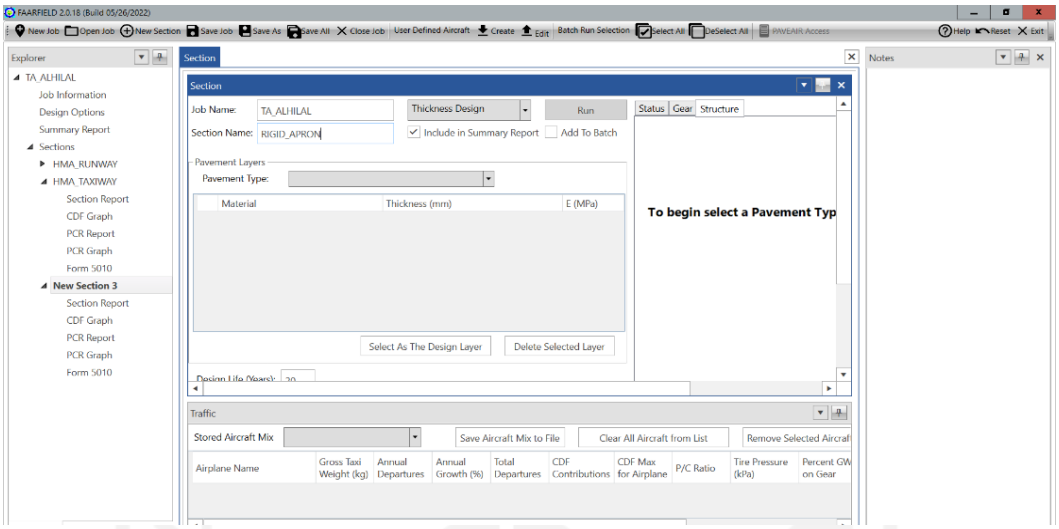
Pada metode mekanistik berdasarkan FAA ini memakai nilai CDF untuk menentukan tebal lapis perkerasan. Jika desain mendapatkan nilai CDF = 1, maka desain dianggap sudah memuaskan oleh FAARFIELD. Berdasarkan analisis tersebut didapat desain tebal perkerasan lentur pada *taxiway* yaitu, 102 mm untuk lapisan *surface,* 327 mm untuk lapisan *base,* dan 316 mm untuk lapisan *subbase* sehingga total tebal perkerasan pada *taxiway* yaitu 745 mm. Adapun gambar ilustrasi tebal lapisan perkerasan dapat dilihat pada Gambar 5.28 berikut.



Gambar 5. 28 Ilustrasi Tebal Lapisan Perkerasan pada *Taxiway* berdasarkan FAARFIELD

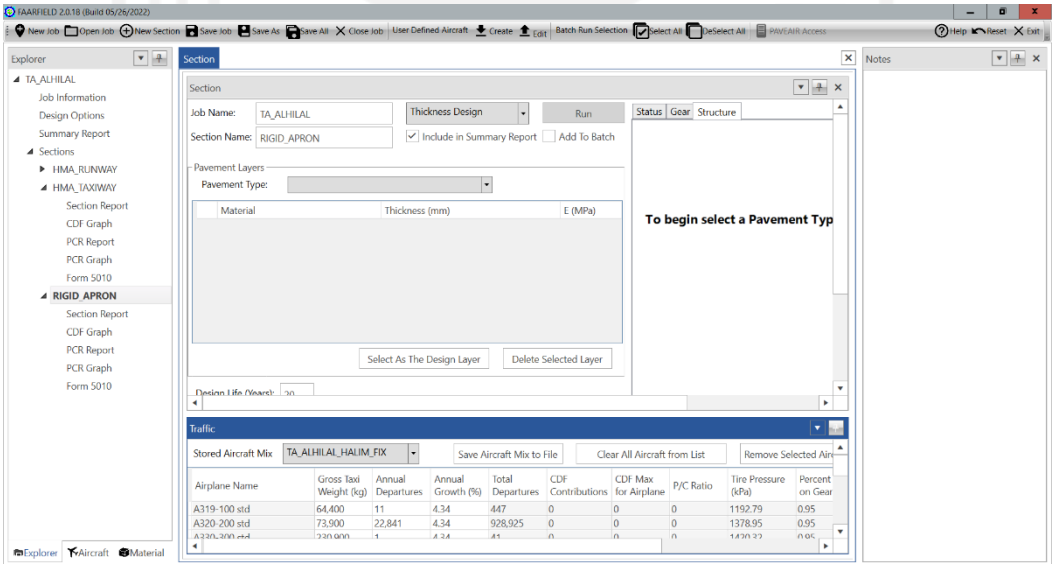
3. Menghitung Perkerasan Lentur pada *Apron*

Membuat *section* baru untuk desain tebal perkerasan lentur pada *apron* seperti gambar dibawah ini. Pada Gambar 5.29 ini *section name* diisi dengan RIGID_APRON.



Gambar 5. 29 Membuat *New Section*

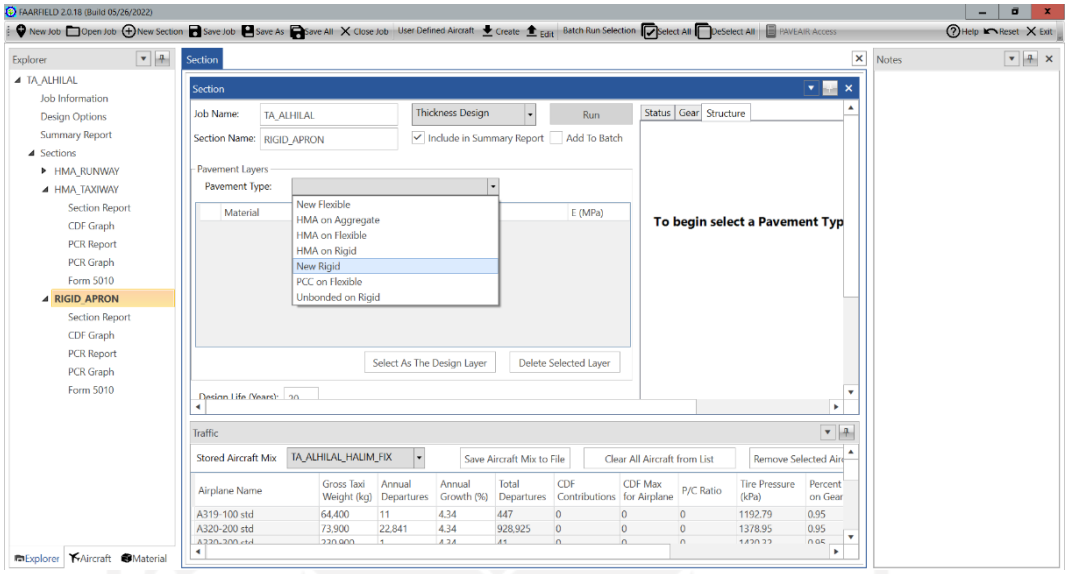
Selanjutnya memasukkan data lalu lintas pesawat dengan cara klik *traffic,* lalu klik dua kali untuk memilih pesawat yang tersedia di tab *aircraft* dan masukkan *annual departures* serta *annual growth* seperti pada Gambar 5.30 berikut.



Gambar 5. 30 Memasukkan Data Lalu Lintas Pesawat

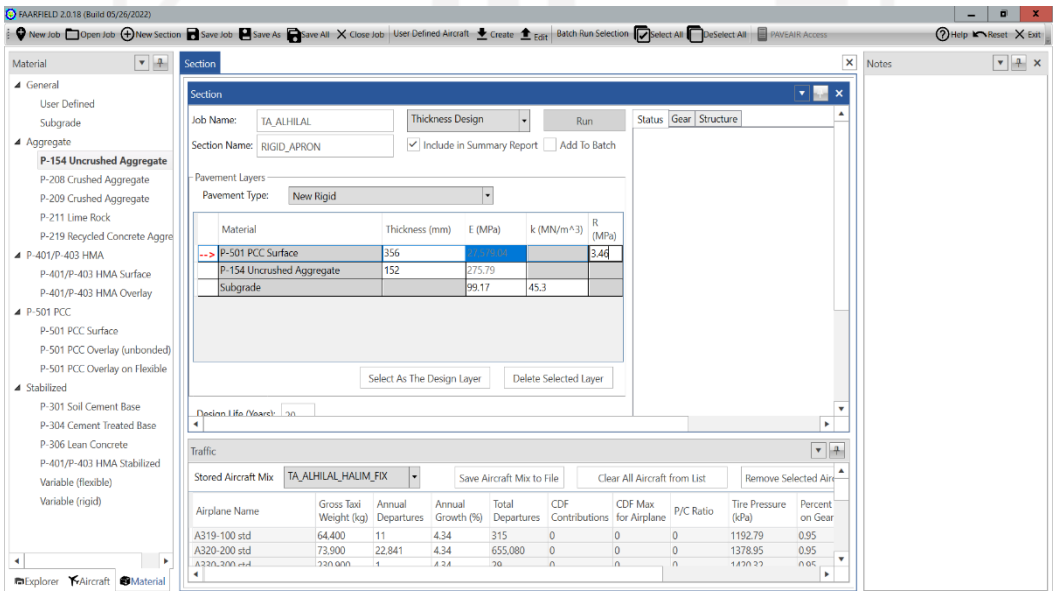
Setelah memasukkan data lalu lintas pesawat, selanjutnya memilih tipe perkerasan seperti pada kolom *pavement type* yaitu *new rigid* dan memilih material. Pada penelitian ini material – material yang dipilih berdasarkan FAA, lapisan *surface* memakai material P-501 (*Portland Cement Concrete Pavement*) dan

lapisan *subbase* memakai material P-154 dikarenakan satu – satunya material yang dapat dipakai untuk lapisan *subbase* sesuai dengan Tabel 3.9. Pemilihan *pavement type* dan material dapat dilihat pada Gambar 5.31 berikut.



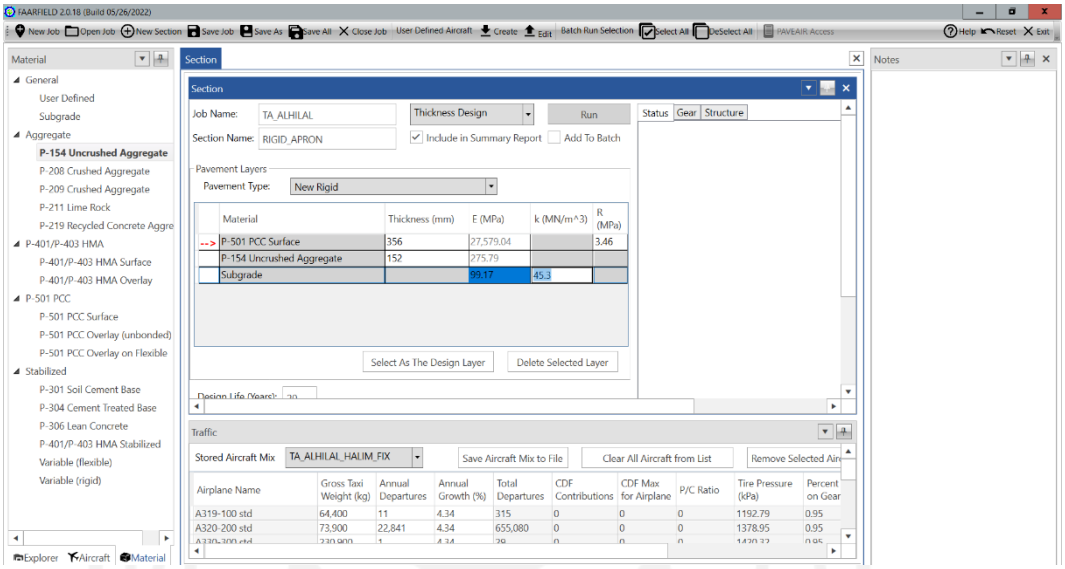
Gambar 5. 31 Memilih Tipe Perkerasan

Selanjutnya memasukkan nilai kuat lentur beton pada kolom R dengan satuan MPa, dalam hal ini nilai kuat lentur beton yaitu 3,46 MPa seperti pada Gambar 5.32 berikut.



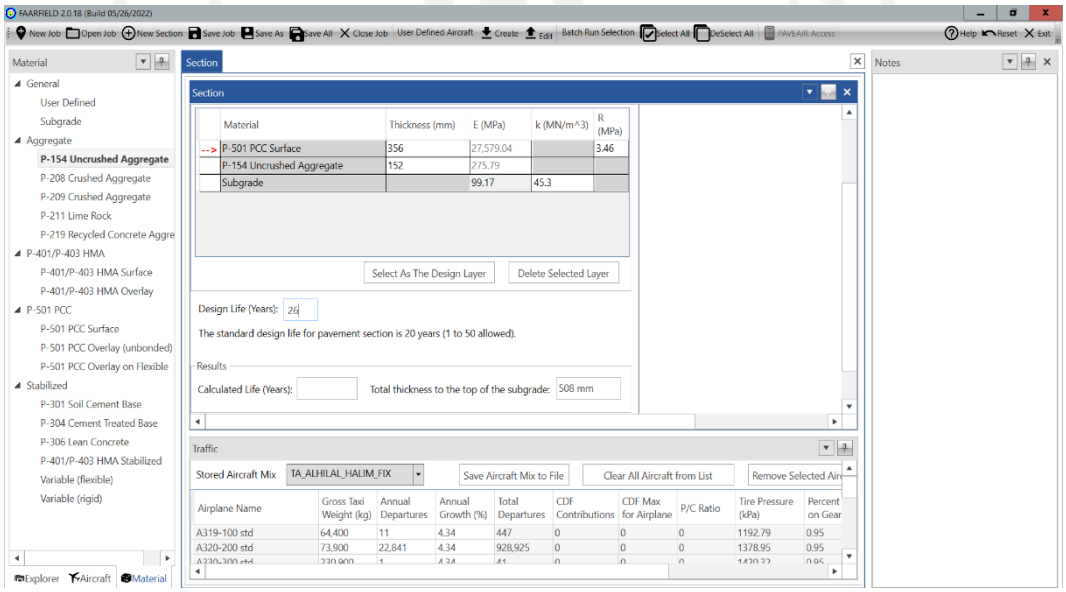
Gambar 5. 32 Memasukkan Nilai Kuat Lentur Beton

Selanjutnya memasukkan Nilai K *subgrade* (*modulus of soil reaction*) untuk *runway* yaitu 44,5920 MN/m^3 seperti pada Gambar 5.33 berikut.



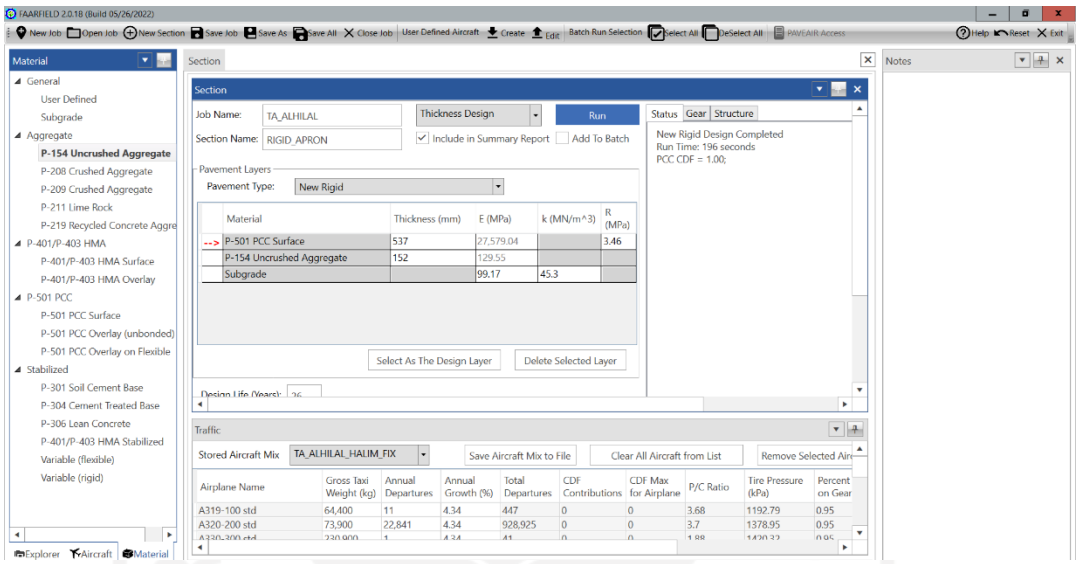
Gambar 5. 33 Memasukkan Nilai K *Subgrade*

Selanjutnya memasukkan umur rencana pada kolom *design life* dengan satuan tahun, dalam hal ini umur rencana desain perkerasan yaitu 20 tahun ditambah jarak tahun data yang diperoleh yaitu 2017 dengan tahun dilakukannya penelitian pada tahun 2023 yaitu 6 tahun, sehingga dimasukkan 26 tahun seperti pada Gambar 5.34 berikut.



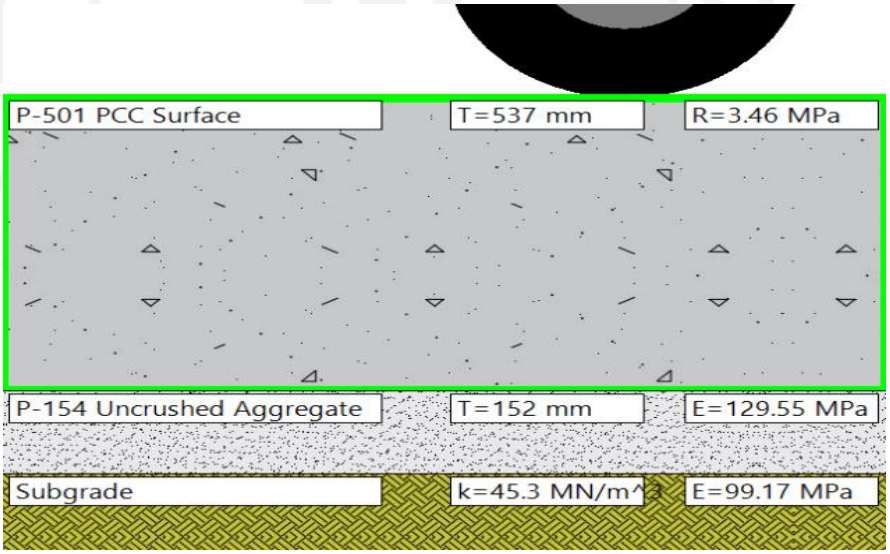
Gambar 5. 34 Memasukkan Umur Rencana

Setelah langkah – langkah diatas telah dilakukan, klik *run* untuk memulai analisis desain tebal perkerasan yang dimulai dari tebal minimum tiap lapisan dan tunggu hasilnya seperti pada Gambar 5.35 berikut.



Gambar 5. 35 *Running Design*

Berdasarkan analisis tersebut didapat desain tebal perkerasan lentur pada *apron* yaitu, 537 mm untuk lapisan *surface,* dan 152 mm untuk lapisan *subbase* sehingga total tebal perkerasan pada *apron* yaitu 689 mm. Adapun gambar ilustrasi tebal lapisan perkerasan dapat dilihat pada Gambar 5.36 berikut.



Gambar 5. 36 Ilustrasi Tebal Lapisan Perkerasan pada *Apron* berdasarkan FAARFIELD

Hasil dari desain tebal perkerasan dengan menggunakan metode mekanistik berdasarkan FAA pada *runway* yaitu, 102 mm untuk lapisan *surface,* 327 mm untuk lapisan *base,* dan 216 mm untuk lapisan *subbase* sehingga total tebal perkerasan pada *runway* yaitu 645 mm, pada *taxiway* yaitu, 102 mm untuk lapisan *surface,* 327 mm untuk lapisan *base,* dan 316 mm untuk lapisan *subbase* sehingga total tebal perkerasan pada *taxiway* yaitu 745 mm, pada *apron* yaitu, 537 untuk lapisan *surface* mm dan 152 mm untuk lapisan *subbase* sehingga total tebal perkerasan pada *apron* yaitu 689 mm. Ketiga perencanaan tebal lapisan perkerasan tersebut memiliki hasil yang berbeda - beda, hal itu disebabkan oleh nilai CBR yang berbeda di tiap areanya. Semakin besar nilai CBR, maka semakin tipis tebal perkerasan yang dihasilkan.

Hal ini sejalan dengan penelitian terdahulu, Paramahamsa & Sari (2022) yang melakukan penelitian dengan hasil ketebalan lapis perkerasan suatu area akan lebih tipis ketika nilai CBR nya lebih besar dibanding area lainnya.

5.3 Pembahasan

Berdasarkan perhitungan desain tebal perkerasan dengan dua metode diatas, maka didapatkan hasil seperti pada Tabel 5.12, Tabel 5.13 dan Tabel 5.14 berikut.

Tabel 5. 12 Rekapitulasi Tebal Lapis Perkerasan Metode Empiris dan Metode Mekanistik pada *Runway*

Metode Empiris		Metode Mekanistik	
Lapisan	Tebal (mm)	Lapisan	Tebal (mm)
Surface	102	*Surface*	102
Base	360	*Base*	327
Subbase	269,87	*Subbase*	216
Total	732,15	Total	645

Tabel 5. 13 Rekapitulasi Tebal Lapis Perkerasan Metode Empiris dan Metode Mekanistik pada *Taxiway*

Metode Empiris		Metode Mekanistik	
Lapisan	Tebal (mm)	Lapisan	Tebal (mm)
Surface	102	*Surface*	102
Base	355,6	*Base*	327
Subbase	410,53	*Subbase*	316
Total	867,73	Total	745

Tabel 5. 14 Rekapitulasi Tebal Lapis Pekerasan Metode Empiris dan Metode Mekanistik pada *Apron*

Metode Empiris		Metode Mekanistik	
Lapisan	Tebal (mm)	Lapisan	Tebal (mm)
Surface	555,89	*Surface*	537
Subbase	190	*Subbase*	152
Total	745,89	Total	689

Berdasarkan tabel – tabel diatas dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan hasil tebal masing – masing perkerasan pada kedua metode. Kedua metode tersebut didasarkan oleh nilai CBR 10 % pada *runway,* CBR 8 % pada *taxiway,* CBR 12% pada *apron,* dan data lalu lintas pesawat yang sama.

Pada metode mekanistik memiliki *input design* berupa data nilai CBR data lalu lintas pesawat beserta *annual departures* dan spesifikasi material yang akan digunakan, sedangkan pada metode empiris perlu memiliki pesawat rencana, dimana pesawat rencana ini tidak selalu pesawat terberat yang akan digunakan pada perkerasan tersebut, melainkan pesawat yang memberi dampak ketebalan terbesar pada perkerasan.

Perbedaan *input design* lainnya juga dibedakan oleh pemilihan material, untuk metode empiris pemilihan material dilakukan diakhir setelah ketebalan lapis perkerasan diketahui, sehingga perlu adanya konversi ketebalan lapisan terhadapa nilai konversi masing – masing material, sedangkan untuk metode mekanistik

pemilihan material dilakukan diawal sehingga hasil akhir ketebalan sudah mempertimbangkan material yang digunakan.

Perbedaan hasil perhitungan dari kedua metode pada perkerasan lentur pada metode empiris disebabkan oleh hasil dari tebal pada lapisan *subbase* dipengaruhi oleh tebal minimum pada lapisan *base* yang didapat dari grafik, sedangkan pada metode mekanistik dengan bantuan *software* FAARFIELD akan otomatis dimulai dari ketebalan minimum sehingga tidak mempengaruhi ketebalan lapisan yang lain.

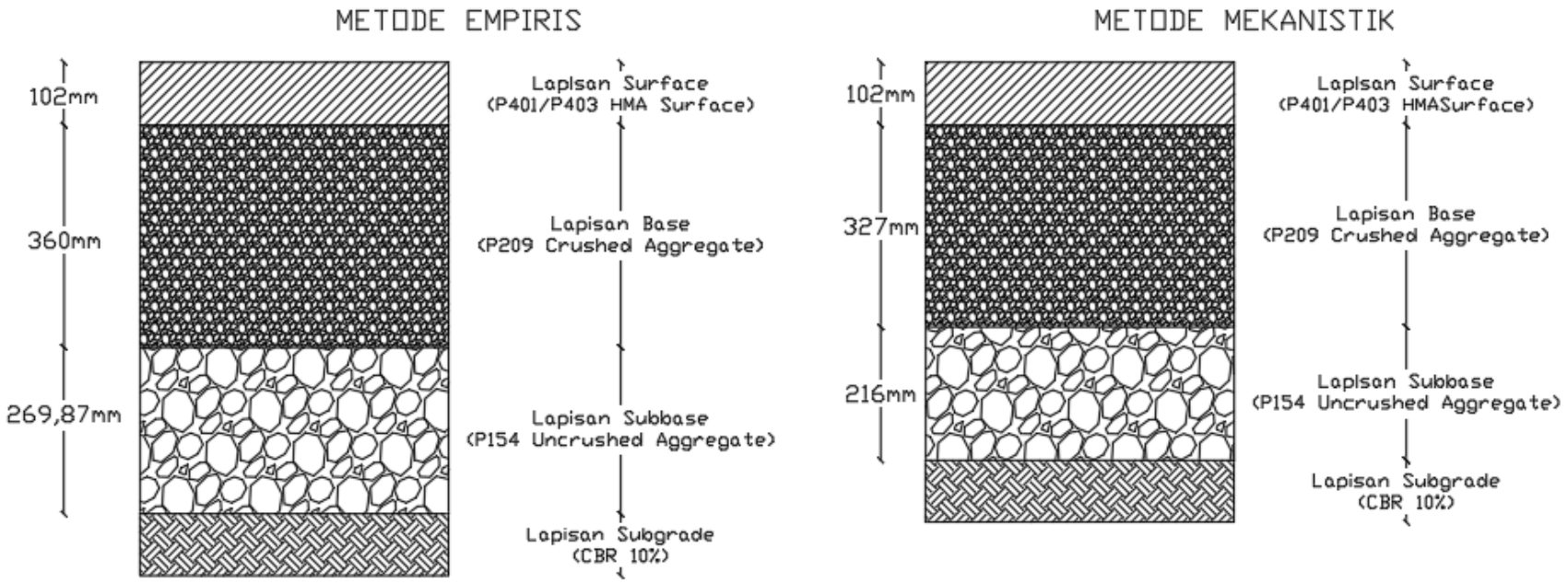
Penggunaan *software* FAARFIELD merupakan metode yang lebih efisien dan aktual untuk analisis tebal perkerasan pada bandara. *Software* FAARFIELD memiliki *input design* yang beragam dari segi pemilihan pesawat dan material mengakibatkan efisiensi dalam penggunaannya. Hal itu juga dikarenakan *software* FAARFIELD ini sudah terintegerasi dengan FAA *Advisory Circular* 150/5320-6G yang diterbitkan pada tahun 2021.

Hasil yang diperoleh pada penelitian ini yaitu metode mekanistik berdasarkan FAA 150/5320-6G menghasilkan ketebalan yang lebih tipis dibanding metode empiris berdasarkan FAA 150/5320-6D. Beberapa hal yang mempengaruhi yaitu metode empiris menggunakan grafik sehingga perlu adanya ketelitian guna memperkecil resiko kesalahan dalam pembacaan grafik, sedangkan metode mekanistik lebih spesifik dikarenakan dalam perhitungannya mempertimbangkan respon pembebanan seperti tegangan, regangan dan defleksi.

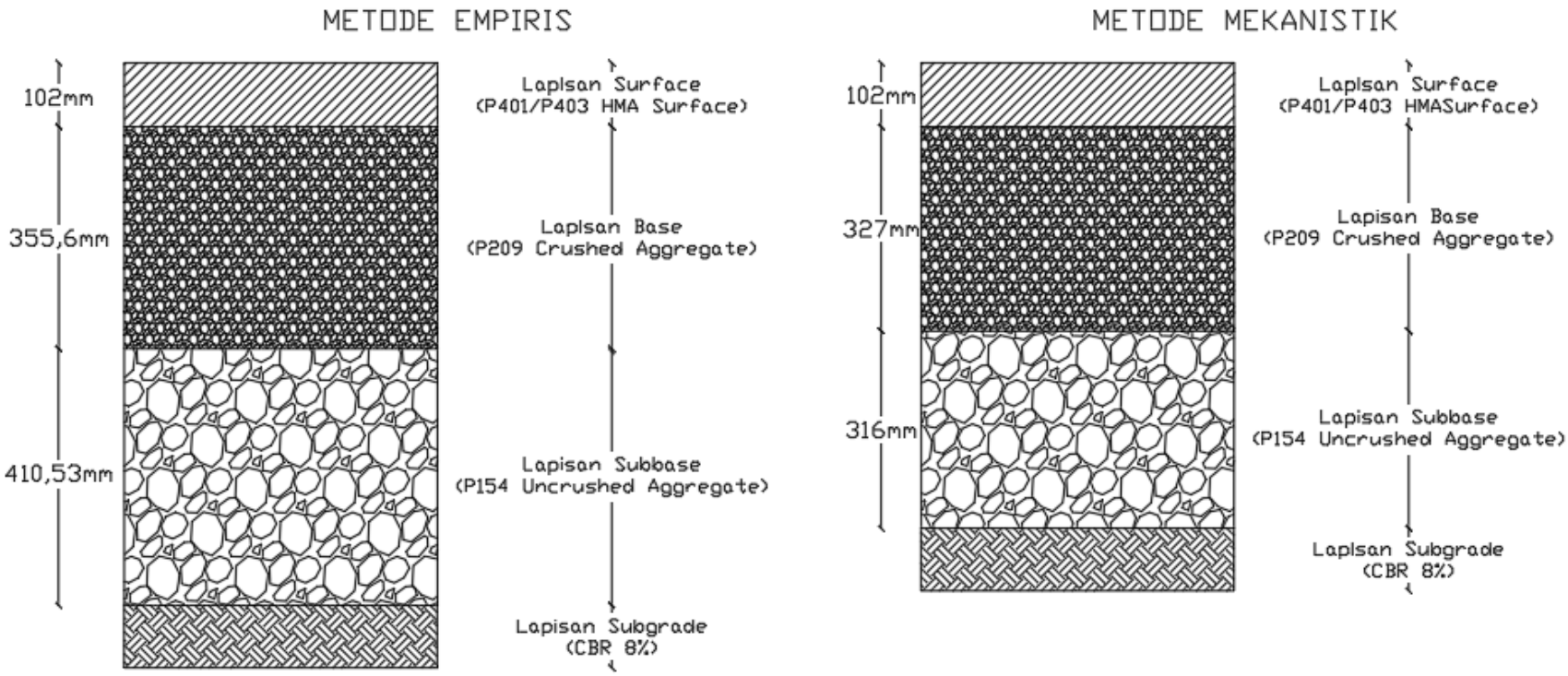
Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang memiliki objek bandara berbeda dan penggunaan alat bantu berupa program komputer yang juga berbeda, terdapat perbedaan hasil antara metode mekanistik dan empiris. Sari, dkk (2019) menyimpulkan bahwa metode mekanistik, pada desain perkerasan baru, menghasilkan tebal total struktur perkerasan yang lebih tipis dari pada metode empiris.

5.4 Gambar Desain Tebal Perkerasan

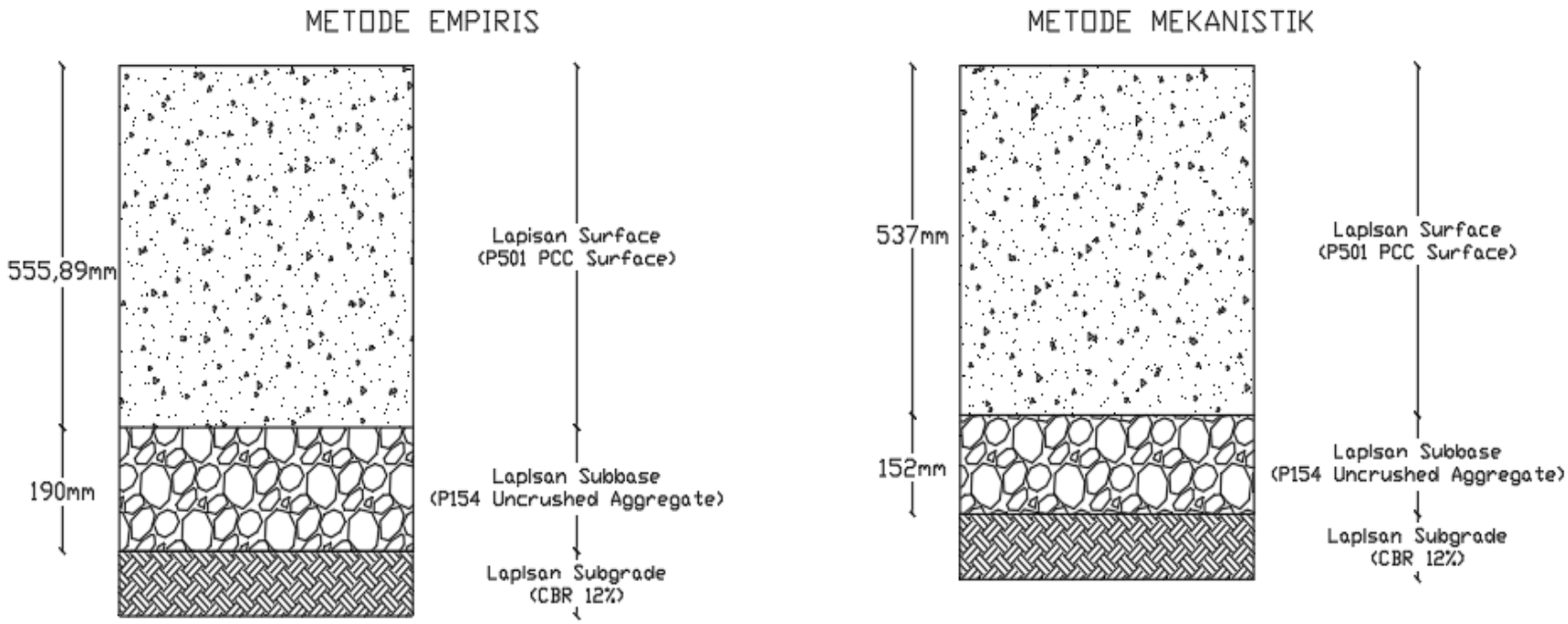
Berdasarkan perhitungan desain tebal perkerasan dengan dua metode diatas, maka didapatkan gambar desain tebal perkerasan seperti Gambar 5.37, Gambar 5.38 dan Gambar 5.39 berikut.



Gambar 5. 37 Gambar Desain Tebal Perkerasan Metode Empiris dan Metode Mekanistik pada *Runway*



Gambar 5. 38 Gambar Desain Tebal Perkerasan Metode Empiris dan Metode Mekanistik pada *Taxiway*



Gambar 5. 39 Gambar Desain Tebal Perkerasan Metode Empiris dan Metode Mekanistik pada *Apron*

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Hasil dari desain tebal perkerasan dengan menggunakan metode empiris berdasarkan FAA *Advisory Circular* 150/5320-6D pada *runway* yaitu 102 mm pada lapisan *surface,* 360 mm pada lapisan *base,* dan 269,8 mm pada lapisan *subbase* dengan total tebal keseluruhan adalah 732,1 mm. Pada *taxiway* adalah 102 mm pada lapisan *surface,* 355,6 mm pada lapisan *base,* dan 410,5 mm pada lapisan *subbase* dengan total tebal keseluruhan adalah 867,7 mm. Pada *apron* adalah tebal lapisan beton adalah 555,89 mm dan tebal lapisan *subbase* 19 cm, sehingga total tebal perkerasan kaku pada *taxiway* adalah 745,89 mm.
2. Hasil dari desain tebal perkerasan dengan menggunakan metode mekanistik berdasarkan FAA 150/5320-6G pada *runway* yaitu, 102 mm untuk lapisan *surface,* 327 mm untuk lapisan *base,* dan 216 mm untuk lapisan *subbase* sehingga total tebal perkerasan pada *runway* yaitu 645 mm. Pada *taxiway* yaitu, 102 mm untuk lapisan *surface,* 327 mm untuk lapisan *base,* dan 316 mm untuk lapisan *subbase* sehingga total tebal perkerasan pada *taxiway* yaitu 745 mm. Pada *apron* yaitu, 537 mm untuk lapisan *surface* dan 152 mm untuk lapisan *subbase* sehingga total tebal perkerasan pada *apron* yaitu 689 mm.
3. Kedua metode tersebut memiliki hasil yang berbeda, dimana metode empiris lebih tebal dari pada metode mekanistik. Ada faktor - faktor yang menyebabkan perbedaaan hasil dari kedua metode tersebut yaitu, parameter input untuk metode mekanistik berupa data CBR *subgrade* dan data lalu lintas

pesawat, sedangkan untuk metode empiris berdasarkan FAA 150/5320-6D berupa data CBR *Subgrade,* data CBR *Subbase,* data lalu lintas pesawat dan pemilihan pesawat rencana, faktor selanjutnya diakibatkan oleh perbedaan cara perhitungan yaitu dengan menggunakan program komputer FAARFIELD dan perhitungan manual dengan menggunakan grafik – grafik.

6.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Penelitian ini dapat dikembangkan dengan menggunakan metode *Load Classification Number* (LCN) dan program komputer yang lain, untuk dijadikan bahan sebagai pembanding.
2. Penggunaan grafik pada metode empiris perlu menghindari kesalahan dalam pembacaan guna untuk mendapatkan hasil perkerasan yang lebih akurat.
3. Melakukan kajian lanjutan berupa kajian banding untuk penelitian ini dengan membandingkan desain perkerasan kaku (*rigid pavement*) pada *runway* dan *taxiway*.
4. Data lalu lintas pesawat yang digunakan dapat diperbarui sesuai dengan area yang ditinjau guna menghasilkan tebal perkerasan yang lebih aktual.

DAFTAR PUSTAKA

Anis, M. (2016). Analisis Perbandingan Metode Empiris dan Metode Mekanistik Dalam Perancangan Landasan Bandar Udara: Studi Kasus Bandar Udara Kertajati–Majalengka. *Warta Penelitian Perhubungan*, *28*(6), 413–428.

Badan Pusat Statistik. (2020). *Berapa Kepadatan Penduduk Dki Jakarta Saat Ini?* Badan Pusat Statistik Jakarta. https://statistik.jakarta.go.id/berapa-kepadatan-penduduk-dki-jakarta-saat-ini/

Basuki, H. (1985). *Merancang dan Merencana Lapangan Terbang*. Penerbit Alumni.

Bimantoro, M. U. H. F. (2021). *Perencanaan Tebal Lapis Perkerasan Runway, Taxiway Dan Apron Pada Yogyakarta International Airport*. Universitas Islam Indonesia

Dharma, A. B. (2005). *Evaluasi Tebal Lapis Keras Landas Pacu Bandara Adi Sutjipto dengan Metode CBR, FAA dan LCN*.

Federal Adviation Administration. (2021). *Advisory Circular 150/5320-6G*.

Horonjeff, R. (2010). *Planning and Design of Airports, Fifth Edition*. http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=-uhsAwAAQBAJ&pgis=1

International Civil Aviation Organization. (1983). *Idoc.Pub_Icao-Doc-9157-Part-3*.

Kurniawan, K. (2018). Studi Desain Perencanaan Perkerasan Sisi Udara Bandar Udara Tunggul Wulung Cilacap. *Prosiding Semnastek*, 1–10. https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/view/3563

Mufidah, A. H. (2021). *Evaluasi Kinerja Landasan Pacu (Runway) Pada Bandar Udara Husein Sastranegara Dengan Perbandingan Metode Icao Dengan Metode Faa*. Universitas Siliwangi.

Paramahamsa, K. L. M., & Sari, A. N. (2022a). Studi Perencanaan Perkerasan Runway dan Taxiway dengan Metode Federal Aviation Administration. *Journal of Airport Engineering Technology (JAET)*, *2*(2), 67–74. https://doi.org/10.52989/jaet.v2i2.56

Paramahamsa, K. L. M., & Sari, A. N. (2022b). *View of Studi Perencanaan Perkerasan Runway dan Taxiway dengan Metode Federal Aviation Administration.pdf*.

PT Angkasa Pura II (Persero). (2017). *Operasional, Tinjauan Review, Operational*

Tata, Laporan Perusahaan, Kelola Report, Corporate Governance Jawab, Tanggung Perusahaan, Sosial Responsibility, Corporate Social.

Purwanto, H., & Sunandar, A. (2019). Analisa Perencanaan Runway Taxiway Dan Apron Pada Bandara Sultan Mahmud Badaruddin Ii Palembang Menggunakan Metode Faa (Federal Aviation Administration). *Jurnal Deformasi*, *4*(1), 20. https://doi.org/10.31851/deformasi.v4i1.2971

Putranto, L. (2011). Pengertian Bandar Udara. *2011*, 14–49.

Sari, C., Winfried, A., & Surachman, L. (2019). Analisis perkerasan landas pacu bandar udara Husein Sastranegara, Bandung. *Jurnal Infrastruktur*, *5*(1), 51–57.

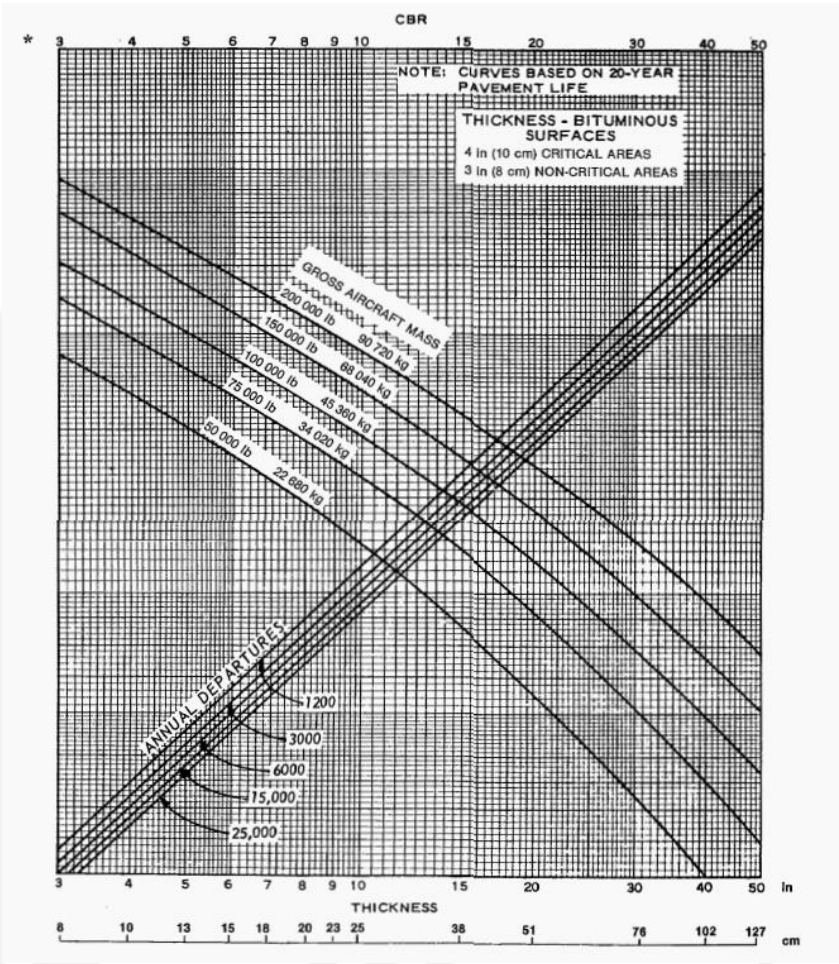
Swantara, I. M. D. (2015). Metode Ilmiah. *Diktat Kuliah*, *2*(2), 1–35. https://simdos.unud.ac.id/uploads/file_pendidikan_dir/959b1b3ab5867b15c36c2b061269bc5b.pdf

Umar, H. (2013). Metode penelitian untuk skripsi dan tesis. *Jakarta: Rajawali*, *42*.

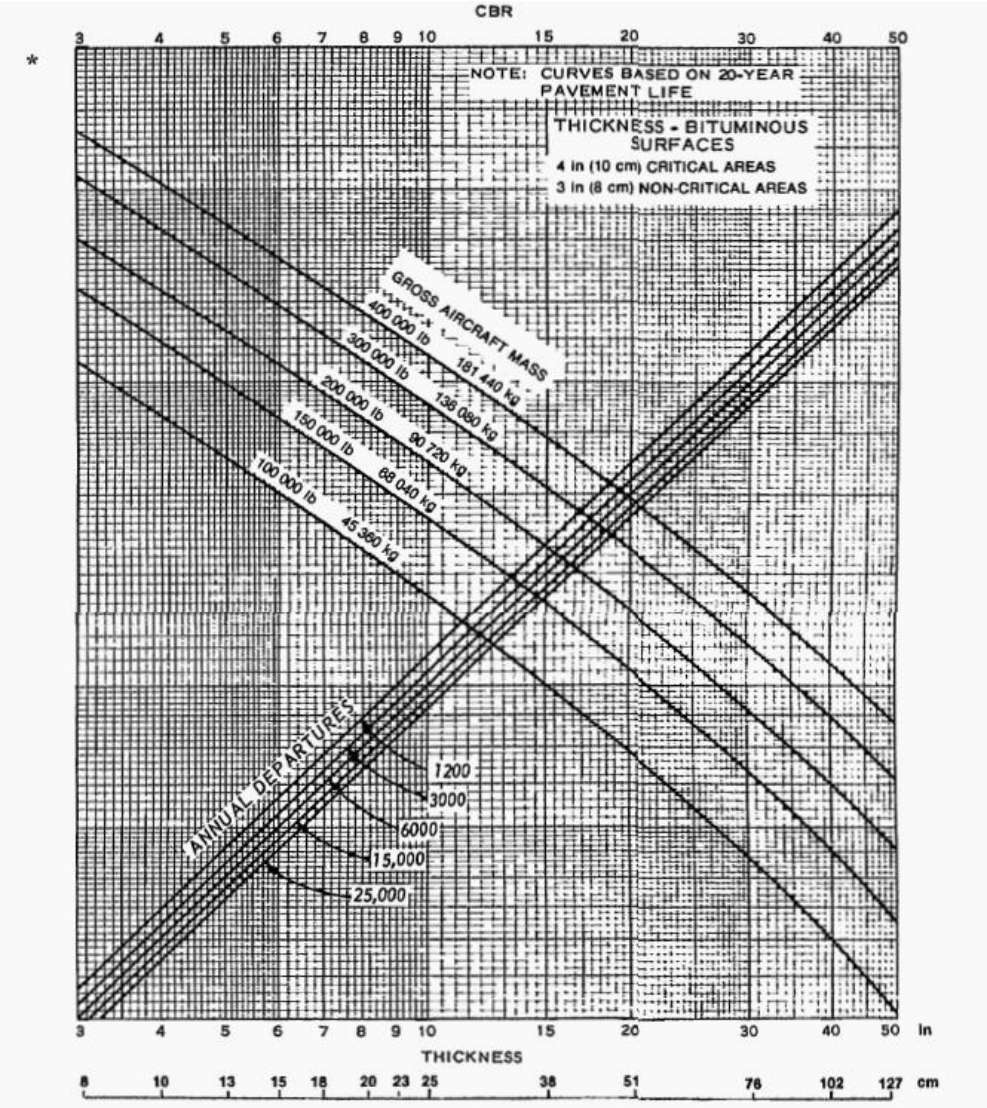
Widiastuti, A. P. (2018). *Analisis Perbandingan Desain Struktur Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Empiris Dan Metode Mekanistik Empiris Pada Ruas Jalan Legundi-Kanigoro- Planjan*.

LAMPIRAN

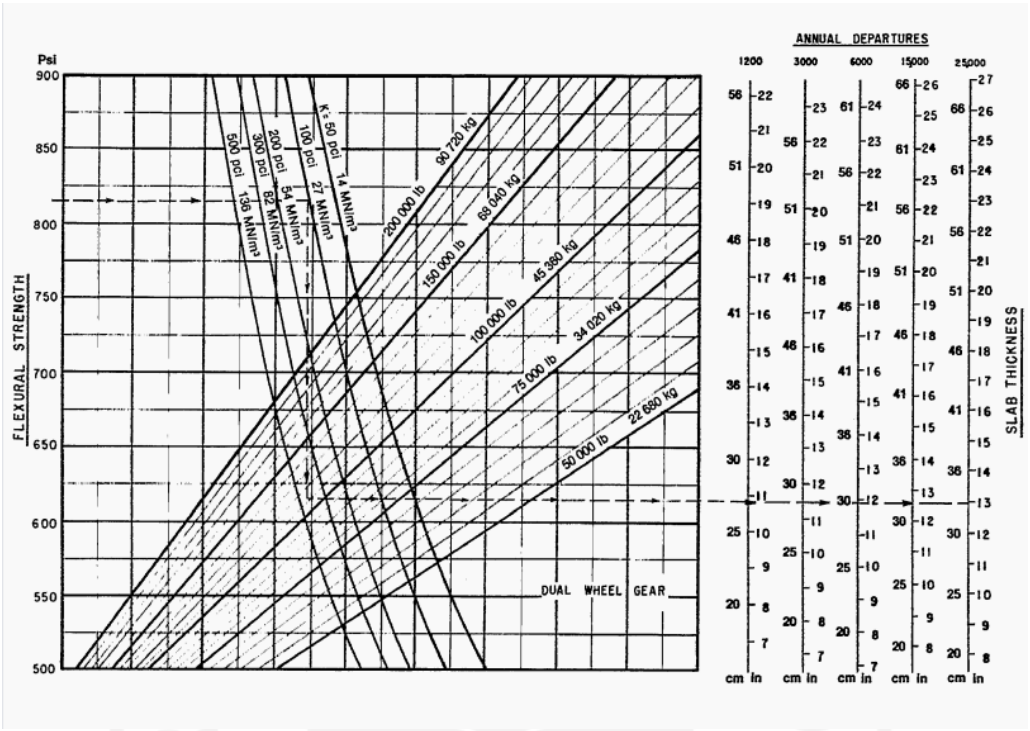
Lampiran 1 Gambar Grafik Desain Tebal Lapis Perkerasan



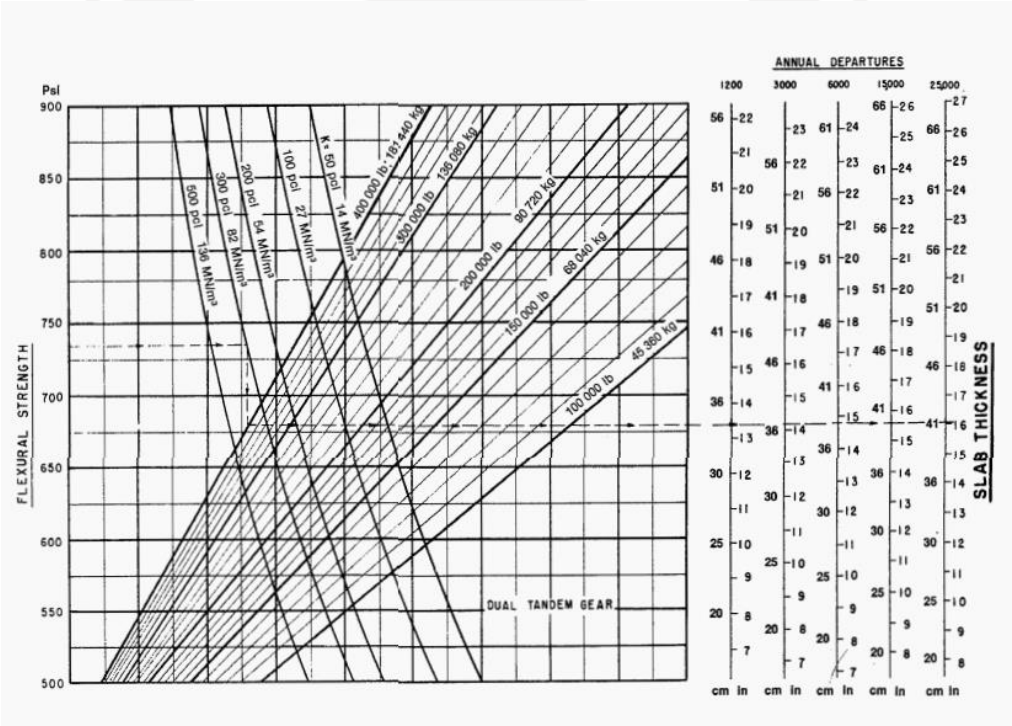
Gambar L-1. 1 Grafik Desain Tebal Lapis Perkerasan Lentur untuk *Dual Wheel Gear*



Gambar L-1. 2 Grafik Desain Tebal Lapis Perkerasan Lentur untuk *Dual Tandem Gear*



Gambar L-1. 3 Grafik Desain Tebal Lapis Perkerasan Kaku untuk *Dual Wheel Gear*



Gambar L-1. 4 Grafik Desain Tebal Lapis Perkerasan Kaku untuk *Dual Tandem Gear*

Lampiran 2 Data Lalu Lintas Pesawat

Tabel L-2.1 Data Lalu Lintas Pesawat Bandar Udara Halim Perdanakusuma pada Tahun 2017

No.	Tipe Pesawat	*Gross Wt. (ton)*	*Annual Departures*
1	A319	64,4	11
2	A320-200	73,9	22841
3	A330-300	230,9	1
4	A340-300	275,9	1
5	A400M	141,4	3
6	B737 BBJ	77,79	116
7	B737-300	63,503	457
8	B737-400	60,781	13
9	B737-500	68,266	20
10	B737-700	70,307	37
11	B737-800	79,242	3352
12	B737-900 ER	85,366	9
13	B747-400F	397,801	1
14	B757-200	116,1	1
15	B767-200 ER	179,623	2
16	B777-300 ER	352,441	14

Lampiran 3 Data CBR *Subgrade* Proyek Revitalisasi Bandar Udara Halim Perdanakusuma

Tabel L-3.1 Data CBR *Subgrade* Proyek Revitalisasi Bandar Udara Halim Perdanakusuma

Runway			Taxiway			Apron		
STA	CBR 0,1 "	CBR 0,2 "	STA	CBR 0,1 "	CBR 0,2 "	STA	CBR 0,1 "	CBR 0,2 "
0+000	11,10%	8,27%	0+790	9,93%	10,23%	Titik 1	11,65%	10,16%
0+000	9,70%	6,97%	0+850	9,03%	8,43%	Titik 2	11,65%	11,95%
0+100	9,97%	8,43%	1+230	9,93%	10,84%	Titik 3	12,55%	10,76%
0+700	11,74%	10,24%	1+610	9,86%	9,56%	Titik 4	10,76%	11,35%
0+720	7,22%	9,03%	1+650	8,07%	8,96%	Titik 5	12,55%	10,76%
0+775	9,03%	10,23%	1+675	7,23%	8,43%	Titik 6	13,45%	10,76%
0+780	8,13%	9,63%	2+175	7,17%	7,71%	Titik 7	14,34%	11,95%
0+830	9,03%	10,23%	2+350	8,10%	8,43%	Titik 8	11,65%	10,76%
0+845	8,13%	11,44%	2+375	9,03%	9,03%	Titik 9	12,65%	12,04%
0+850	9,93%	9,63%	2+530	9,94%	9,03%	Titik 10	12,65%	12,65%
0+875	9,07%	10,84%	2+580	8,07%	8,37%	Titik 11	13,55%	13,25%
0+880	7,22%	8,43%	2+630	6,32%	7,23%	Titik 12	13,55%	13,85%
0+925	8,13%	9,03%				Titik 13	12,55%	13,15%
0+975	9,93%	10,84%				Titik 14	10,76%	12,55%
1+025	7,26%	6,62%				Titik 15	11,74%	11,44%
1+040	6,32%	6,02%				Titik 16	10,84%	10,84%
1+080	9,90%	9,30%				Titik 17	11,70%	12,04%
1+085	8,13%	8,43%				Titik 18	12,64%	12,64%
1+125	9,95%	9,03%				Titik 19	13,55%	14,45%
1+150	15,35%	16,86%				Titik 20	12,65%	13,25%
1+200	17,16%	18,67%				Titik 21	10,84%	11,44%

Lanjutan Tabel Tabel L-3.1 Data CBR *Subgrade* Proyek Revitalisasi Bandar Udara Halim Perdanakusuma

1+250	13,55%	16,80%				Titik 22	12,65%	12,65%
1+300	10,84%	11,44%				Titik 23	15,35%	15,65%
1+345	14,45%	18,06%				Titik 24	12,64%	13,24%
1+360	16,26%	15,05%				Titik 25	10,84%	11,44%
1+400	9,86%	10,16%				Titik 26	14,48%	14,45%
1+425	12,50%	11,30%				Titik 27	11,74%	12,04%
1+475	14,34%	11,95%				Titik 28	11,74%	11,44%
1+500	17,15%	14,50%				Titik 29	12,64%	13,24%
1+550	12,65%	12,65%				Titik 30	13,55%	13,85%
1+550	11,19%	10,54%				Titik 31	11,74%	11,44%
1+625	9,73%	9,89%				Titik 32	12,64%	12,04%
1+635	13,14%	11,38%						
1+675	10,40%	9,40%						
1+700	7,50%	6,90%						
1+750	8,96%	8,96%						
1+800	8,07%	7,77%						
1+825	9,86%	8,66%						
1+875	13,40%	14,34%						
1+925	9,03%	9,63%						
1+950	9,03%	10,84%						
1+975	9,86%	10,16%						
2+010	9,03%	9,03%						
2+030	11,65%	11,35%						
2+050	9,93%	9,03%						
2+075	8,07%	8,96%						

Lanjutan Tabel Tabel L-3.1 Data CBR *Subgrade* Proyek Revitalisasi Bandar Udara Halim Perdanakusuma

2+100	9,03%	9,03%						
2+125	9,03%	10,23%						
2+175	13,24%	16,73%						
2+225	8,13%	9,63%						
2+265	7,17%	7,17%						
2+275	9,03%	9,63%						
2+300	10,84%	10,84%						
2+325	7,20%	7,20%						
2+335	17,90%	15,50%						
2+360	7,17%	6,43%						
2+385	14,45%	14,45%						
2+425	10,76%	9,56%						
2+500	12,57%	11,35%						
2+550	9,93%	10,23%						
2+600	10,84%	11,44%						
2+650	9,03%	9,63%						
2+675	8,13%	8,43%						
2+725	9,03%	9,63%						
2+725	9,94%	8,43%						
2+770	9,03%	9,63%						
2+800	9,93%	10,23%						
2+850	12,89%	13,62%						
Rata - Rata	10,41%	10,53%		8,56%	8,85%		12,45%	12,30%
	10,47%			8,71%			12,37%	
	10,00%			8,00%			12,00%	