TUGAS AKHIR - RC18-4704

ANALISIS KEBUTUHAN TEBAL PERKERASAN BERDASARKAN VARIASI NILAI CBR UNTUK PESAWAT ATR DAN BOEING 737 DI BANDARA TANAH GROGOT DENGAN METODE FAA

MUHAMMAD RIZA AMIN MAGHFUR
NRP. 03111640000144

Dosen Pembimbing :
Ir. Ervina Ahyudanari, ME, Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020

TUGAS AKHIR - RC18-4704

ANALISIS KEBUTUHAN TEBAL PERKERASAN BERDASARKAN VARIASI NILAI CBR UNTUK PESAWAT ATR DAN BOEING 737 DI BANDARA TANAH GROGOT DENGAN METODE FAA

MUHAMMAD RIZA AMIN MAGHFUR
NRP. 03111640000144

Dosen Pembimbing :
Ir. Ervina Ahyudanari, ME, Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

FINAL PROJECT - RC18-4704

ANALYSIS OF PAVEMENT THICKNESS REQUIREMENT BASED ON VARIATION OF CBR VALUE FOR ATR AND BOEING 737 IN TANAH GROGOT AIRPORT USING FAA METHOD

MUHAMMAD RIZA AMIN MAGHFUR
NRP. 03111640000144

Supervisor :
Ir. Ervina Ahyudanari, ME, Ph.D.

CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil, Planning, and Geo-Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ANALISIS KEBUTUHAN TEBAL PERKERASAN BERDASARKAN VARIASI NILAI CBR UNTUK PESAWAT ATR DAN BOEING 737 DI BANDARA TANAH GROGOT DENGAN METODE FAA

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

MUHAMMAD RIZA AMIN MAGHFUR
NRP. 03111640000144

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Ir. Ervina Ahyudanari, ME, Ph.D ....

   (Pembimbing)

SURABAYA
JULI, 2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ANALISIS KEBUTUHAN TEBAL PERKERASAN BERDASARKAN VARIASI NILAI CBR UNTUK PESAWAT ATR DAN BOEING 737 DI BANDARA TANAH GROGOT DENGAN METODE FAA

Nama Mahasiswa : Muhammad Riza Amin Maghfur

NRP : 03111640000144

Departemen : Teknik Sipil FTSPK - ITS

Dosen Pembimbing : Ir. Ervina Ahyudanari, ME., Ph.D

Abstrak

Menurut Menteri Perhubungan dalam mendorong pembangunan ibukota baru, diperlukan konektivitas darat maupun udara yang menghubungkan ibukota negara dengan kota di sekitarnya. Bandar Udara Tanah Grogot yang berjarak 160 Km dari calon ibukota negara yang baru dan merupakan bandar udara pertama di Kabupaten Paser berfungsi untuk memudahkan dan mempercepat akses dari Kabupaten Paser menuju Ibukota dan kota besar lainnya di Pulau Kalimantan. Dalam perencanaan bandar udara landas pacu merupakan salah satu faktor penting, karena landas pacu adalah tempat pendaratan dan lepas landas pesawat. Dalam merencanakan landas pacu daya dukung tanah merupakan hal yang utama yang perlu diperhatikan, karena daya dukung tanah berpengaruh terhadap tebal dari struktur perkerasan. Pada perencanaan landas pacu Bandar Udara Tanah Grogot diketahui bahwa jenis tanahnya merupakan tanah lempung dengan konsistensi sangat lunak dan mempunyai daya dukung yang rendah dengan nilai CBR di bawah 3%.

Dalam studi kali ini dilakukan analisis mengenai struktur perkerasan lentur landas pacu berdasarkan nilai CBR tanah yang

sesuai pada kondisi awal dan CBR yang sudah distabilisasi, yaitu proses perbaikan tanah untuk meningkatkan daya dukung tanah pada Bandar Udara Tanah Grogot. Perencanaan tebal struktur perkerasan ini menggunakan program FAARFIELD yakni program yang dikembangkan oleh FAA yang hasilnya berupa tebal perkerasan berdasarkan tahapan pengolahan data nilai CBR tanah dasar, data karakteristik pesawat, dan data pergerakan pesawat.

Hasil dari analisis program FAARFIELD berupa tebal perkerasan selanjutnya diolah dan ditunjukkan pada grafik hubungan tebal perkerasan dengan nilai CBR tanah dasar berdasarkan pesawat rencana. Dari grafik tersebut didapatkan bahwa tebal perkerasan akibat tanah sebelum stabilisasi lebih tebal daripada tebal perkerasan akibat tanah setelah stabilisasi. Perbedaan ketebalan tebal perkerasan akibat tanah dasar sebelum dan sesudah stabilisasi ditunjukkan dengan hasil perbandingan sebagai berikut. Untuk klasifikasi landas pacu 4C, pada pesawat ATR 72-500 terjadi penurunan ketebalan rata-rata sebesar 208%, begitu pula pesawat ATR 72-600 sebesar 208%, Boeing 737-500 sebesar 269%, dan Boeing 737-700 sebesar 266% dari tebal perkerasan sebelum stabilisasi. Sedangkan untuk perencanaan traffic mix, tebal perkerasan rata-rata menurun menjadi 257% dari tebal perkerasan sebelum stabilisasi. Pada klasifikasi landas pacu 3C juga terjadi penurunan tebal perkerasan akibat tanah dasar stabilisasi, pada pesawat ATR 72-500 terjadi penurunan 104,6% dan pada ATR 72-600 terjadi penurunan sebesar 107,224%. Sedangkan untuk tebal perkerasan akibat pesawat traffic mix, terjadi penurunan tebal perkerasan sebesar 106,8%.

KATA KUNCI : CBR, Perkerasan Lentur, Stabilisasi, FAARFIELD.

ANALYSIS OF PAVEMENT THICKNESS REQUIREMENT BASED ON VARIATION OF CBR VALUE FOR ATR AND BOEING 737 IN TANAH GROGOT AIRPORT USING FAA METHOD

Student Name	**: Muhammad Riza Amin Maghfur**
NRP	**: 03111640000144**
Departement	**: Civil Engineering FTSPK - ITS**
Supervisor	**: Ir. Ervina Ahyudanari, ME., Ph.D**

Abstract

According to the Indonesian Minister of Transportation, to encourage the construction of new capitals, land, and air connectivity is needed that connects the nation's Capital with surrounding cities. Tanah Grogot Airport, a distance of 160 Km from the prospective new capital city and is the first airport in Paser Regency functions to facilitate and accelerate access from Paser Regency to the Capital and other major cities on Kalimantan Island. In airport runway planning is one of the essential factors, because the runway is a landing and take-off plane. In planning the the runway carrying capacity of the soil is the main thing that needs to be considered, because the carrying capacity of the soil affects the the thickness of the pavement structure. In the runway planning of Tanah Grogot Airport it is known that the type of soil is clayey soil with a very soft consistency and has a low carrying capacity with a CBR value below 3%.

This study focuses on the analysis of the runway's initial conditions and the CBR that had been stabilized by applying soil improvement to increase the soil's carrying capacity at Tanah Grogot Airport. pavement structure thickness planning uses the FAARFIELD, FAA developed the program. The results in the form

of pavement thickness based on the stages of subgrade CBR data processing, aircraft characteristic data, and aircraft movement data.

The FAARFIELD program analysis results in the form of pavement thickness are further processed and shown on the graph of the relationship between pavement thickness to the subgrade CBR value based on the planned plane. The graph shows that the thickness of the pavement before stabilization is thicker than the pavement after stabilization. The comparison results show the difference in the thickness of pavement thickness due to before and after subgrade stabilization, ,for the 4C runway classification, the ATR 72-500 aircraft decreased an average thickness of 208%, as did the ATR 72-600 aircraft by 208%, Boeing 737-500 by 269%, and Boeing 737-700 by 266% from pavement thickness before stabilization. As for traffic mix planning, the average pavement thickness decreases to 257% of the pavement thickness before stabilization. For the 3C runway classification, there is also a decrease in pavement thickness due to the stabilization of the subgrade. The ATR 72-500 and ATR 72-600 aircraft had a decrease of pavement thickness of 104.6% and 107.224%, respectively. The pavement thickness decreased by 107.4% due to the aircraft traffic mix

.

KEY WORDS: CBR, Flexible Pavement, Stabilization, FAARFIELD.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat yang telah diberikan-Nya, sehingga tugas akhir berjudul “Analisis Kebutuhan Tebal Perkerasan berdasarkan Variasi Nilai CBR Untuk Pesawat ATR dan Boeing 737 Di Bandara Paser dengan Metode FAA” ini dapat terselesaikan dengan tepat waktu. Terima kasih penulis sampaikan kepada :

1. Ayah, Ibu, Pakde dan Kerabat, atas segala dukungan moral dan materi sehingga penulis bisa menyusun tugas akhir ini.
2. Ibu Ir. Ervina Ahyudanari, M.Eng., Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah membimbing, meluangkan waktu dan memberikan wawasan ilmu terkait penyusunan tugas akhir ini.
3. Bapak Prof.Ir. Priyo Suprobo, MS., Ph.D selaku dosen wali yang telah membimbing dan memberi masukan selama masa perkuliahan.
4. Teman - teman S 59 yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini.
5. Penulis juga berterima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyusun tugas akhir ini khususnya untuk Mas Brian.

Penulis menyadari dalam tugas akhir ini masih banyak kesalahan dan kekurangan. Hal ini disebabkan karena terbatasnya kemampuan, pengetahuan dan pengalaman yang dimiliki penulis. Oleh karena itu mohon kritik dan saran yang bersifat membangun agar tugas akhir ini bermanfaat kedepannya bagi penulis secara khusus, dan pembaca pada umum.

Surabaya, Juli 2020

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL..... i

LEMBAR PENGESAHAN..... Error! Bookmark not defined.

ABSTRAK..... vii

KATA PENGANTAR xi

DAFTAR ISI xiii

DAFTAR GAMBAR xvii

DAFTAR TABEL..... xxi

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang..... 1

1.2 Rumusan Masalah..... 3

1.3 Tujuan..... 4

1.4 Batasan Masalah 4

1.5 Manfaat..... 5

1.6 Lokasi Penelitian 5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 7

2.1 Pengembangan dan Perencanaan Bandar Udara..... 7

2.2 Forecasting untuk Perencanaan Bandar Udara..... 7

2.3 Bagian-Bagian Bandar Udara..... 8

2.4 Landas Pacu (*Runway)* 8

2.5 Berat Pesawat 9

2.6 Tipe Roda Pendaratan Pesawat..... 12

2.7 Nilai CBR Tanah 15

2.8 Karakteristik dan Klasifikasi Jenis Tanah Lunak 16
2.8.1 Stabilisasi Tanah Lempung 18
2.9 Muka Air Tanah..... 20
2.10 Perkerasan 20
2.10.1 Kekuatan Perkerasan 21
2.11 Jumlah Keberangkatan Pesawat Tahunan..... 23
2.12 FAARFIELD 24
BAB III METODOLOGI 27
3.1 Diagram Alir Metodologi 27
3.2 Pendahuluan dan Pencarian Informasi 28
3.2.1 Identifikasi Masalah..... 29
3.2.2 Studi Pustaka atau Studi Literatur 29
3.3 Program Bantu FAARFIELD..... 30
3.4 Pengumpulan Data 30
3.5 Tahap Analisis Data 32
3.5.1 Pengolahan Data Keberangkatan Pesawat 32
3.5.2 Perhitungan Forecasting 38
3.5.3 Karakteristik Pesawat Terbang ATR dan Boeing 737 . 40
3.5.4 Perkerasan Lentur 45
3.5.5 Analisis menggunakan Program FAARFIELD..... 58
3.5.6 Kajian Stabilisasi Tanah Dasar..... 58
3.6 Penyusunan Grafik Hubungan antara Nilai CBR dan Tebal Perkerasan..... 58

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....59

4.1 *Preview* Program Bantu FAARFIELD..... 59

4.2 Peramalan (*Forecasting*) *Annual Departure*..... 65

4.2.1 Perencanaan Persentase Pesawat 71

4.3 Perhitungan Jumlah Keberangkatan Per Tahun..... 80

4.3.1 Perhitungan Jumlah Keberangkatan per Tahun untuk Satu Jenis Tipe Pesawat Berdasarkan Landas Pacu 4C. 81

4.3.2 Perhitungan Jumlah Keberangkatan Per Tahun untuk *Traffic Mix* berdasarkan Landas Pacu 4C..... 91

4.3.3 Perhitungan Jumlah Keberangkatan Per Tahun Untuk Satu Jenis Tipe Pesawat Berdasarkan Landas Pacu 3C 98

4.3.4 Perhitungan Jumlah Keberangkatan Per Tahun Untuk *Traffic Mix* berdasarkan Landas Pacu 3C..... 106

4.4 Data CBR Lapangan 112

4.5 Perencanaan Tebal Perkerasan Menggunakan Program FAARFIELD berdasarkan CBR Tanah Sebelum Stabilisasi..... 112

4.5.1. Hasil Perencanaan Tebal Perkerasan Menggunakan FAARFIELD pada CBR Tanah Sebelum Stabilisasi dengan Lalu Lintas Satu Jenis Pesawat..... 113

4.5.2. Hasil Perencanaan Tebal Perkerasan Menggunakan FAARFIELD pada CBR Tanah Sebelum Stabilisasi dengan Lalu Lintas Pesawat *Traffic Mix*..... 124

4.6 Stabilisasi Tanah Dasar untuk Meningkatkan Nilai CBR 128

4.6.1 Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Fly Ash dan Bottom Ash (Fauzi, Nazmi & Fauzi, 2011)..... 132

4.6.2 Peningkatan nilai CBR tanah lempung menggunakan batu kapur dan Palm Oil Fly Ash (POFA) + Batu Kapur. (Khalid, Arshad, Mukri, Kamarudin, & Ghani, 2014) 136

4.6.3 Penggunaan semen sebagai material stabilisasi pada tanah lempung terhadap nilai CBR tanah (Andriani, Yuliet, & Fernandez, 2012) 139

4.7 Perencanaan Tebal Perkerasan Menggunakan Program FAARFIELD berdasarkan CBR Tanah Stabilisasi..... 142

4.7.1 Hasil Perencanaan Tebal Perkerasan pada CBR Tanah Stabilisasi menggunakan Bottom Ash, POFA + Batu Kapur, dan Semen dengan Lalu Lintas Satu Jenis Pesawat..... 143

4.7.2 Hasil Perencanaan Tebal Perkerasan pada CBR Tanah Stabilisasi menggunakan Bottom Ash, POFA + Batu Kapur, dan Semen dengan Lalu Lintas Campuran (*Traffic Mix)*..... 158

4.8 Pemilihan Metode Stabilisasi 168

BAB V PENUTUP 171

5.1 Kesimpulan 171

5.2 Saran 173

DAFTAR PUSTAKA 174

LAMPIRAN.....178

DAFTAR LAMPIRAN 179

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi Bandar Udara Tanah Grogot 6

Gambar 1.2 Bandar Udara Tanah Grogot dari Udara 6

Gambar 2.1 Diagram " Elbow Chart".....10

Gambar 2.2 Komponen Berat Pesawat 11

Gambar 2.3 Nilai CDF Berdasarkan Jenis Pesawat.....13

Gambar 2.4 Jenis Roda Pesawat 13

Gambar 2.5 Konfigurasi Roda Pendaratan Untuk Pesawat 14

Gambar 2.6 Konfigurasi Roda Pendaratan Untuk Pesawat Berbadan Besar 14

Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi 27

Gambar 3.2 Tampilan Awal FAARFIELD.....30

Gambar 3.3 Komponen Perkerasan Lentur dan Visualisasi Distribusi beban 45

Gambar 4.1 Tampilan Awal Program FAARFIELD 59

Gambar 4.2 Input *options* struktur perkerasan.....61

Gambar 4.3 Menu Desain Perkerasan.....62

Gambar 4.4 Input Jenis Material.....63

Gambar 4.5 Input Pesawat 64

Gambar 4.6 Grafik Hubungan PDRB dengan Jumlah Keberangkatan Penumpang 68

Gambar 4.7 Grafik Hubungan Populasi dengan Jumlah Keberangkatan Penumpang 68

Gambar 4.8 Tipe Pesawat Berdasarkan Bandar Udara Klasifikasi Landas Pacu 4C 73

Gambar 4.9 Tipe Pesawat Berdasarkan Bandar Udara Klasifikasi Landas Pacu 3C 78

Gambar 4.10 Grafik Keberangkatan ATR 72-500.....85

Gambar 4.11 Jumlah Keberangkatan ATR 72-600.....85

Gambar 4.12 Jumlah Keberangkatan B 737-500.....86

Gambar 4.13 Jumlah Keberangkatan B 737-700.....86

Gambar 4.14 Grafik Keberangkatan Pesawat *Traffic Mix*.....94

Gambar 4.15 Grafik Keberangkatan Pesawat Klasifikasi Landas Pacu 3C.....102

Gambar 4.16 Grafik Keberangkatan Pesawat *Traffic Mix*.....108

Gambar 4.17 Tampilan Input Pesawat ATR 72-500 114

Gambar 4.18 Desain Perkerasan Landas Pacu Pesawat ATR 72-500 di Bandar Udara Tanah Grogot dengan *Subgrade* Sebelum Stabilisasi Pada Klasifikasi Landas Pacu 4C 115

Gambar 4.19 Desain Perkerasan Landas Pacu Pesawat ATR 72-600 di Bandar Udara Tanah Grogot dengan *Subgrade* Sebelum Stabilisasi pada Landas Pacu 4C 116

Gambar 4.20 Desain Perkerasan Landas Pacu Pesawat Boeing 737-500 di Bandar Udara Tanah Grogot dengan *Subgrade* Sebelum Stabilisasi pada Landas Pacu 4C 118

Gambar 4.21 Desain Perkerasan Landas Pacu Pesawat Boeing 737-700 di Bandar Udara Tanah Grogot dengan *Subgrade* Sebelum Stabilisasi pada Landas Pacu 4C 119

Gambar 4.22 Desain Perkerasan Landas Pacu Pesawat ATR 72-500 di Bandar Udara Tanah Grogot dengan *Subgrade* Sebelum Stabilisasi pada Klasifikasi Landas Pacu 3C 121

Gambar 4.23 Desain Perkerasan Landas Pacu Pesawat ATR 72-600 di Bandar Udara Tanah Grogot dengan *Subgrade* Sebelum Stabilisasi pada Klasifikasi Landas Pacu 3C 123

Gambar 4.24 Input *Annual Departure* pada Pesawat *Traffic Mix* Landas Pacu 4C 125

Gambar 4.25 Desain Perkerasan Pesawat Traffic Mix pada Klasifikasi Landas Pacu 4C 126

Gambar 4.26 Hasil Nilai CBR dengan Penambahan *Fly Ash* ..133

Gambar 4.27 Hasil Nilai CBR dengan Penambahan Bottom Ash (Fauzi, Nazmi & Fauzi, 2011) 134

Gambar 4.28 Grafik CBR sesudah distabilisasi.....140

Gambar 4.29 Desain Perkerasan pada Tanah Stabilisasi Bottom Ash dengan ATR 72-500 Klasifikasi Landas Pacu 4C.....144

Gambar 4.30 Grafik Hubungan Tebal Perkerasan Terhadap Nilai CBR Sebelum dan Sesudah Stabilisasi pada Pesawat ATR 72-500 146

Gambar 4.31 Grafik Hubungan Tebal Perkerasan dengan Nilai CBR akibat pesawat ATR 72-600 pada Klasifikasi Landas Pacu 4C 149

Gambar 4.32 Grafik Hubungan Tebal Perkerasan dengan Nilai CBR akibat Pesawat B 737-500 pada Klasifikasi Landas Pacu 4C 151

Gambar 4.33 Grafik Hubungan Tebal Perkerasan dengan Nilai CBR akibat Pesawat B 737-700 pada Klasifikasi Landas Pacu 4C 153

Gambar 4.34 Desain Perkerasan pada Tanah Stabilisasi Bottom Ash dengan ATR 72-500 Klasifikasi Landas Pacu 3C.....154

Gambar 4.35 Grafik Hubungan Tebal Perkerasan Terhadap Nilai CBR Sebelum dan Sesudah Stabilisasi pada Pesawat ATR 72-500 pada Landas Pacu 3C.....156

Gambar 4.36 Grafik Hubungan Tebal Perkerasan Terhadap Nilai CBR Sebelum dan Sesudah Stabilisasi pada Pesawat ATR 72-600 pada Landas Pacu 3C.....158

Gambar 4.37 Grafik Hubungan Tebal Perkerasan Terhadap Nilai CBR Sebelum dan Sesudah Stabilisasi pada Pesawat *traffic mix* Landas Pacu 4C.....160

Gambar 4.38 Grafik Hubungan Tebal Perkerasan Terhadap Nilai CBR Sebelum dan Sesudah Stabilisasi pada Pesawat *traffic mix* Landas Pacu 3C.....166

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai Konsistensi Tanah.....16
Tabel 2.2 Kategori Daya Dukung *Subgrade* Perkerasan Kaku...22
Tabel 2.3 Kategori Daya Dukung *Subgrade* Perkerasan Lentur.23
Tabel 2.4 Kategori Tekanan Izin Pesawat 23
Tabel 2.5 *Review* Literatur Penggunaan FAARFIELD 24
Tabel 3.1 Tabel Rencana Induk Nasional Bandar Udara.....32
Tabel 3.2 Tabel Kriteria dan Penilaian Hierarki Bandara.....34
Tabel 3.3 Tabel Angka Kredit dengan Jumlah Penumpang 35
Tabel 3.3 Tabel Angka Kredit dengan Jumlah Penumpang 36
Tabel 3.4 Tabel Angka Kredit dengan Jumlah Kargo 36
Tabel 3.4 Tabel Angka Kredit dengan Jumlah Kargo 37
Tabel 3.5 Angka Kredit dengan Jumlah Pergerakan Pesawat 37
Tabel 3.5 Angka Kredit dengan Jumlah Pergerakan Pesawat 38
Tabel 3.6 Tabel Karakteristik Pesawat 42
Tabel 3.7 Persyaratan Tebal Minimum Lapis Perkerasan 46
Tabel 3.8 Coarse Agregat untuk P-401.....47
Tabel 3.9 Fine Agregat untuk P-401.....48
Tabel 3.10 Asphalt Design Criteria untuk P-401.....49
Tabel 3.11 Coarse Agregat Gradation untuk P-401.....50
Tabel 3.12 Coarse Agregat Base Material untuk P-209 51
Tabel 3.13 Fine Agregat Base Material untuk P-209 52
Tabel 3.14 Crushed Aggregate Base Course Gradation P-209...53
Tabel 3.15 Cement Treated Aggregate Base Material Requirements 54

Tabel 3.16 Aggregate Gradation for CTB Material.....55

Tabel 3.17 Crushed Aggregate Base Course Gradation P-154...56

Tabel 4.1 Input fungsi tipe perkerasan.....60

Tabel 4.2 Jumlah Keberangkatan Penumpang 2018.....66

Tabel 4.3 Hasil Multiple Regression dari Microsoft Excel 69

Tabel 4.4 Jumlah Keberangkatan Penumpang.....71

Tabel 4.5 Data Penerbangan Bandar Udara Pengumpan 4C Mingguan Pada 2020 73

Tabel 4.6 Kriteria Klasifikasi Bandar Udara 74

Tabel 4.7 Data Penerbangan Bandar Udara Pengumpan 3C Mingguan Pada 2020 77

Tabel 4.8 Jumlah Keberangkatan Penumpang pada Bandar Udara Sejenis 4C 81

Tabel 4.9 Nilai Koreksi Bandar Udara 4C.....82

Tabel 4.10 Nilai Koreksi Tahun 2012-2018 83

Tabel 4.11 Jumlah *Annual Departure* Tiap Pesawat Per Tahun Pada Klasifikasi Landas Pacu 4C 84

Tabel 4.12 Persamaan Regresi Jumlah Keberangkatan Setiap Pesawat 4C.....87

Tabel 4.13 *Forecasting* Jumlah Keberangkatan Setiap Pesawat Landas Pacu 4C 88

Tabel 4.14 *Annual Growth* Setiap Jenis Pesawat Pada Landas Pacu 4C.....89

Tabel 4.15 Rata – Rata Keberangkatan Pesawat dan Annual Growth Setiap Jenis Pesawat Klasifikasi Landas Pacu 4C.....91

Tabel 4.16 Jumlah Keberangkatan *Traffic Mix* pada Landas Pacu 4C.....93

Tabel 4.17 Persamaan Regresi Linier *Traffic Mix* pada Landas Pacu 4C.....94

Tabel 4.18 *Forecasting* Jumlah Keberangkatan Penumpang *Traffic Mix* Landas Pacu 4C 95

Tabel 4.19 *Annual Growth Traffic Mix* Landas Pacu 4C 96

Tabel 4.20 Rata – Rata Keberangkatan Pesawat dan *Annual Growth Traffic Mix* Klasifikasi Landas Pacu 4C...98

Tabel 4.21 Jumlah Keberangkatan Penumpang Pada Bandar Udara Sejenis 3C 99

Tabel 4.22 Nilai Koreksi Bandar Udara 3C.....100

Tabel 4.23 Jumlah Keberangkatan Pesawat Setiap Jenis Klasifikasi Landas Pacu 3C 101

Tabel 4.24 Persamaan Regresi Jumlah Keberangkatan Setiap Pesawat 3C.....102

Tabel 4.25 *Forecasting* Jumlah Keberangkatan Setiap Pesawat Landas Pacu 3C 103

Tabel 4.26 Annual Growth Setiap Jenis Pesawat Landas Pacu 3C 104

Tabel 4.27 Rata- Rata Keberangkatan Pesawat Dan *Annual Growth* Setiap Jenis Pesawat Landas Pacu 3C 106

Tabel 4.28 Jumlah Keberangkatan *Traffic Mix* 3C.....107

Tabel 4.29 Persamaan Regresi Linier *Traffic Mix* 3C 108

Tabel 4.30 *Forecasting* Jumlah Keberangkatan Penumpang *Traffic Mix* Landas Pacu 3C 109

Tabel 4.31 *Annual Growth Traffic Mix* Landas Pacu 3C 110

Tabel 4.32 Rata – Rata Keberangkatan Pesawat dan *Annual Growth Traffic Mix* Klasifikasi Landas Pacu 3C .112

Tabel 4.33 Nilai CBR *Subgrade* Landas Pacu Bandar Udara Tanah Grogot 112

Tabel 4.34 Rekapitulasi Tebal Perkerasan Akibat Tanah Sebelum Stabilisasi Landas Pacu 4C 120

Tabel 4.35 Rekapitulasi Tebal Perkerasan dengan *Subgrade* Sebelum Stabilisasi pada Landas Pacu 3C.....123

Tabel 4.36 Kontribusi CDF *Traffic Mix* Landas Pacu 4C 127

Tabel 4.37 Tebal Perkerasan CBR *subgrade* Sebelum Stabilisasi pada Pesawat *Traffic Mix* Landas Pacu 4C.....127

Tabel 4.38 Tebal Perkerasan CBR *subgrade* Sebelum Stabilisasi pada Pesawat *Traffic Mix* Landas Pacu 3C.....128

Tabel 4.39 Kontribusi CDF *Traffic Mix* Landas Pacu 3C 128

Tabel 4.40 Karakteristik Tanah Sampel 133

Tabel 4.41 Nilai CBR dengan Stabilisasi Bottom Ash.....136

Tabel 4.42 Nilai CBR Sampel Tanah Lempung + Batu Kapur 137

Tabel 4.43 Nilai CBR Tanah Grogot dengan Stabilisasi Kapur dan POFA 138

Tabel 4.44 Hasil Pengujian Sifat Fisis dan Mekanik Tanah Lempung Lambung Bukik 139

Tabel 4.45 Persentase Kenaikan Nilai CBR 140

Tabel 4.46 Kenaikan Nilai CBR Tanah Grogot dengan Stabilisasi Semen 141

Tabel 4.47 Rekapitulasi Nilai CBR Hasil Stabilisasi 142

Tabel 4.48 Tebal Perkerasan Tanah Stabilisasi Bottom Ash pada ATR 72-500 Klasifikasi Landas Pacu 4C.....145

Tabel 4.49 Tebal Perkerasan Tanah Stabilisasi POFA + Batu Kapur pada ATR 72-500 Klasifikasi Landas Pacu 4C 145

Tabel 4.50 Tebal Perkerasan Tanah Stabilisasi Semen ATR 72-500 Klasifikasi Landas Pacu 4C 146

Tabel 4.51 Tebal Perkerasan Tanah Stabilisasi Bottom Ash akibat ATR 72-600 pada Klasifikasi Landas Pacu 4C 147

Tabel 4.52 Tebal Perkerasan Tanah Stabilisasi POFA + Batu Kapur akibat ATR 72-600 pada Klasifikasi Landas Pacu 4C.....148

Tabel 4.53 Tebal Perkerasan Tanah Stabilisasi Semen akibat ATR 72-600 pada Klasifikasi Landas Pacu 4C 148

Tabel 4.54 Tebal Perkerasan Tanah Dasar Stabilisasi Bottom Ash akibat Pesawat B 737-500 pada Klasifikasi Landas Pacu 4C.....150

Tabel 4.55 Tebal Perkerasan Tanah Dasar Stabilisasi POFA + Batu kapur akibat Pesawat B 737-500 pada Klasifikasi Landas Pacu 4C 150

Tabel 4.56 Tebal Perkerasan Tanah Dasar Stabilisasi Semen akibat Pesawat B 737-500 pada Klasifikasi Landas Pacu 4C.....150

Tabel 4.57 Tebal Perkerasan Tanah Dasar Stabilisasi Bottom Ash akibat Pesawat B 737-700 pada Klasifikasi Landas Pacu 4C.....152

Tabel 4.58 Tebal Perkerasan Tanah Dasar Stabilisasi POFA + Batu kapur akibat Pesawat B 737-700 pada Klasifikasi Landas Pacu 4C 152

Tabel 4.59 Tebal Perkerasan Tanah Dasar Stabilisasi Semen akibat Pesawat B 737-700 pada Klasifikasi Landas Pacu 4C.....153

Tabel 4.60 Tebal Perkerasan Tanah Stabilisasi Bottom Ash pada ATR 72-500 Klasifikasi Landas Pacu 3C.....155

Tabel 4.61 Tebal Perkerasan Tanah Stabilisasi POFA + Batu Kapur pada ATR 72-500 Klasifikasi Landas Pacu 3C 156

Tabel 4.62 Tebal Perkerasan Tanah Stabilisasi Semen pada ATR 72-500 Klasifikasi Landas Pacu 3C.....156

Tabel 4.63 Tebal Perkerasan Tanah Stabilisasi Bottom Ash pada ATR 72-600 Klasifikasi Landas Pacu 3C.....157

Tabel 4.64 Tebal Perkerasan Tanah Stabilisasi POFA + Batu Kapur pada ATR 72-600 Klasifikasi Landas Pacu 3C 157

Tabel 4.65 Tebal Perkerasan Tanah Stabilisasi Semen pada ATR 72-600 Klasifikasi Landas Pacu 3C.....158

Tabel 4.66 Tebal Perkerasan *Traffic Mix* dengan Tanah Dasar Stabilisasi Menggunakan Bottom Ash pada Klasifikasi Landas Pacu 4C 159

Tabel 4.67 Rekapitulasi Tebal Perkerasan Traffic Mix dengan Tanah Dasar Stabilisasi Menggunakan POFA + Batu kapur pada Klasifikasi Landas Pacu 4C.....159

Tabel 4.68 Tebal Perkerasan *Traffic Mix* dengan Tanah Dasar Stabilisasi Menggunakan Semen pada Klasifikasi Landas Pacu 4C 160

Tabel 4.69 Kontribusi CDF pada Pesawat Traffic Mix pada Landas Pacu 4C berdasarkan Subgrade Stabilisasi *Bottom Ash*.....161

Tabel 4.70 Kontribusi CDF Pesawat Traffic Mix pada Klasifikasi Landas Pacu 4C berdasarkan Subgrade Stabilisasi POFA + Batu Kapur 162

Tabel 4.71 Kontribusi CDF Pesawat Traffic Mix Klasifikasi Landas Pacu 4C berdasarkan Subgrade Stabilisasi Semen 163

Tabel 4.72 Tebal Perkerasan *Traffic Mix* dengan Tanah Dasar Stabilisasi Menggunakan Bottom Ash pada Klasifikasi Landas Pacu 3C 165

Tabel 4.73 Tebal Perkerasan Traffic Mix dengan Tanah Dasar Stabilisasi Menggunakan POFA + Batu kapur pada Klasifikasi Landas Pacu 3C 165

Tabel 4.74 Tebal Perkerasan *Traffic Mix* dengan Tanah Dasar Stabilisasi Menggunakan Semen pada Klasifikasi Landas Pacu 3C 165

Tabel 4.75 Kontribusi CDF pada Pesawat Traffic Mix berdasarkan Subgrade Stabilisasi *Bottom Ash* Landas Pacu 3C.....167

Tabel 4.76 Kontribusi CDF Pesawat Traffic Mix pada Klasifikasi Landas Pacu 3C berdasarkan Subgrade Stabilisasi POFA + Batu Kapur 167

Tabel 4.77 Kontribusi CDF Pesawat Traffic Mix Klasifikasi Landas Pacu 3C berdasarkan Subgrade Stabilisasi Semen 168

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengumuman Presiden Republik Indonesia pada 27 Agustus 2019 menjadikan Kabupaten Penajam dan Kutai Kartanegara sebagai calon Ibu Kota Negara Indonesia telah memberikan dampak terhadap kesiapan Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (BAPPENAS) dan Kementerian Perhubungan. Menurut Menteri Perhubungan Bapak Budi Karya Sumadi dilansir dari berita CNN, demi membangun sistem transportasi berteknologi tinggi maka perlu mendalami rancangan transportasi antar kota yang menghubungkan calon ibu kota dengan kota di sekitarnya. Konektivitas itu meliputi jalur darat, laut, dan udara. Kementerian Perhubungan juga mempertimbangkan pembangunan bandar udara (bandara) untuk mendukung konektivitas udara. Mengacu pada berita tersebut, maka berlaku pula pada Bandar Udara Tanah Grogot, Kabupaten Paser yang berjarak 160 Km dari calon ibukota baru. Selain karena fungsi konektivitas, pembangunan Bandar Udara Tanah Grogot yang merupakan bandar udara pertama di Kabupaten Paser juga akan memudahkan dan mempercepat akses transportasi bagi masyarakat Kabupaten Paser untuk menuju calon ibukota dan kota-kota besar lainnya khususnya di Pulau Kalimantan.
(https://www.cnnindonesia.com/ekonomi/20190822132305-92-423723/kemenhub-rancang-konsep-transportasi-calon-ibu-kota-baru)

Transportasi udara merupakan moda transportasi yang sampai saat ini masih cukup diminati, meskipun akhir-akhir ini terjadi penurunan penumpang. Bandar udara merupakan fasilitas transportasi udara yang terdiri atas terminal penumpang, parkir pesawat dan tempat dimana pesawat terbang dapat lepas landas dan mendarat. Bandar udara memiliki peran penting yakni sebagai sebagai simpul pergerakan pesawat penumpang kargo atau barang (Permenhub, 2013). Pada bandar udara terdapat komponen yang

paling penting yakni *runway*, *runway* merupakan tempat untuk lepas landas dan mendarat pesawat terbang yang menurut teknis harus memenuhi syarat keselamatan dan kenyamanan. Dalam *runway* terdapat hal yang tidak kalah penting yakni struktur perkerasan. Struktur perkerasan adalah struktur yang didesain untuk mendukung beban yang dihasilkan oleh pesawat ketika lepas landas ataupun mendarat dan harus bersifat stabil (FAA, 2016). Menurut FAA, jenis perkersan pada runway dikategorikan menjadi dua jenis yakni perkerasan lentur (*flexible*) dan perkerasan kaku (*rigid).* Fungsi utama dari struktur perkerasan *runway* adalah sebagai penyalur beban yang ditimbulkan oleh pesawat untuk disalurkan ke tanah dasar.

Tanah dasar merupakan penyokong dan pemberi daya dukung bagi lapisan struktur perkerasan di atasnya. Kekuatan daya dukung tanah dasar dapat diukur dengan uji CBR (*California Bearing Ratio*). Setiap jenis tanah memiliki nilai CBR tersendiri berdasarkan jenis dan karakteristik tanah dasar tersebut. Menurut data dari penelitian di lapangan didapatkan keadaan tanah di Bandar Udara Tanah Grogot terdiri atas gambut dan lempung sangat lunak dengan nilai CBR < 3 %. Khusus pada daerah landas pacu Bandar Udara Tanah Grogot jenis tanahnya berupa lempung dengan konsistensi tanah sangat lunak. Berdasarkan Head & Epps, (2011) nilai CBR dari tanah lempung dengan konsistensi lunak adalah 1 – 3 %. Nilai CBR berguna sebagai tolak ukur kepadatan tanah dasar (*subbase)* yang menurut tabel *Guide to Highways Maintenance,* nilai CBR berada diantara 3% - 5 % maka perlu dilakukan pemadatan sesuai kategori jalan yang diperlukan. Untuk kategori tanah dasar menurut FAA dalam merencanakan struktur perkerasan, jika nilai CBR tanah kurang dari 5% maka perlu stabilisasi ataupun perlu bantuan penguatan pada tanah *subbase*-nya dan apabila CBR tanah kurang dari 3 % maka tanah dasar harus diperbaiki.

Menentukan tebal struktur perkerasan terdiri dari beberapa metode, salah satu metode perencanaan perkerasan *runway* adalah metode FAA. FAA atau *Federal Aviation Administration*

merupakan lembaga regulator penerbangan sipil di Amerika dengan peraturan bandar udara yang dikeluarkan FAA ini cukup sering digunakan dalam perencanaan bandar udara di Indonesia. Pada perencanaan tebal perkerasan *runway* menurut FAA, cara menentukan tebal struktur perkerasan awalnya bisa melalui dua cara berdasarkan *Advisory Circular* 150-5320-6d (*manual)* dan *Advisory Circular* 150-5320-6e (FAARFIELD*)*. Pertama secara *manual* menggunakan grafik hubungan berat pesawat berdasarkan jenis roda pendaratannya, *annual departure* serta CBR tanah dan yang kedua dengan menggunakan program FAARFIELD. Untuk peraturan terbaru FAA mengeluarkan peraturan *Advisory Circular* 150-5320-6f dengan ketentuan jika perencanaan tebal perkerasan menggunakan program FAARFIELD.

Dalam perkembangan pembangunan bandara di sekitar kawasan ibu kota baru khususnya Bandar Udara Tanah Grogot, Kabupaten Paser, yang direncanakan pada area *runway* menggunakan perkerasan lentur. Maka perlu dilakukan analisis bagaimana menentukan tebal perkerasan *runway* yang dipengaruhi oleh rencana jenis pesawat yang akan beroperasi berdasarkan kondisi tanah dasar yang berada disana menggunakan metode FAARFIELD.

1.2 Rumusan Masalah

Dengan permasalahan jenis tanah lempung sangat lunak yang nilai CBR-nya rendah pada Bandar Udara Tanah Grogot, serta perlunya perencanaan perkerasan pada Bandar Udara Tanah Grogot maka di rumuskanlah permasalahan sebagai berikut :

1. Apa saja input data yang dibutuhkan pada program FAARFIELD untuk merencanakan tebal perkerasan lentur Bandar Udara Tanah Grogot ?
2. Bagaimanakah peramalan jumlah pergerakan pesawat Bandar Udara Tanah Grogot pada 20 tahun kedepan ?
3. Berapa tebal perkerasan lentur Bandar Udara Tanah Grogot yang dibutuhkan akibat CBR tanah dasar awal dengan tanah yang sudah diperbaiki ?

4. Bagaimana hubungan antara tebal perkerasan dengan nilai variasi CBR berdasarkan pesawat ATR dan Boeing 737 ?

1.3 Tujuan

Dengan permasalahan jenis tanah lempung sangat lunak yang nilai CBRnya rendah pada pulau daerah lokasi landas pacu, serta perlunya perencanaan perkerasan pada Bandar Udara Tanah Grogot maka tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui input data yang dibutuhkan pada program FAARFIELD untuk merencanakan tebal perkerasan lentur Bandar Udara Tanah Grogot.
2. Mengetahui peramalan jumlah pergerakan pesawat di Bandar Udara Tanah Grogot untuk 20 tahun kedepan sebagai standar umur perencanaan struktur perkerasan landas pacu.
3. Mengetahui perbandingan tebal perkerasan yang dibutuhkan akibat CBR tanah awal dengan tanah yang sudah diperbaiki.
4. Mengetahui grafik hubungan tebal standar perkerasan dengan variasi CBR berdasarkan pesawat ATR dan Boeing 737.

1.4 Batasan Masalah

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis lebih fokus dalam bidang perkerasannya sehingga perlu pembatasan pembahasan agar topik perencanaan pada tugas akhir ini tidak terlalu luas. Berikut batasan masalah :

Lokasi perencanaan perkerasan merupakan Bandar Udara Tanah Grogot, Kabupaten Paser.

1. Tidak merencanakan metode perbaikan tanah, namun menggunakan pendekatan menurut penelitian sebelumnya pada tanah yang sejenis.
2. Jenis pesawat rencana yakni ATR dan Boeing 737.
3. Data CBR tanah merupakan data sekunder.

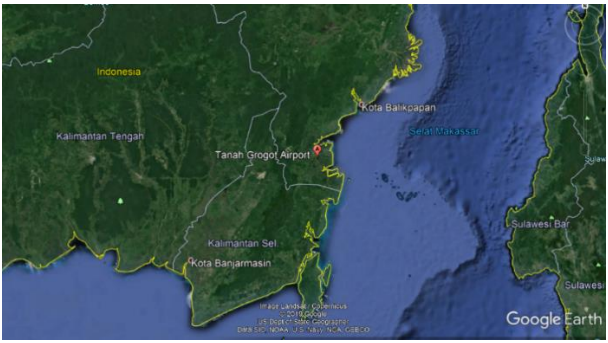
4. Perencanaan tebal perkerasan menggunakan program FAARFIELD.
5. Karena bandara yang direncanakan merupakan bandara baru maka data keberangkatan tahunan pesawat rencana merupakan data berdasarkan kelas bandara ataupun dengan pendekatan multipel regresi dengan PDRB dan populasi.
6. Peramalan pergerakan pesawat direncanakan untuk 20 tahun kedepan, karena mengacu terhadap standar umur perencanaan perkerasan landas pacu menurut FAA.
7. Untuk pendekatan metode perbaikan tanah berdasarkan penelitian sebelumnya, digunakan skenario tiga jenis material berbeda yang didasarkan ketersediaan material perbaikan di lokasi penelitian.
8. Spesifikasi dan jenis material untuk lapisan *surface* menggunakan P-401, lapisan *base course* menggunakan P-209 dan P-304 CTB untuk *base course* stabilisasi, serta lapisan *subbase* menggunakan P-154.
9. Tidak memperhitungkan biaya perkerasan terkait pemilihan material stabilisasi tanah dasar.

1.5 Manfaat

Tugas akhir ini diharapkan bisa menjadi salah satu alternatif studi dalam menentukan metode perencanaan perkerasan lentur suatu bandara.

1.6 Lokasi Penelitian

Lokasi objek penelitian dalam Tugas Akhir ini merupakan Bandar Udara Tanah Grogot, Kabupaten Paser, Provinsi Kalimantan Timur.



Gambar 1.1 Lokasi Bandar Udara Tanah Grogot
Sumber : Hasil Pencitraan Satelit Google Earth Pro

Dari gambar lokasi tersebut dapat dilihat bahwa Bandara Tanah Grogot terletak di Provinsi Kalimantan Timur, dengan lokasi diantara dua kota besar, yakni Kota Balikpapan dan Kota Banjarmasin.

Gambar 1.2 Bandar Udara Tanah Grogot dari Satelit Udara
Sumber : Hasil Pencitraan Satelit Google Earth Pro

Bandara Tanah Grogot merupakan bandara baru dengan rencana landas pacu sepanjang 1850 meter dan masih belum mempunyai struktur perkerasan.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengembangan dan Perencanaan Bandar Udara

Bandar udara merupakan area tertentu yang berada di daratan ataupun perairan yang terdiri atas bangunan, instalasi, dan peralatan yang diperuntukkan untuk keberangkatan dan kedatangan pesawat secara keseluruhan ataupun sebagian (Annex14, 2018). Sedangkan menurut PT. Angkasa Pura 1, bandar udara merupakan lapangan udara termasuk segala jenis bangunan dan peralatan serta kelengkapan minimal yang menjamin tersedianya fasilitas bagi angkutan udara bagi masyarakat. Sebuah bandara memiliki kapasitas tertentu tergantung pada kelas dan klasifikasi bandaranya. Seiring dengan bertambahnya tingkat populasi penduduk, maka kebutuhan akan transportasi juga akan meningkat. Maka dari itu perlu pengembangan ataupun perencanaan baru baik itu terhadap bandar udara baru ataupun lama.

2.2 Forecasting untuk Perencanaan Bandar Udara

Bertambahnya jumlah penduduk pada nantinya akan mempengaruhi peningkatan jumlah penumpang suatu bandar udara, karenanya perlu adanya prakiraan penumpang (*forecast).* Prakiraan diperlukan untuk meninjau apakah suatu fasilitas bandara masih memadai seiring berjalannya waktu dan bertambahnya penumpang. Dalam dunia penerbangan terdapat dua jenis peramalan yakni makro prakiraan dan mikro prakiraan. Makro prakiraan adalah prediksi kegiatan penerbangan total yang sifatnya luas seperti negara ataupun internasional. Mikro prakiraan merupakan prediksi yang berhubungan dengan kegiatan udara yang bersifat lokal pada suatu bandara (Horonjeff, McKelvey, Sproule, & Young, 2010). Dalam perencanaan prakiraan khususnya bandar udara biasanya dilakukan untuk 5, 10, dan 20 tahun mendatang. Pada perhitungan prakiraan ini terdapat beberapa metode seperti *time series, market share, dan ekonometrik.*

2.3 Bagian-Bagian Bandar Udara

Pada bandar udara dibagi menjadi dua bagian yakni bagian sisi udara dan bagian sisi darat. Pembagian ini berdasarkan fungsi dari bandar udara itu sendiri.

1. Air Side (Fasilitas Sisi Udara)
   Fasilitas sisi udara bandara adalah tempat segala kegiatan parkir, lepas landas dan pendaratan untuk pesawat terbang. Area ini merupakan area *non public* yang hanya bisa dimasuki oleh teknisi bandar udara yang berkepentingan. Fasilitas sisi udara terdiri atas bagian bagian yang mendukung pergerakan pesawat di darat yang terdiri dari , *runway* (landas pacu), *apron* atau tempat parkir pesawat, dan *taxiway* atau penghubung antara tempat parkir pesawat dan landas pacu.
2. Land side (Fasilitas Sisi Darat)
   Fasilitas sisi darat adalah area yang dibagi menjadi dua peruntukan yakni area untuk umum dan area khusus bagi penumpang yang ingin pergi ataupun datang. Fasilitas sisi udara terdiri atas terminal atau tempat kedatangan dan keberangkatan penumpang yang tersedia fasilitas tunggu untuk penumpang, *curb* atau tempat naik dan turun penumpang dari kendaraan darat, dan parkir kendaraan yang merupakan tempat untuk memarkir kendaraan pribadi penumpang.

2.4 Landas Pacu (*Runway)*

Landas pacu atau *runway* adalah jalur lintasan dengan struktur perkerasan tempat lepas landas dan mendarat bagi pesawat terbang. Landas pacu terdiri atas perkerasan struktur utama lepas landas pesawat, bahu landasan (*shoulder)*, bantal hembusan (*blast pad)*, dan area aman landas pacu (*runway safety area).* Pada landas pacu berlaku kapasitas pergerakan penerbangan berdasarkan kondisi, kondisi tersebut dibagi menjadi dua yakni VFR dan IFR.

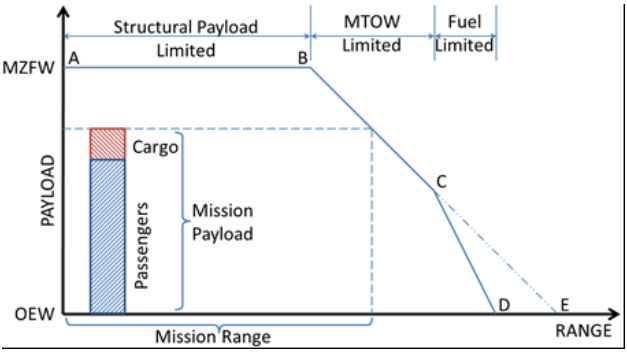
VFR (*Visual Flight Rule*) adalah kondisi ketika keadaan cuaca yang pada umumnya baik sehingga pesawat mampu melihat jarak pandang aman dengan cara visual. IFR (*Instrument Flight Rule)* adalah kondisi penerbangan ketika cuaca tidak baik sehingga jarak pandang atau batas penghlihatan berada di bawah standar yang ditentukan VFR.

2.5 Berat Pesawat

Pada perencanaan tebal perkerasan Menurut Order FAA 5300.7 , selain konfigurasi roda pendaratan pesawat juga terdapat faktor yang menjadi dasar perhitungan yakni berat pesawat. Berat pesawat terbagi menjadi beberapa jenis :

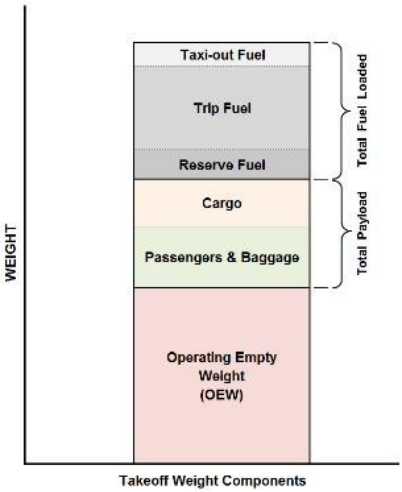
1. Operating Weight Empty (OWE)
   Berat operating weight merupakan beban dasar pesawat yang terdiri atas beban sendiri pesawat dan beban awak pesawat (*crew)* didalamnya. Beban ini tidak termasuk beban bahan bakar, penumpang serta beban muatan yang diangkat pesawat.

2. Payload
   Payload atau muatan adalah beban yang dapat diangkut oleh pesawat, biasanya besar muatan yang dapat diangkut ini tergantung oleh jenis pesawat. Beban muatan ini merupakan salah satu faktor penting dalam penentuan sejauh mana pesawat dapat terbang menurut diagram “elbow chart”.



Gambar 2.1 Diagram " Elbow Chart"
Sumber :https://www.researchgate.net/figure/Civil-aircraft-payload-range-envelope_fig1_329419708

3. Zero Fuel Weight
   Zero fuel weight adalah berat total termasuk *dry operating weight* (DOW) atau berat sendiri pesawat dan *total traffic load* atau beban penumpang, muatan serta lain-lain yang dapat dibawa terbang pesawat saat terbang dikurangi beban bahan bakar pesawat.
4. Maximum Struktural Takeoff Weight (MTOW)
   Pada perencanaan sebuah landas pacu (*runway)* yang harus diperhatikan adalah MTOW. MTOW adalah berat total dari sebuah pesawat yang terdiri atas beban sendiri pesawat, beban muatan kargo, beban penumpang, dan beban bahan bakar yang dimana pilot diizinkan terbang asalkan MOTW tidak melebihi kapasitas yang diizinkan sesuai dengan jenis pesawat. Kelebihan beban kapasitas MOTW ini dapat menyebabkan kerusakan struktural pesawat itu sendiri.



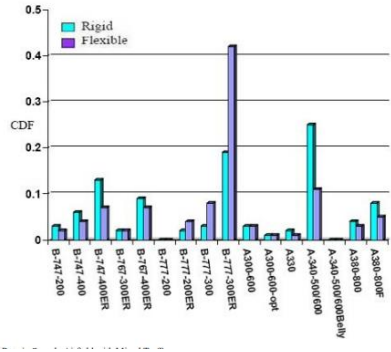
Gambar 2.2 Komponen Berat Pesawat
Sumber : https://en.wikipedia.org/wiki/Maximum_takeoff_weight

5. Maximum Struktural Landing Weight
   Maximum struktural landing weight adalah beban maksimum yang diterima landas pacu saat roda pesawat menyentuh lapisan perkerasan landas pacu. Beban ini terdiri atas beban sendiri pesawat dan dikurangi beban bakar pesawat yang sudah terpakai.
6. Maximum Ramp Weight
   Beban *maksimum ramp weight* adalah beban maksimum yang diizinkan ketika pesawat melakukan manuver di darat. Beban ini dibatasi oleh kekuatan pesawat dan persyaratan kelayakan udara. Beban ini termasuk beban taksi dan bahan bakar untuk mesin dan unit daya tambahan.
7. Berat Statik Main Gear dan Nose Gear
   Berat statik main gear atau roda pendaratan utama dan *nose gear* atau roda pendaratan kedua adalah beban yang disalurkan oleh roda terhadap lapisan perkerasan. *Nose*

gear letaknya bisa depan atau belakang. Untuk roda pendaratan kedua yang terletak di depan disebut *nose wheel* dan untuk di belakang disebut *conventional wheel*. Pembagian beban roda pesawat ini biasanya tergantung dari peraturan ataupun jenis pesawat. Dalam peraturan FAA, pembagian beban pada *main gear* atau roda pendaratan utama sebesar 95 % dari beban total pesawat sedangkan untuk *nose gear* mendapatkan 5 % dari total beban pesawat.

2.6 Tipe Roda Pendaratan Pesawat

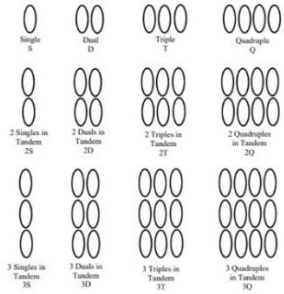
Menurut Order FAA 5300.7, bagian penting dari penentuan tebal struktur perkerasan adalah berat pesawat dan konfigurasi roda pendaratan pesawat. Sejarahnya, roda pesawat pada awalnya masih menggunakan konfigurasi yang sederhana seperti *single gear* dan *two gear*. Seiring berjalannya waktu semakin besar dan berat sebuah pesawat maka perlu ditambahkan roda tambahan supaya mencegah tekanan yang diterima oleh struktur perkerasan. Penelitian Shafabakhsh & Kashi (2014), tentang efek beban dan konfigurasi roda terhadap kerusakan landas pacu yang dasar penelitiannya berdasarkan nilai CDF (*cumulative damage factor)*, yaitu nilai kelelahan struktur perkerasan akibat beban yang diterima selama masa pelayanan. CDF menunjukkan rasio antara beban pengulangan akibat pesawat dengan beban pengulangan ijin. Dengan jumlah penerbangan yang sama dan struktur perkerasan yang sama didapat hasil berikut pada gambar 2.3



Gambar 2.3 Nilai CDF Berdasarkan Jenis Pesawat
Sumber : G.Shafabakhsh dan E.Kashi (2015)

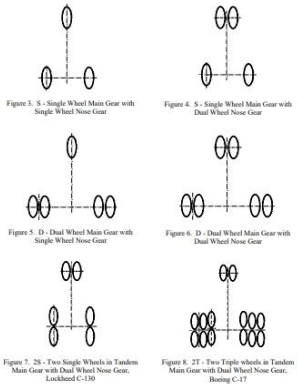
Berdasarkan data tersebut nilai CDF terbesar pada perkerasan kaku dan perkerasan lentur adalah akibat pesawat Airbus A-340 500/600 dan akibat Boeing B-777-300 ER. Hal ini terjadi akibat beban yang diterima tiap roda pesawat tersebut mencapai 30,5 ton dan 28 ton. Dan distribusi beban tersebut 66% pada roda pendaratan utama atau *main wheel* dan 33 % oleh roda depan atau *nose wheel*. Berikut jenis roda dan konfigurasinya menurut FAA :

1. Jenis Roda Pesawat



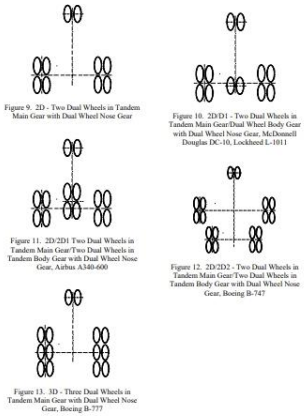
Gambar 2.4 Jenis Roda Pesawat
(Sumber : FAA Order 5300.7, 2005)

2. Konfigurasi Roda Pendaratan Pesawat



Gambar 2.5 Konfigurasi Roda Pendaratan Untuk Pesawat
(Sumber : FAA Order 5300.7, 2005)

3. Konfigurasi Roda Pendaratan Pesawat Berbadan Besar



Gambar 2.6 Konfigurasi Roda Pendaratan Untuk Pesawat Berbadan Besar
(Sumber : FAA Order 5300.7, 2005)

2.7 Nilai CBR Tanah

Dalam menentukan daya dukung tanah dasar (*subgrade)* terdapat beberapa metode, namun khususnya dalam penentuan konstruksi jalan umumnya dipakai adalah metode CBR (*California Bearing Ratio)*. CBR sendiri adalah perbandingan antara beban penetrasi percobaan atau *test load* pada suatu lapisan tanah terhadap beban standar *standard load* dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama. Harga CBR dinyatakan dalam bentuk persen (%) .Semakin tinggi nilai CBR suatu tanah maka semakin baik pula kondisi tanahnya. Begitu pun sebaliknya jika nilai CBR suatu tanah rendah maka kondisi tanah tersebut semakin jelek dan menyebabkan cepat rusaknya suatu perkerasan. Peningkatan nilai CBR dapat dilakukan dengan cara pemadatan yang nilainya mengacu pada nilai kadar air optimum dan berat isi maksimum. Perlakuan perbaikan nilai CBR tergantung dengan nilai yang diinginkan. Dengan perbaikan secara kimiawi seperti serbuk besi ataupun batu kapur maka nilai CBR bisa ditingkatkan. Cara mendapatkan data CBR tanah dapat melalui tiga cara yakni, tes CBR lapangan, tes (DCPT) dan tes CBR laboratorium.

1. Tes CBR Lapangan
   Pengujian CBR lapangan ini diatur pada SNI 1738-2011. Pengujian ini dimaksudkan untuk mendapatkan nilai CBR langsung di tempat yang pada nantinya berfungsi sebagai tolak ukur perencanaan tebal perkerasan. Pengujian ini memanfaatkan bantuan truk sebagai penahan beban penetrasi.
2. DCPT (*Dynamic Cone Penetrometer Test*)
   Maksud dari test ini adalah untuk mendapatkan nilai CBR langsung di lapangan. Pada tes ini sebuah cone diujung alat akan diletakkan di atas permukaan tanah dan diatasnya akan diberi beban untuk dijatuhkan setiap ketinggian 20 inch (50,8 cm). Tes ini dapat menentukan nilai CBR suatu tanah sampai kedalaman 90 cm dengan bantuan grafik ekuivalen CBR.

3. Tes CBR Laboratorium
   Tes CBR laboratorium di atur dengan AASHTO T - 191-74 dan ASTM D –1883 0 – 73. Dalam pengujian ini sampel tanah merupakan sampel dari lapangan yang dibawa ke laboratorium. Pada pengujian ini keadaan sampel tanah akan dibagi menjadi dua jenis yakni sampel tanah jenuh yang direndam dulu (*soaked)* dan sampel tanah yang tidak direndam (*unsoaked)*. Pengujian CBR ini dilakukan dengan memberikan beban standar yang diatur sehingga nilai penetrasi torak dapat diukur pada kedalaman tertentu.

2.8 Karakteristik dan Klasifikasi Jenis Tanah Lunak

Pembagian klasifikasi jenis tanah dibagi menjadi dua yakni menurut AASHTO dan USCS. Pada klasifikasi jenis tanah menurut USCS dan AASHTO hal yang ditinjau adalah nilai plastisitas dan ukiran butirannya sedangkan USCS memisahkannya menjadi dua kategori yakni tanah berbutir kasar dan tanah berbutir halus. Pada USCS pada jenis tanah lunak dijelaskan lebih detail tentang pengklasifikasian tanah lunak anorganik dan tanah lunak organik.

Tabel 2.1 Nilai Konsistensi Tanah
(Sumber : Mohtar, 1995)

Konsistensi Tanah	Taksiran harga kekuatan geser undrained, Cu		Taksiran Harga SPT, harga N
	kPa	Ton/m²	
Sangat lunak (very soft)	0 - 12,5	0 - 1,25	0 - 2,5
Lunak (soft)	12,5 – 25	1,25 - 2,5	2,5 – 5
Menengah (medium)	25 – 50	2,5 – 5	5 -10
Kaku (stiff)	50 – 100	5 -10	10 – 20
Sangat kaku (very stiff)	100 – 200	10 – 20	20 – 40

Tabel 2.1 Nilai Konsistensi Tanah (Lanjutan)

Konsistensi Tanah	Taksiran harga kekuatan geser undrained, Cu		Taksiran Harga SPT, harga N
	kPa	Ton/m²	
Keras (hard)	> 200	> 20	> 40

Tanah lempung dalam hal ini dengan konsistensi sangat lunak mempunyai karakteristik sebagai berikut :
1. Daya dukung yang rendah.
2. Kemampatan yang tinggi.

Kemampatan terjadi akibat penambahan beban di atas suatu permukaan tanah yang disebabkan oleh deformasi partikel tanah, keluarnya air atau udara pori dan relokasi partikel tanah. Secara umum pemampatan dibagi menjadi beberapa jenis yakni :

1. Penurunan segera (*Immediate Settlement*)
   Penurunan secara cepat saat pembebanan terjadi. Biasanya terjadi dalam waktu yang pendek antara 0 sampai 7 hari, umumnya terjadi pada tanah berjenis pasir atau jenis tanah dengan nilai derajat kejenuhan kurang dari 90%, penurunan yang terjadi kecil serta bersifat elastis.
2. Penurunan konsolidasi (*Consolidation Settlement*). Penurunan ini berlangsung lebih lama pada saat pembebanan terjadi yang menyebabkan keluarnya air dan udara dari dalam pori tanah. Dan besar dari penurunan bergantung pada besarnya pembebanan. Pada konsolidasi ini dibagi menjadi dua, penurunan konsolidasi primer dan sekunder. Pada penurunan konsolidasi primer kondisi yang terjadi adalah saat keluarnya air dan udara dari massa tanah akibat bekerjanya beban luar. Pada kondisi konsolidasi sekunder adalah ketika butiran partikel tanah berpindah akibat pengaruh beban luar menuju ke posisi yang lebih stabil.

2.8.1 Stabilisasi Tanah Lempung

Berdasarkan buku *Manual Of Soil Laboratory Testing* nilai CBR tanah lempung berada pada 1-3 %. Tentunya dengan nilai CBR yang rendah tersebut dibutuhkan peningkatan nilai CBR dengan stabilisasi. Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk meningkatkan nilai CBR tanah.

1. Peningkatan nilai CBR tanah lempung dengan penambahan pasir dan batu kapur.
   Salah satu metode perbaikan tanah lempung adalah penambahan pasir dengan ukuran tertentu dan batu kapur. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Hafizh, Wibisono, & Nugroho (2017), tanah lempung yang mempunyai nilai CBR awal 5,06 % diberi perlakuan dengan penambahan pasir dengan gradasi tertentu dan batu kapur dengan kadar tertentu. Didapat nilai CBR tertinggi sebesar 23,98 % dengan kadar pasir *poor graded* 40% dan batu kapur 60% pada keadaan *unsoaked.*
2. Peningkatan nilai CBR tanah lempung dengan penambahan abu vulkanik.
   Menurut penelitian yang dilakukan oleh Napitupulu (2016), tanah lempung pada awalnya memiliki nilai CBR 4,56% (*soaked)* diberi penambahan bahan tambahan berupa abu vulkanik untuk menaikkan nilai CBRnya secara bertahap dan didapatkan nilai CBR tertinggi sebesar 8,95% (*soaked)* dengan kadar abu vulkanik sebesar 10% dengan masa pemeraman selama 14 hari.
3. Peningkatan nilai CBR tanah lempung dengan penambahan semen portland.
   Penelitian yang dilakukan oleh Andriani, Yuliet, & Fernandez (2012), mencoba meningkatkan nilai CBR tanah lempung dengan menggunakan campuran semen portland. Dari penelitian ini didapat nilai CBR tanah lempung meningkat dari 8,2% menjadi 64,83% dengan

komposisi semen portland sebesar 20% dengan masa pemeraman selama 3 hari.

4. Peningkatan nilai CBR tanah lempung dengan penambahan *fly ash* dan *bottom ash.*
   Penelitian ini dilakukan oleh Fauzi, Nazmi & Fauzi (2011), penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan nilai CBR tanah lempung dengan penambahan *fly ash* atau biasa disebut abu terbang dan *bottom ash* atau abu padat. Nilai awal CBR 3,3 % dan mendapatkan nilai CBR optimum sebesar 4,5% dengan penambahan *fly ash* sebesar 8%. Sedangkan dengan penambahan *bottom ash* didapat nilai CBR optimum sebesar 23% dengan kadar *bottom ash* 12%.
5. Peningkatan nilai CBR tanah lempung dengan penambahan batu kapur dan *Palm Oil Fly Ash* (POFA)
   Penelitian ini dilakukan oleh Khalid, Arshad, Mukri, Kamarudin, & Ghani (2014), penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan nilai CBR tanah lempung dengan penambahan *fly ash* hasil dari industri minyak sawit dan batu kapur. Nilai awal CBR 16,25% dan mendapatkan nilai CBR optimum sebesar 69,8% dengan penambahan *fly ash* sebesar 3% dan batu kapur sebesar 6%.

Dari beberapa metode stabilisasi tanah lempung untuk meningkatkan nilai CBR tanah, metode yang paling memungkinkan adalah dengan penambahan batu kapur, karena ketersediaan batu kapur di Kalimantan cukup melimpah. Menurut Dr. Pindi Setiawan peneliti dari ITB, dilansir dari detikfinance.com cadangan karst di Pulau Kalimantan mencapai 8,2 miliar ton meskipun proses eksplorasi maupun eksploitasi dalam maksud pendayagunaan belum dapat dilakukan karena dikhawatirkan dapat mempengaruhi lingkungan. Namun, digunakan 3 studi kasus perencanaan stabilisasi dengan material yang berbeda. (https://finance.detik.com/berita-ekonomi-bisnis/d2554293/investor-semen-antre-garap-perbukitan-kapur-perawan-di-kaltim).

2.9 Muka Air Tanah

Tingginya muka air tanah pada lokasi perencanaan landas pacu akan mempengaruhi kekuatan dan durabilitas landas pacu, karena dengan tingginya muka air tanah pada perkerasan akan berpengaruh terhadap kekuatan perkerasan dan menurunkan nilai modulus resilien serta meningkatkan deformasi perkerasan (Salour & Erlingsson, 2017). Permasalahan ini biasanya diselesaikan dengan permodelan drainase dan dengan memberi perlakuan khusus pada kondisi tanah dasar. Menurut Patel, Kumavat, Tapkire, & Patil (2016) perlakuan tanah untuk mengatasi tingginya muka air tanah adalah dengan memakai sistem geotextile, geogrid, *vacuum consolidation* dan *vertikal drain.* Sedangkan menurut FAA dan penelitian Liu, Ping, Liu, & Yang (2005), menggunakan sistem pipa kapiler dengan cara air tanah di area *subgrade* dapat terangkat melalui pipa kapiler lalu disalurkan ke pipa drainase. Sedangkan untuk mencegah ikutnya butiran tanah dasar maka perlu adanya penambahan lapisan pemisah (*separation layer)* dengan spesifikasi tertentu yang memiliki tingkat permeabilitas yang lebih tinggi daripada tanah dasar.

2.10 Perkerasan

Perkerasan merupakan campuran dari beberapa agregat yang diikat dengan bahan pengikat. Perkerasan berfungsi sebagai penyalur beban yang ditimbulkan oleh beban lalu lintas jalan maupun beban lalu lintas pesawat terhadap lapisan tanah dasar, ketika semakin tebal suatu perkerasan maka beban yang diterima tanah dasar semakin kecil. Jenis perkerasan terbagi menjadi dua jenis tergantung material lapis permukaannya, yakni perkerasan lentur *(flexible pavement)* dan perkerasan kaku *(rigid pavement).* Penggunaan jenis perkerasan pada fasilitas sisi udara tergantung pada sifat perkerasan itu sendiri dan berdasarkan fungsinya. Untuk area *apron* atau tempat parkir pesawat biasanya digunakan perkerasan jenis kaku karena beban yang diterima oleh perkerasan bukanlah beban kejut yang membuat deformasi sesaat pada perkerasan. Berdasarkan penelitian dari Gill, Singhal, Mani, &

Srivastav (2015) yang membandingkan antara perkerasan untuk landas pacu berdasarkan metode elemen hingga dan didapatkan bahwa perkerasan lentur lebih baik digunakan pada landas pacu daripada menggunakan perkerasan kaku. Hal ini diakibatkan karena momen relatif pelat beton yang diakibatkan beban kejut pesawat dinilai memiliki efek pada perletakan pelat beton yang memungkinkan beton retak dan berbahaya.

2.10.1 Kekuatan Perkerasan

Kekuatan perkerasan dapat diketahui dengan beberapa sistem, seperti Kanada dengan sistem PLR (*pavement load rating)* dan ICAO (*International Civil Aviation Organization*) dengan PCN dan ACN. ACN (*aircraft classification number)* adalah nilai yang menyatakan akibat pesawat yang termasuk jenis, berat, dan tipe roda pendaratan terhadap perkerasan dengan tipe dan kekuatan tanah dasar tertentu. Sedangkan PCN (*pavement classification number)* adalah nilai yang menggambarkan kekuatan perkerasan tanpa penggolongan jenis pesawat serta detail struktur perkerasan. Menurut KP 93 tahun 2015, apabila terdapat nilai PCN (*pavement classification number*) perkerasan prasarana bandar udara yang menunjukkan nilai lebih kecil daripada nilai ACN (*aircraft classification number*) pesawat udara terbesar yang beroperasi, maka pengoperasian pesawat udara tersebut mengacu pada ketentuan pembatasan beban lepas landas (*restricted take-off weight*) dan/atau kondisi overload. Nilai PCN sendiri harus merepresentasikan korelasi antara beban pesawat yang diizinkan dengan nilai ACN dari pesawat terkritis yang beroperasi selama umur rencana struktur perkerasan. Nilai PCN terdiri atas beberapa unsur seperti kekuatan perkerasan, jenis perkerasan, kategori perkerasan tanah dasar (*subgrade),* kategori tekanan roda, dan metode pelaksanaan evaluasi.

1. Nilai numerik kekuatan perkerasan terdiri dari angka 1 sampai dengan tak hingga.

2. Jenis perkerasan terdiri dari perkerasan kaku dengan simbol huruf R dan perkerasan lentur dengan simbol huruf F.
3. Kategori *subgrade* dibagi menjadi empat kategori baik untuk perkerasan kaku maupun perkerasan lentur yaitu kategori A, B, C atau D. Penentuan kategori kekuatan *subgrade* tercantum dalam tabel 1 dan tabel 2.2 dan 2.3
4. Tekanan ijin roda terdiri dari empat kategori yaitu W, X, Y atau Z seperti tercantum dalam Tabel 2.4
5. Metode evaluasi terdiri dari pengujian langsung dengan pesawat analog ditunjukkan dengan huruf U dan dengan perhitungan analitis ditunjukkan dengan huruf T.

Contoh nilai PCN : 45 / F / B / X / T

Tabel 2.2 Kategori Daya Dukung *Subgrade* Perkerasan Kaku

No	**Kategori Subgrade**	**Nilai K Permukaan Subgrade Pci (MN/ m3)**	**Interval Nilai Permukaan *Subgrade* Pci (MN / m3)**	**Kode**
1	High	555.6 (150)	K > 442 (K > 120)	A
2	Medium	294,7 (80)	221 < K < 442 (60 < K < 120)	B
3	Low	147,4 (40)	92 < K < 221 (25 < K < 60)	C
4	Ultra Low	73,7 (20)	K < 92 (K < 25)	D

Sumber : KP 93 Tahun 2015

Tabel 2.3 Kategori Daya Dukung *Subgrade* Perkerasan Lentur

No	Kategori Subgrade	Nilai CBR Subgrade %	Interval Nilai CBR Subgrade %	Kode
1	High	15	CBR ≥ 13	A
2	Medium	10	8 < CBR < 13	B
3	Low	6	4 < CBR < 8	C
4	Ultra Low	3	CBR < 4	D

Sumber : KP 93 Tahun 2015

Tabel 2.4 Kategori Tekanan Izin Pesawat

No	Kategori	Tekanan Ijin (MPa / Psi)	Kode
1	High	Tidak Terbatas	W
2	Medium	1,5/218	X
3	Low	1,0/145	Y
4	Ultra Low	0,5/73	Z

Sumber : KP 93 Tahun 2015

2.11 Jumlah Keberangkatan Pesawat Tahunan

Pada perencanaan tebal perkerasan data keberangkatan pesawat merupakan salah satu faktor yang penting. Pada perencanaan bandar udara baru dengan bandar udara yang sudah ada terdapat perbedaan dalam menghitung *annual departure*nya. Jika pada bandar udara yang sudah beroperasi dihitung berdasarkan data keberangkatan tahunan. Sedangkan untuk menghitung *annual departure* untuk perencanaan bandar udara baru adalah dengan memperhatikan kelas dan klasifikasi bandar udara. Hal ini diatur dalam Peraturan Menteri Perhubungan nomor 69 tahun 2013 dan Keputusan Menteri nomor 36 tahun 1993

tentang tata kebandarudaraan nasional kapasitas tahunan penumpang ditentukan melalui kelas dan klasifikasi bandar udara.

2.12 FAARFIELD

FAARFIELD (*Federal Aviation Administration Rigid and Flexible Iterative Elastic Layered Design*) merupakan program bantu yang dikeluarkan oleh FAA untuk mendesain tebal perkerasan suatu landas pacu. Program ini dilengkapi dengan prosedur *layer elastic* dan metode *finite elemen* untuk perencanaannya. Data yang dibutuhkan untuk perencanaannya pun hampir sama dengan metode manual. Sebelumnya juga terdapat studi yang membahas tentang penentuan tebal perkerasan landas pacu menggunakan program FAARFIELD yang terdapat pada tabel 2.5 berikut :

Tabel 2.5 *Review* Literatur Penggunaan FAARFIELD

Studi Terkait	Riva Ramadhani, (2019)	Ramadhan, Dicky , (2018)	Cok Nanda Late Rezky (2016)
Judul	Perencanaan Perkerasan dan Geometrik Runway 3 Bandara Internasional Soekarno-Hatta Dengan Pesawat Rencana Airbus Beluga XL Menggunakan COMFAA Dan FAARFIELD	Analisis Struktur Perkerasan Lentur Landas Pacu Menggunakan Program Bantu (COMFAA , FAARFIELD, dan LEDFAA (Studi Kasus Bandar Udara Internasional Juanda)	Analisis Perbandingan Metode Desain Perkerasan Bandara Antara Metode Grafis dan FAARFIELD Studi Kasus Bandara Juanda
Lokasi	Bandar Udara Internasional Soekarno Hatta	Bandar Udara Internasional Juanda	Bandar Udara Internasional Juanda

Tabel 2.5 Review Literatur Penggunaan FAARFIELD (Lanjutan)

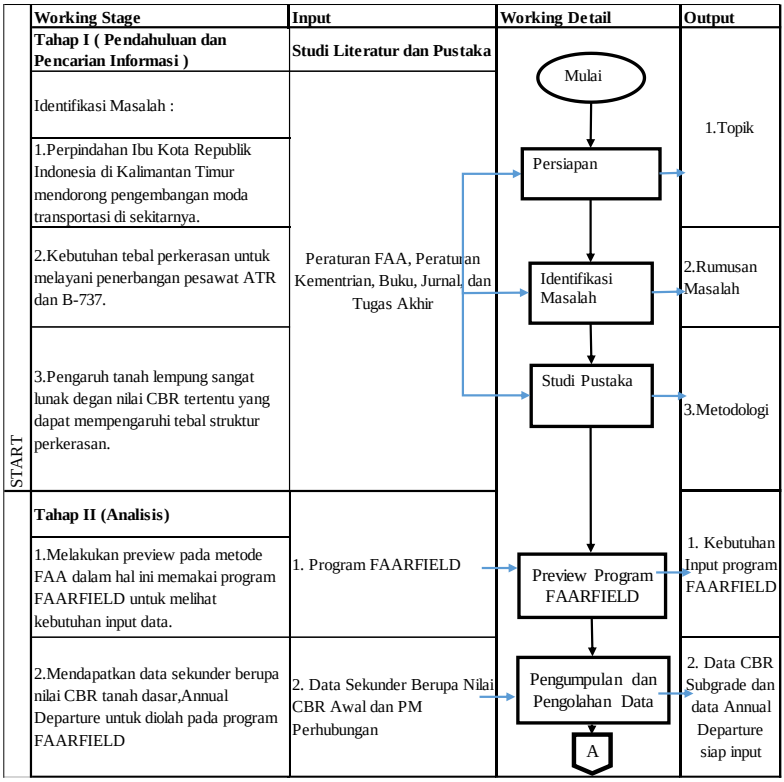
Metode	Merencanakan geometrik runway dan merencanakan tebal perkerasannya menggunakan program FAARFIELD dan COMFAA berdasarkan pesawat rencana	Melakukan analisis perkerasan lentur dengan membandingkan berdasarkan program COMFAA, FAARFIELD dan LEDFAA	Melakukan analisis dengan mebandingkan desain perkerasan metode FAA berdasarkan grafis dan berdasarkan program FAARFIELD
Kesimpulan	1. Kebutuhan Panjang Landas Pacu Sepanjang 3000 m 2. berdasarkan program FAAFIELD didapat tebal perkerasan sebesar 754 mm dengan subbase course 502 mm, base course 125 mm dan surface 125 mm sedangkan COMFAA dihasilkan total tebal perkerasan 1041 mm dengan nilai PCN 81.	1. Kebutuhan input data untuk masing - masing program bantu hampir sama 2. konsistensi menghasilkan tebal overlay hampir sama dengan tebal overlay angkasa pura dengan COMFAA 87%, FAARFIELD 86%, dan LEDFAA 49%.	1. Variabel yang membedakan adalah penentuan pesawat rencana, metode, dan umur perkerasan 2. Hasil perencanaan secara grafis 20 tahun tidak dapat menerima beban berbeda dengan hasil FAARFIELD yang memang didesain selama 20 tahun.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

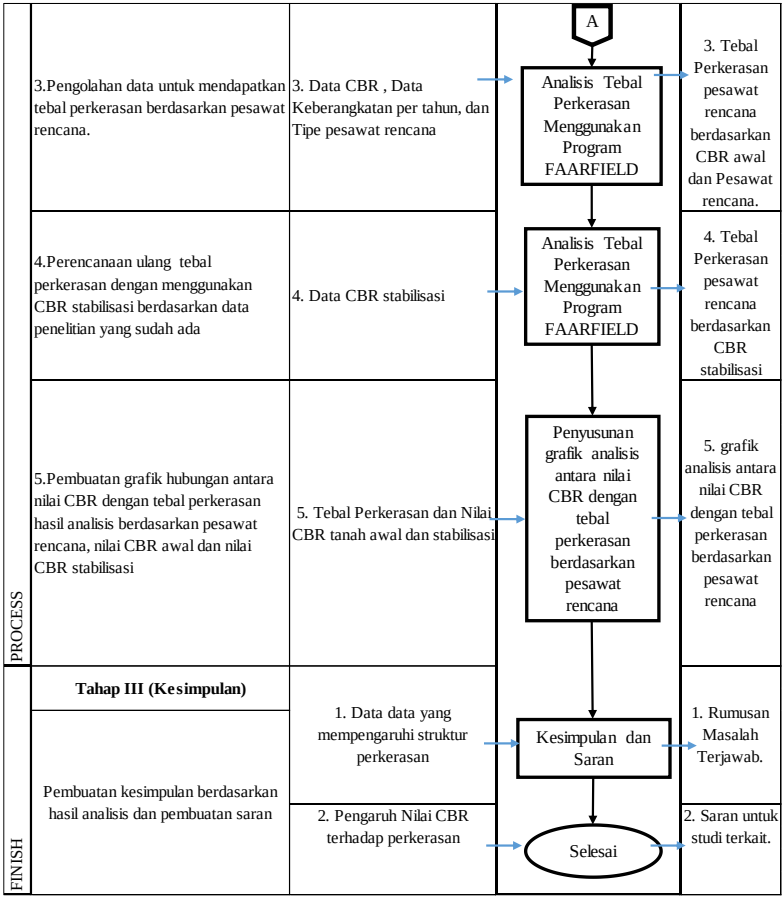
BAB III
METODOLOGI

3.1 Diagram Alir Metodologi

Diagram alir metodologi ini dibuat untuk memudahkan dalam menyusun kerangka tugas akhir ini. Berikut diagram alir metodologi " Analisis Kebutuhan Tebal Perkerasan Berdasarkan Variasi Nilai CBR Untuk Pesawat ATR dan Boeing 737 Di Bandara Paser Berdasarkan Metode FAA"



Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi



Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi (Lanjutan)

3.2 Pendahuluan dan Pencarian Informasi

Tahap pendahuluan dan pencarian informasi merupakan tahapan awal dari sebuah proses penelitian. Proses ini diperlukan untuk mencari tahu informasi yang terjadi sebagai dasar identifikasi masalah. Pencarian informasi dapat melalui beberapa bentuk, seperti internet, buku, jurnal dan laporan penelitian

sebelumnya. Selanjutnya informasi yang berupa rencana pemindahan ibukota yang diikuti dengan pengembangan wilayah di sekitarnya yang diartikan kebutuhan perkerasan pada bandar udara sekitar menjadi informasi dasar bagi tugas akhir penulis.

3.2.1 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah merupakan tahap paling awal dari sebuah proses penelitian. Mengidentifikasi masalah diperlukan karena dari identifikasi masalah penulis dapat menentukan rumusan permasalahan dan batasan masalah. Identifikasi masalah dapat dilakukan dengan membaca buku, artikel, peraturan, jurnal dan laporan penelitian terkait. Dalam identifikasi masalah dapat diketahui apakah suatu permasalahan layak dikaji atau tidak, dan apakah penelitian berdasarkan permasalahan tersebut dapat bermanfaat bagi berbagai pihak. Dalam identifikasi masalah tersebut didapatkan permasalahan utama yakni,

1. Kebutuhan tebal perkerasan landas pacu pada Bandar Udara Tanah Grogot, Kabupaten Paser dengan metode FAA sebagai imbas dari pengembangan fasilitas transportasi akibat perpindahan Ibukota Republik Indonesia.
2. Perencanaan kebutuhan landas pacu yang sesuai dengan kondisi tanah dan pesawat rencana yang beroperasi di Bandar Udara Tanah Grogot.

Untuk membantu mengidentifikasi masalah maka selanjutnya dibutuhkan studi pustaka terkait masalah tersebut.

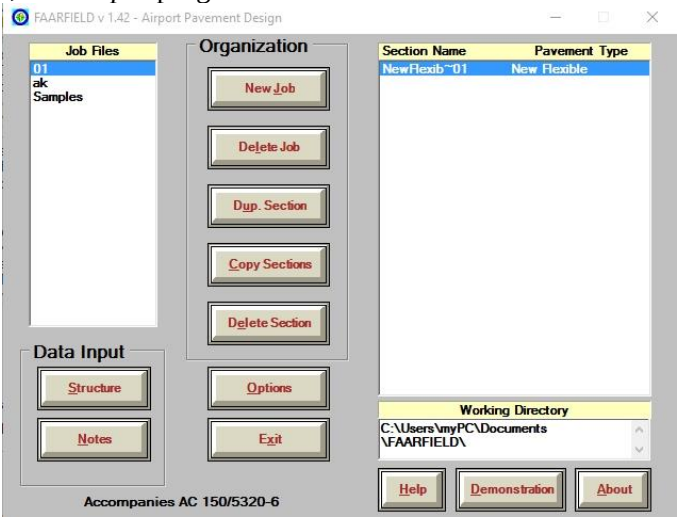
3.2.2 Studi Pustaka atau Studi Literatur

Dalam studi literatur ini merupakan tahap dilakukan pengumpulan beberapa teori yang berkaitan dengan topik yang pada nantinya akan dibahas. Studi literatur didapat dari berbagai sumber seperti internet, buku, artikel, peraturan, jurnal dan laporan penelitian terkait. Dalam pencarian studi literatur ini didapat referensi yang pada nantinya digunakan sebagai dasar penelitian yakni,

1. *Advisory Circular* 150-5320-6d , *Airport Pavement Design and Evaluation* (FAA, 2016)
2. *Advisory Circular* 150-5320-6f, *Airport Pavement Design and Evaluation* (FAA, 2016)
3. *Planning and Design of Airport* (Horonjeff, McKelvey, Sproule, & Young, 2010)
4. *Airfield and Higway Pavement Journal, 2019*
5. *Advisory Circular 150-5370-10H, Standard Specifications for Construction of Airports* (2018)

3.3 Program Bantu FAARFIELD

Pada tahap ini dilakukan *preview* agar penulis dapat mengetahui apa saja yang dibutuhkan untuk *input* data, proses kerja, dan *output* program FAARFIELD.



Gambar 3.2 Tampilan Awal FAARFIELD

3.4 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan dalam rangka mencapai tujuan penelitian. Pada

tahap ini dilakukan pengumpulan data yang mendukung pada analisis perencanaan tebal perkerasan metode FAA dengan metode FAARFIELD. Data yang digunakan merupakan data sekunder yang terdiri atas :

1. Data nilai CBR tanah dasar Bandar Udara Tanah Grogot
   Data ini merupakan data nilai CBR tanah awal di Bandar Udara Tanah Grogot. Data ini merupakan data tanah dasar (*subgrade)* yang pada nantinya berfungsi sebagai penentu tebal perkerasan. Data didapatkan dari hasil pengujian yang dilakukan Politeknik Negeri Samarinda yang sedang melakukan penelitian di Bandar Udara Tanah Grogot.
2. Data Keberangkatan Pesawat
   Data keberangkatan pesawat yang digunakan pada umumnya berbeda dengan data yang dipakai untuk bandar udara yang sudah beroperasi. Untuk bandar udara yang sudah ada biasanya data keberangkatan didapatkan langsung dari perusahaan pengelola bandar udara. Hal ini tidak berlaku bagi bandar udara baru karena untuk bandar udara baru, data keberangkatan pesawat mengacu pada peraturan Kementerian Perhubungan ataupun hasil prakiraan menggunakan *multiple regression* berdasarkan PDRB dan populasi .
3. Data Pesawat
   Data Pesawat terdiri atas berat, tipe roda pendaratan, dan kelas pesawat yang mengacu pada data yang disediakan oleh FAA yakni yang tersedia pada tabel karakteristik pesawat ataupun brosur perusahaan pesawat.
4. Data nilai CBR perbaikan
   Data nilai CBR perbaikan merupakan data yang diambil dan dikaji berdasarkan penelitian maupun laporan studi sebelumnya dengan jenis dan kondisi tanah yang hampir sama dengan menggunakan tiga jenis skenario material perbaikan. Nilai CBR perbaikan dikaji dengan melihat apakah tanah perbaikan tanah tersebut dapat

diimplementasikan pada keadaan yang sesungguhnya, seperti ketersediaan bahan di sekitar lokasi penelitian.

3.5 Tahap Analisis Data

Pada tahap ini, semua data-data yang telah dikumpulkan akan diolah untuk dianalisis menggunakan program FAARFIELD.

3.5.1 Pengolahan Data Keberangkatan Pesawat

Pengolahan data merupakan tahap ketika data-data yang dikumpulkan diolah dahulu sehingga pada nantinya memudahkan untuk diinput pada program FAARFIELD. Karena sebagian data yang digunakan merupakan data mentah atau belum siap diinput ke program FAARFIELD seperti data keberangkatan pesawat. Data keberangkatan pesawat untuk bandara baru berbeda dengan data bandara lama. Pada bandara baru perencanaan berdasarkan peraturan menteri. Berikut tabel rencana induk nasional bandara yang digunakan dalam menentukan hierarki bandara.

Tabel 3.1 Tabel Rencana Induk Nasional Bandar Udara
(*Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan No.69 Tahun 2013*)

No	No	Bandar Udara XIII Kalimantan Timur	Kota/Lokasi	Penggunaan	Hierarki	Klasifikasi
				Bandar Udara	Bandar Udara	Landas Pacu
				2020	2020	2020
117	1	Sepinggan	Balikpapan	International	PP	4D
118	2	Juwata	Tarakan	International	PS	4D
119	3	Kotabangun	Kotabangun	Domestik	P	2B
120	4	Kalimarau	Tj. Redep	Domestik	PT	3C
121	5	Yuvai	Longbawan	Domestik	P	3C
122	6	Tanjung Harapan	Tj. Selor	Domestik	P	3C
123	7	Long Apung	Long Apung	Domestik	P	3C
124	8	Datah Dawai	Datah Dawai	Domestik	P	3C

Tabel 3.1 Tabel Rencana Induk Nasional Bandar Udara (Lanjutan)

No	No	Bandar Udara XIII Kalimantan Timur	Kota/Lokasi	Penggunaan	Hierarki	Klasifikasi
				Bandar Udara	Bandar Udara	Landas Pacu
				2020	2020	2020
125	9	Nunukan	Nunukan	Domestik	PT	2C
126	10	Melak	Sendawar	Domestik	P	2C
125	11	Kol. RA. Bessing (Seluwing)	Malinau	Domestik	P	2C
128	12	Long Layu	Long Layu	Domestik	P	2B
129	13	Muara Wahau	Muara Wahau	Domestik	P	2B
130	14	Tanjung Bara (Sangata)	Kutai Timur	Domestik	P	2B
131	15	Temindung I Sungai Siring	Samarinda	Domestik	PS	4D
132	16	Bontang	Bontang	Domestik	PT	3C
133	17	Paser	Tanah Grogot	Domestik	P	4C*
134	18	Maratua	Berau	Domestik	P	2C
135	19	Long Apari	Kutai Barat	Domestik	P	2C

*Berdasarkan Keputusan Menteri No.166 Tahun 2019 rencana landas pacu Bandar Udara Tanah Grogot menjadi 3C.

Keterangan :

PP = Pengumpul Skala Primer

PS = Pengumpul Skala Sekunder

PT = Pengumpul Skala Tersier

P = Pengumpan

Tabel 3.2 Tabel Kriteria dan Penilaian Hierarki Bandara
(Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan No.69 Tahun 2013)

NO	HIERARKI BANDAR UDARA		KRITERIA	
			TERLETAK DI KOTA YANG MERUPAKAN PUSAT PERSEBARAN	JUMLAH PENUMPANG PER TAHUN
1	Pengumpul	a. Pengumpul Primer	PKN	Pax ≥ 5000000
		b. Pengumpul Skala Sekunder	PKN	1000000 ≤ Pax ≤ 5000000
		c. Pengumpul Skala Tersier	PKN PKW	500000 ≤ Pax ≤ 1000000
2	Pengumpan		PKL	Pax ≤ 500000

Sebagai perencanaan menurut KM 36 Tahun 1993 pengklasifikasian bandara menggunakan sistem angka kredit, penetapan klasifikasi bandar udara didasarkan pada jumlah angka kredit yang diperoleh bandar udara yang bersangkutan. Berikut pembagian kelas bandara dengan angka kreditnya :

1. Bandara kelas I dengan jumlah angka kredit lebih dari 65;
2. Bandara kelas II dengan jumlah angka kredit lebih dari 25 s/d 40;
3. Bandara kelas III dengan jumlah angka kredit lebih dari 20 s/d 25;
4. Bandara kelas IV dengan jumlah angka kredit lebih dari 20 s/d 25;

5. Bandara kelas V dengan jumlah angka kredit lebih dari 10 s/d 20.

Bagi suatu bandar udara yang jumlah angka kreditnya kurang dari 10 diklasifikasikan sebagai bandar udara non kelas. Juga terdapat penilaian angka kredit berdasarkan komponen kriteria klasifikasi bandara yakni :

Tabel 3.3 Tabel Angka Kredit dengan Jumlah Penumpang
(Sumber : KM 36 Tahun 1993)

Jumlah penumpang pertahun (berangkat-datang dan transit)	Jumlah penumpang pertahun Angka kredit
8.000.001 ke atas	30
4.000.001 s/d 8.000.000	29
2.000.001 s/d 4.000.000	28
1.000.001 s/d 2.000.000	27
600.001 s/d 1.000.000	26
400.001 s/d 600.000	25
350.001 s/d 400.000	23
250.001 s/d 350.000	21
200.001 s/d 250.000	19
175.001 s/d 200.000	17
150.001 s/d 175.000	15
125.001 s/d 150.000	13

Tabel 3.3 Tabel Angka Kredit dengan Jumlah Penumpang
(Lanjutan)

Jumlah penumpang pertahun (berangkat-datang dan transit)	Jumlah penumpang pertahun Angka kredit
100.001 s/d 125.000	11
75.001 s/d 100.000	9
50.001 s/d 75.000	6
1 s/d 50.000	3

Tabel 3.4 Tabel Angka Kredit dengan Jumlah Kargo
(Sumber : KM 36 Tahun 1993)

Jumlah kargo dalam ton pertahun	Angka kredit
50.001 ke atas	15
25.001 s/d 50.00	14,5
15.001 s/d 25.00	14
10.001 s/d 15.00	13,5
7.001 s/d 10.00	13
4.001 s/d 7.000	12,5
2.501 s/ld 4.000	12
1.501 s/d 2.500	11,5
1.001 s/d 1.500	11
701 s/d 1.000	10
451 s/d 700	8,5
301 s/d 450	7

Tabel 3.4 Tabel Angka Kredit dengan Jumlah Kargo (Lanjutan)

201 s/d 300	5
151 s/d 200	4
101 s/d 150	2,5
1 s/d 100	1

Tabel 3.5 Angka Kredit dengan Jumlah Pergerakan Pesawat *(Sumber : KM 36 Tahun 1993)*

Jumlah pergerakan pesawat pertahun	Angka kredit
100.001 ke atas	10
60.001 s/d 100.000	9,75
35.001 s/d 60.000	9,5
20.001 s/d 35.000	9,25
14.001 s/d 20.000	9
10.001 s/d 14.000	8,5
6.001 s/d 10.000	7,5
3.001 s/d 6.000	7
2.001 s/d 3.500	6,5
1.251 s/d 2.000	6
751 s/d 1.250	5
401 s/d 750	4

Tabel 3.5 Angka Kredit dengan Jumlah Pergerakan Pesawat (Lanjutan)

Jumlah pergerakan pesawat pertahun	Angka kredit
251 s/d 400	3
151 s/d 200	2
101 s/d 150	1
1 s/d 100	0,5

Sumber : KM 36 Tahun 1993

Dari tabel dapat ditentukan berapa *annual departure* per tahun berdasarkan angka kredit yang mengacu pada kelas bandara. Namun karena keterbatasan data kelas bandar udara, maka digunakan perhitungan jumlah keberangkatan pesawat hasil dari persamaan metode multipel regresi berdasarkan data PDRB dan populasi per tahun, untuk selanjutnya dikalikan faktor koreksi berdasarkan bandar udara sejenis.

3.5.2 Perhitungan Forecasting

Perhitungan *forecasting* yang dibutuhkan adalah *forecasting* untuk melihat perkiraan *annual departure* bandara hingga 20 tahun kedepannya. Metode *forecasting* menurut FAA adalah sebagai berikut :

1. Metode *time series* (regresi)

   Metode *time series* merupakan metode himpunan observasi data yang terurut berdasarkan waktu. Metode ini merupakan metode peramalan dengan menganalisis pola hubungan antara variabel yang diperkirakan dengan variabel waktu. Dalam meramalkan data menggunakan *time series* ini perlu perhatian terhadap tipe dan pola data. Dalam jenis metode *time series* ini terdapat beberapa jenis pola data seperti *trendline, horizontal* , musiman, dan *siklis*. Untuk menghitungnya terdapat dua

pendekatan untuk menggunakan prakiraan dengan metode ini yang pertama ialah analisis deret waktu untuk regresi linier dan kedua analisis deret untuk regresi sederhana non linier. Untuk menjelaskan hubungan keduanya maka perlu notasi matematis sebagai berikut :

$$Y = a + b \cdot X \qquad (2.1)$$

Keterangan :
Y = Variabel response atau variabel akibat (dependent)
X = Variabel predictor atau variabel faktor penyebab (Independent)
a = konstanta
b = koefisien regresi (kemiringan); besaran response yang ditimbulkan oleh predictor.

2. Metode market share

Metode prakiraan ini merupakan metode yang digunakan untuk membandingkan suatu kegiatan penerbangan dengan skala besar dengan kegiatan penerbangan pada tingkat lokal. Metode ini berfungsi sebagai teknik untuk memprakirakan permintaan penerbangan yang terjadi pada tingkat lokal. Manfaatnya, penentuan kegiatan lalu lintas tingkat nasional yang dapat ditampung pada suatu daerah, (Horonjeff, McKelvey, Sproule, & Young, 2010). Peramalan ini dimulai dengan menentukan persentase perbandingan (*ratio)* dari jumlah penumpang untuk rute tertentu dibanding dengan jumlah penumpang total bandara. Untuk memprediksi jumlah suatu rute tertentu, hasil rasio tersebut dengan mengalikan dengan hasil prediksi jumlah penumpang total pada bandara yang ditinjau berdasarkan metode statistik lainnya.

$$A = B \times C \qquad (2.2)$$

Keterangan :
A = Prediksi Jumlah Penumpang Rute Tertentu

B = Persentase perbandingan penerbangan rute tertentu dengan total penerbangan yang ditinjau
C = Prediksi jumlah penumpang pada bandara yang ditinjau dengan metode statistik lainnya

3. Metode ekonometrik

Salah satu metode peramalan penerbangan yang cukup rumit dan kompleks adalah mertode ekonometrik. Ekonometrik merupakan sebuah kombinasi yang melibatkan teori ekonomi, matematika dan statistika. Tujuan dari nilai ekonometrik adalah nilai numerik untuk parameter suatu hubungan ekonomi. Karena banyak sekali faktor yang mempengaruhi penerbangan seperti ekonomi, sosial, pasar dan operasional maka metode ini berhubungan langsung dengan faktor yang mempengaruhi penerbangan tersebut. Bentuk persamaan yang digunakan dalam analisis regresi linier jamak biasanya dalam bentuk variabel dependen dan independen, berikut bentuk persamaannya

$$Yest = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + \ldots\ldots\ldots\ldots a_nx_n \quad (2.3)$$

Keterangan :
Yest = variabel dependent atau variabel yang akan di-forecast
$x_1x_2x_3\ldots\ldots x_n$= variabel independent atau variabel yang akan digunakan untuk mendapatkan variabel dependent
$a_1a_2a_3\ldots\ldots a_n$= koefisien regresi atau konstanta yang digunakan untuk mengkalibrasi persamaan

3.5.3 Karakteristik Pesawat Terbang ATR dan Boeing 737

Karakteristik pesawat terbang terdiri atas beberapa item yang menjadi acuan dalam menentukan kebutuhan panjang dan lebar *runway*. Pada karakteristik pesawat juga terdapat berat pesawat yang merupakan salah satu input pada program

FAARFIELD. Untuk menentukan tebal perkerasan sebuah *runway* karakteristik yang dibutuhkan yakni :

1. Berat Pesawat
   Berat pesawat didefinisikan menjadi beberapa jenis berat, namun yang menjadi dasar perhitungan tebal perkerasan adalah berat maksimum lepas landas pesawat terbang.
2. Ukuran
   Ukuran pesawat digunakan sebagai acuan untuk menentukan panjang landas pacu yang dibutuhkan, seperti lebar sayap (*wingspan*) dan jarak antar roda utama (*wheel base).*
3. Kapasitas Penumpang
   Kapasitas penumpang juga merupakan salah satu faktor penentu dalam merencanakan panjang landas pacu.

Penggunaan pesawat ATR 72 dan Boeing 737 pada Bandar Udara Tanah Grogot berdasarkan menurut PM No.69 Tahun 2013 dalam Tabel 3.1 tentang Rencana Induk Nasional Bandar Udara dimana Bandar Udara Tanah Grogot direncanakan dengan kategori landas pacu 4C dengan revisi 3C, dan termasuk kelas bandara pengumpan. Oleh karena hal tersebut digunakan pesawat B 737 dan ATR 72, karena pesawat tersebut sudah sesuai dengan panjang *runway* yang tersedia dan juga rute domestik penerbangan dengan jarak dekat dan menengah. Selain hal itu, pemilihan pesawat tersebut dikarenakan pesawat ini sering digunakan oleh maskapai di Indonesia. Berikut database karakteristik pesawat dari KP No. 39 Tahun 2015.

Tabel 3.6 Tabel Karakteristik Pesawat
(Sumber : KP 39 Tahun 2015)

Jenis Pesawat	REF CODE	Karakteristik Pesawat Udara					
		ARFL (m)	Lebar sayap (m)	OMGWS (m)	Panjang (m)	MTOW (kg)	TP (Kpa)
Airbus A320	3C	2090	34,1		37,6	73500	1140
Airbus A319	3C	1520	34,1		33,8	64000	1070
CESSNA CAR 206	1A	274	10,9	2,6	8,6	1639	
DASH 6	1B	695	19,8	4,1	15,8	5670	220
CN-235-300	1C	1200	25,81	7,0	21,4	16500	
DASH 7	1C	910	28,3	7,8	24,6	19505	626
C 208	1A	274	10,9	2,6	8,6	1639	
CASSA 212-300	2B	866	20,3	3,6	16,1	8100	
Dornier 328-100	2B	1090	20,1		21,3	13.988	
Dornier 328-300	2B	1088	21		21,3	13.988	
ATR 42-500	2C	1160	24,6	4,10	22,7	18600	790
DASH 8 (300)	2C	1100	27,4	8,5	25,7	18642	805
MA 60	2C	1100	29,2		24,71	21800	
Challenger 605	3B	1780	19,61		20,85	21900	

Tabel 3.6 Tabel Karakteristik Pesawat (Lanjutan)

Pesawat	REF CODE	ARFL	Lebar sayap (m)	OMGWS	Panjang (m)	MTOW	TP (Kpa)
Snort 330-200	3B	1310	22,76		17,69	10387	
ATR 72-500	3C	1220	27,0	4,10	27,2	22500	
ATR 72-600	3C	1290	27,05	4,10	27,16	22800	
Bombardier Global Express	3C	1774	28,7	4,9	30,3	42410	1150
Embraer EMB 120	3C	1560	19,78	7,3	20	11500	828
Fokker F100	3C	1820	28,1	5,0	35,5	44450	920
Fokker F27-500	3C	1670	29,0	7,9	25,1	20412	540
Fokker F28-4000	3C	1680	25,1	5,8	29,6	32205	779
Fokker F50	3C	1760	29,0	8,0	25,2	20820	552
McDonnell Douglas DC-3	3C	1204	28,8	5,8	19,6	14100	358
McDonnell Douglas DC9-20	3C	1551	28,5	6,0	31,8	45360	972
RJ-200	3C	1600	26,34	4,72	30,99	44226	

Tabel 3.6 Tabel Karakteristik Pesawat (Lanjutan)

Pesawat	REF CODE	ARFL	Lebar sayap (m)	OMGWS	Panjang	MTOW	TP (Kpa)
SAAB SF-340	3C	1300	21,4	7,5	19,7	12371	655
Airbus A300 B2	3D	1676	44,8	10,9	53,6	142000	1241
ATP	3D	1350	30,6	9,3	26	22930	720
C 130 H (Hercules)	3D	1783	39,7	4,3	29,3	70300	95
EMB 145 LR	4B	2269	20	4,1	29,87	22000	999,74
Airbus A320-200	4C	2090	34,1	8,7	37,6	72000	1360
Boeing B717-200	4C	1680	28,5	6,0	37,8	51710	1048
Boeing B737-200	4C	1990	28,4	6,4	30,53	52400	1145
Boeing B737-300	4C	1940	28,9	6,4	33,4	61230	1344
Boeing B737-400	4C	2540	28,9	6,4	36,5	63083	1400
Boeing B737-500	4C	1830	28,9	5,2	31	60560	
Boeing B737-600	4C	1750	34,3	5,72	31,2	65090	
Boeing B737-700	4C	1600	34,3	5,72	33,6	70143	
Boeing B737-800	4C	2256	34,3	6,4	39,5	70535	1470
Boeing B737-900	4C	2240	34,3	7	42,1	66000	1470

3.5.4 Perkerasan Lentur

Perkerasan lentur merupakan lapisan perkerasan yang lapisan permukaannya memakai campuran bitumen atau biasa disebut aspal yang berfungsi sebagai bahan pengikat. Lapisan ini terletak paling atas dan di bawah lapisan ini terdapat lapisan *base course*, *subbase* dan *subgrade*. Lapisan *base course* dan *subbase* berisi agregat yang dipadatkan agar mencapai nilai CBR tertentu. Sedangkan *subgrade* merupakan lapisan tanah dasar yang mempunyai nilai CBR tertentu. Perkerasan lentur terdiri atas beberapa komponen, menurut FAA berikut permodelan komponen perkerasan lentur.

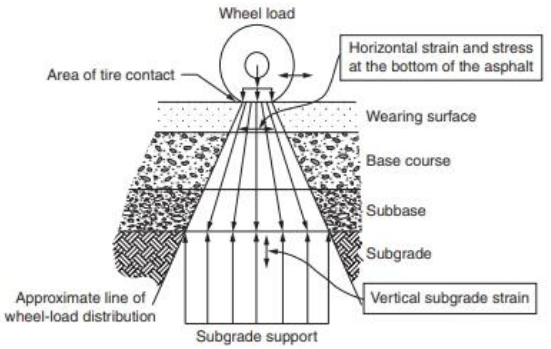


FIGURE 7-6 Visualization of layer elastic design theory.

Gambar 3.3 Komponen Perkerasan Lentur dan Visualisasi Distribusi beban

Sumber : FAA

Pada peraturan FAA juga sudah dijelaskan mengenai persyaratan tebal minimum perkerasan yang disajikan pada tabel berikut.

Tabel 3.7 Persyaratan Tebal Minimum Lapis Perkerasan
(Sumber : Advisory Circular 150/5320-6f)

Layer Type	*FAA Specification Item*	*Maximum Airplane Gross Weight Operating on Pavement, lbs (kg)*		
		<12,500 (5 670)	< 100,000 (45 360)	≥100,000 (45 360)
HMA Surface	*P-401, Hot Mix Asphalt (HMA) Pavements*	3 in. (75 mm)	4 in. (100 mm)	4 in. (100 mm)
Crushed Aggregate Base	*P-209, Crushed Aggregate Base Course*	3 in. (75 mm)	6 in. (150 mm)	6 in. (150 mm)
Aggregate Base	*P-208,Aggregate Base Course*	3 in. (75 mm)	Not Used[7]	Not Used
Subbase	*P-154, Subbase Course*	4 in. (100 mm)	4 in. (100 mm) *(If required)*	4 in. (100 mm) *(if required)*

Sumber : *Advisory Circular 150/5320-6f*

1. *Surface*

   Lapisan permukaan (*Surface Course*) adalah lapisan yang terletak paling atas. Lapisan ini berfungsi sebagai berikut :

   - Lapisan perkerasan penahan beban roda, lapisan yang mempunyai stabilitas yang tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan.

- Lapisan kedap air, sehingga air hujan yang jatuh diatasnya tidak meresap ke lapisan dibawahnya.
- Lapisan aus (*wearing course*), lapisan yang langsung menerima gesekan akibat rem kendaraan sehingga mudah nenjadi aus.
- Lapisan yang menyebarkan beban ke lapisan bawah, sehingga lapisan bawah yang memikul daya dukung lebih kecil akan menerima beban yang kecil juga.

Dalam Perencanaan ini dipakai jenis lapisan permukaan aspal karena aspal juga berfungsi sebagai lapisan yang kedap air. Sifat dari aspal sendiri adalah mampu mengikat material agregat. Lapisan permukaan pada umumnya menggunakan item yang sudah diatur FAA, salah satunya adalah material P-401 HMA.

P-401 HMA (*hot mix asphalt)* item ini terdiri atas material aspal, agregat dan mineral pengisi yang dicampur di dalam satu *central mixing plant*. Dimana komposisi campuran harus disesuaikan dengan spesifikasi yang sesuai syarat. Item ini dapat menampung beban layan lebih dari 30.000 pounds.

Tabel 3.8 *Coarse Agregat untuk P-401*

Material Test	***Requirement***	**Standard**
Resistance to Degradation	*Loss: 40% maximum*	ASTM C131
Soundness of Aggregates by Use of Sodium Sulfate or Magnesium Sulfate	*Loss after 5 cycles: 12% maximum using Sodium sulfate - or - 18% maximum using magnesium sulfate*	ASTM C88
Percentage of Fractured Particles	*Minimum 60% by weight of particles with at least two fractured faces and 75% with at least one fractured face*[1]	ASTM D5821

Tabel 3.8 *Coarse Agregat* untuk P-401 (Lanjutan)

Material Test	***Requirement***	***Standard***
Flat, Elongated, or Flat and Elongated Particles	*8% maximum, by weight, of flat, elongated, or flat and elongated particles* [2]	ASTM D4791
Bulk density of slag[3]	*Weigh not less than 70 pounds per cubic foot (1.12 Mg/cubic meter)*	ASTM C29]

[1] *The area of each face shall be equal to at least 75% of the smallest mid-sectional area of the piece. When two fractured faces are contiguous, the angle between the planes of fractures shall be at least 30 degrees to count astwofracturedfaces.*
[2] *A flat particle is one having a ratio of width to thickness greater than five (5); an elongated particle is one having a ratio of length to width greater than five (5).*
[3] *Only required if slag is specified*

Tabel 3.9 *Fine Agregat* untuk P-401
(Sumber : Advisory Circular 150/5370-10H)

Material Test	***Requirement***	***Standard***
Liquid limit	*25 maximum*	ASTM D4318
Plasticity Index	*4 maximum*	ASTM D4318
Soundness of Aggregates by Use of Sodium Sulfate Or Magnesium Sulfate	*Loss after 5 cycles: 10% maximum using Sodium sulfate - or - 15% maximum using magnesium sulfate*	ASTM C88

Tabel 3.9 *Fine Agregat* untuk P-401 (Lanjutan)

Material Test	***Requirement***	***Standard***
Clay lumps and friable particles	*0.3% maximum*	ASTM C142
Sand equivalent	*[45 minimum]*	ASTM D2419
[Natural Sand	*[0% to 15%] maximum by weight of total aggregate*	ASTM D1073]

Tabel 3.10 *Asphalt Design Criteria* untuk P-401
(Sumber : Advisory Circular 150/5370-10H)

Test Property	***Value***	***Test Method***
Number of blows or gyrations	*[75]*	
Air voids (%)	*3,5*	ASTM D3203
Percent voids in mineral aggregate (VMA), minimum	*See Table 3.10*	ASTM D6995
Tensile Strength Ratio (TSR)	*not less than [80] at a saturation of 70-80%*	ASTM D4867
Asphalt Pavement Analyzer (APA)	*Less than 10 mm @ 4000 passes*	AASHTO T340 *at 250 psi hose pressure at 64°C test temperature*

[1] *Test specimens for TSR shall be compacted at 7 ± 1.0 % air voids. In areas subject to freeze-thaw, use freeze-thaw conditioning in lieu of moisture conditioning per ASTM D4867.*

[2] *AASHTO T340 at 100 psi hose pressure at 64°C test temperature may be used in the interim. If this method is used the required Value shall be less than 5 mm @ 8000 passes*

Tabel 3.11 *Coarse Agregat Gradation* untuk P-401
(Sumber : Advisory Circular 150/5370-10H)

Sieve Size	*Percentage by Weight Passing Sieves*		
	Gradation 1	*Gradation 2*	*Gradation 3*
1 inch (25.0 mm)	100	--	--
3/4 inch (19.0 mm)	90-100	100	--
1/2 inch (12.5 mm)	68-88	90-100	100
No. 4 (4.75 mm)	45-67	53-73	58-78
No. 8 (2.36 mm)	32-54	38-60	40-60
No. 16 (1.18 mm)	22-44	26-48	28-48
No. 30 (600 µm)	15-35	18-38	18-38
No. 50 (300 µm)	9-25	11-27	11-27
No. 100 (150 µm)	6-18	6-18	6-18
No. 200 (75 µm)	3-6	3-6	3-6
Asphalt percent by total weight of mixture:			
Stone or gravel	4.5-7.0	5.0-7.5	5.5-8.0
Slag	5.0-7.5	6.5-9.5	7.0-10.5
Recommended Minimum Construction Lift Thickness	3 inch	2 inch	1 1/2 inch

2. Base Course

Lapisan pondasi atas (*Base Coarse*) adalah bagian dari perkerasan landasan pacu yang terletak di antara lapisan pondasi bawah dan lapisan permukaan. Fungsi lapisan pondasi atas adalah sebagai berikut :

- Bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban lapisan dibawahnya.
- Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.
- Bantalan terhadap lapisan pondasi bawah.

Lapisan pondasi atas terdiri dari bahan pengikat seperti aspal, semen *portland* yang dicampur dengan material agregat berbutir. Menurut FAA, jika beban layan yang diterima oleh perkerasan lebih dari 100.000 pounds (45.359 kg) maka lapisan pondasi atas perlu distabilisasi.

Salah satu jenis material subbase dan base course pada program FAARFIELD adalah material P-209 (*Crushed Agregate Base Course)* . Item P 209 (*Crushed Agregate Base Course)* terdiri atas material batu pecah ataupun kerikil yang bersih dan bebas dari tanah liat dan lanau. Material ini mampu menampung beban layan lebih dari 60.000 pounds dan terbatas pada 100.000 pounds. Spesifikasi yang terkait dengan komposisi, gradasi, dan kontrol komponen material gradasi P-209 menurut FAA adalah sebagai berikut :

Tabel 3.*12* *Coarse Agregat Base Material* untuk P-209
(Sumber : Advisory Circular 150/5370-10H)

Material Test	***Requirement***	***Standard***
Resistance to Degradation	*Loss: 45% maximum*	ASTM C131
Soundness of Aggregates by Use of Sodium Sulfate or Magnesium Sulfate	*Loss after 5 cycles: 12% maximum using Sodium sulfate - or – 18% maximum using magnesium sulfate*	ASTM C88

Tabel 3.12 *Coarse Agregat Base Material* untuk P-209 (Lanjutan)

Material Test	***Requirement***	***Standard***
Percentage of Fractured Particles	*Minimum 90% by weight of particles with at least two fractured faces and 98% with at least one fractured face*[1]	ASTM D5821
Flat Particles, Elongated Particles, or Flat and Elongated Particles	*10% maximum, by weight, of flat, elongated, or flat and elongated particles* [2]	ASTM D4791
[Bulk density of slag	*Weigh not less than 70 pounds per cubic foot (1.12 Mg/cubic meter)*	ASTM C29]
[Clay lumps and friable particles	*Less than or equal to 3 percent*	ASTM C142]

[1] *The area of each face shall be equal to at least 75% of the smallest mid-sectional area of the piece. When two fractured faces are contiguous, the angle between the planes of fractures shall be at least 30 degrees to count as two fractured faces.*
[2] *A flat particle is one having a ratio of width to thickness greater than five (5); an elongated particle is one having a ratio of length to width greater than five (5).*

Tabel 3.13 *Fine Agregat Base Material* untuk P-209
(Sumber : Advisory Circular 150/5370-10H)

Material Test	***Requirement***	***Standard***
Liquid limit	*Less than or equal to 25*	ASTM D4318
Plasticity Index	*Not more than five (5)*	ASTM D4318

Tabel 3.14 *Crushed Aggregate Base Course Gradation* P-209
(Sumber : Advisory Circular 150/5370-10H)

Sieve Size	***Design Range Percentage by Weight passing***	***Job Control Grading Band Tolerances[1] (Percent)***
2 inch (50 mm)	100	0
1-1/2 inch (37.5 mm)	95-100	±5
1 inch (25.0 mm)	70-95	±8
3/4 inch (19.0 mm)	55-85	±8
No. 4 (4.75 mm)	30-60	±8
No. 40[2] (425 µm)	10-30	±5
No. 200[2] (75 µm)	[0-10]	±3

1 The "Job Control Grading Band Tolerances for Contractor's Final Gradation" in the table shall be applied to "Contractor's Final Gradation" to establish a job control grading band. The full tolerance still applies if application of the tolerances results in a job control grading band outside the design range.
2 The fraction of material passing the No 200 (75 µm) sieve shall not exceed two-thirds the fraction passing the No 40 (425 µm) sieve

Material selanjutnya yang berfungsi sebagai salah satu material stabilisasi sebagai syarat FAA jika beban layan melebihi

100.000 pounds dan tersedia dalam program FAARFIELD adalah material 304 CTB.

Material 304 CTB (*cement treated base)* merupakan material yang terdiri dari campuran agregat mineral dan semen yang dicampur dengan air dengan spesifikasi yang sudah ditentukan. Material ini harus diaplikasikan pada garis paralel dengan meminimalkan sambungan longitudinal dan melintang. Agregat mineral CTB terdiri atas material batu pecah maupun utuh atau agregat beton daur ulang yang sesuai spesifikasi. Berikut spesifikasi agregat yang dibutuhkan untuk material CTB 304.

Tabel 3.15 *Cement Treated Aggregate Base Material Requirements*
(Sumber : Advisory Circular 150/5370-10H)

Material Test	***Requirement***	***Standard***
Coarse Aggregate Portion (retained on the No. 4 (4.75 mm) sieve)		
Resistance to Degradation	*Loss: 40% maximum*	ASTM C131
Soundness of Aggregates by Use of Sodium Sulfate ***or*** *Magnesium Sulfate*	*Loss after 5 cycles:* *10% maximum using Sodium sulfate -* *or - 15% maximum using magnesium sulfate*	ASTM C88
Flat Particles, Elongated Particles, or Flat and Elongated Particles[1]	*10% maximum, by weight, for fraction retained on the ½ inch (12.5mm) sieve and 10% maximum, by weight, for the fraction passing the 1/2-inch (12.5 mm) sieve*	ASTM D4791
Clay lumps and friable particles	*Less than or equal to 3 percent*	ASTM C142

Tabel 3.15 *Cement Treated Aggregate Base Material Requirements* (Lanjutan)

Material Test	***Requirement***	***Standard***
Fine Aggregate Portion (Passing the No. 40 (425µm) sieve)		
Liquid limit	*Less than or equal to 25*	ASTM D4318
Plasticity Index	*Not more than 6*	ASTM D4318

[1] *A flat particle is one having a ratio of width to thickness greater than five (5); an elongated particle is one having a ratio of length to width greater than five (5).*

Tabel 3.16 *Aggregate Gradation for CTB Material (Sumber : Advisory Circular 150/5370-10H)*

Sieve Size	***Design Range Percentage by Weight Passing***	***Contractor's Final Gradation***	***Job Control Grading Band Tolerances for Contractor's Final Gradation2 Percent***
2 inch (50 mm)	100		±0
1 inch (25.0 mm)	90-100		±5
No. 4 (4.75 mm)	45-95		±8
No. 10 (2.00 mm)	37-80		±8
No. 40 (425 mm)	15-50		±5
No. 200 (75 µm)	0–15		±3

Untuk spesifikasi semen dapat dilihat pada ASTM C150 dengan semen tipe 1, tipe 2 dan tipe 2 dengan kadar alkali rendah atau pada ASTM C595 dengan tipe 1L dann 1P. Sedangkan untuk mix design ketika diuji sesuai dengan ASTM D1633 harus menghasilkan kuat tekan pada umur 7 hari antara 300 pounds per

square inch (2068 Kpa) sampai maksimal 600 pounds per square inch (3477 Kpa). Hindari mix design yang menghasilkan kuat tekan tinggi karena akan berpotensi menyebabkan penyusutan dan retak reflektif.

3. *Sub Base*

Lapisan pondasi bawah (*Sub Base Course*) adalah bagian dari konstruksi perkerasan landasan pacu yang terletak di antara tanah dasar (*Sub Grade*) dan lapisan pondasi atas (*Base Course*). Menurut Horonjeff, McKelvey, Sproule, & Young (2010) fungsi lapisan pondasi bawah adalah sebagai berikut :

- Bagian dari konstruksi perkerasan yang telah mendukung dan menyebarkan beban roda ke tanah dasar.
- Untuk mencegah tanah dasar masuk kedalam lapisan pondasi atas.

Pada lapisan sub base ini dipakai material P-154 (*Subbase Course)* dimana material ini merupakan material standar yang terdiri atas butiran butiran agregat dengan komposisi dan ukuran tertentu. Untuk material P-154 ini biasanya terdiri atas material daur ulang dari perkerasan lentur/aspal maupun daur ulang perkerasan kaku/beton. Berikut spesifikasi agregat untuk material P-154 :

Tabel 3.17 *Crushed Aggregate Base Course Gradation* P-154
(Sumber : Advisory Circular 150/5370-10H)

Sieve designation	***Percentage by weight passing sieves***		***Job Control Grading Band Tolerances[1] (Percent)***
	Subbase Aggregate	***Recycled pavement (RAP or RCO)***	
3 inch (75 mm)	100		0
1 1/2 inch (37.5 mm)		100	0

Tabel 3.17 Crushed Aggregate Base Course Gradation P-154
(Lanjutan)

Sieve designation	***Percentage by weight passing sieves***		***Job Control Grading Band Tolerances (Percent)***
	Subbase Aggregate	***Recycled pavement (RAP or RCO)***	
3/4 inch (19.0 mm)	70-100	70-100	±10
No. 10 (2.00 mm)	20-100	20-100	±10
No. 40 (425 µm)	5-60	5-60	±5
No. 200 (75 µm)	[0-15]	[0-15]	±5

4. Tanah dasar (*Sub Grade*)

   Tanah dasar (*sub grade*) merupakan salah satu lapisan penting pada perencanaan tebal perkerasan, karena tinggi dan rendahnya kualitas tanah dasar akan berpengaruh pada penentuan kualitas dan tebal konstruksi perkerasan. Pada Bandar Udara Tanah Grogot pengukuran daya dukung tanah dasar untuk kebutuhan perencanaaan tebal lapisan perkerasan ditentukan dengan menggunakan pemeriksaan DCPT (*Dynamic Cone Penetrometer Test)*. Tanah dasar yang terdapat di area landas pacu Bandar Udara Tanah Grogot merupakan jenis tanah lempung sangat lunak dengan nilai CBR dibawah 3%. Berdasarkan nilai CBR tersebut, maka tanah dasar di area landas pacu Bandar Udara Tanah Grogot merupakan tanah yang jelek dan perlu distabilisasi ataupun perbaikan.

3.5.5 Analisis menggunakan Program FAARFIELD

Setelah didapatkan semua data terkait input program FAARFIELD, selanjutnya dilakukan analisis dengan memasukkan input tersebut pada program FAARFIELD. Maka, selanjutnya program FAARFIELD akan mengeluarkan output berupa hasil desain perkerasan. Untuk detail mengenai penjelasan input program FAARFIELD dapat dilihat pada sub bab preview program FAARFIELD di bab 4.

3.5.6 Kajian Stabilisasi Tanah Dasar

Stabilisasi tanah dasar diperlukan untuk memperkuat tanah dasar. Proses stabilisasi tanah dasar adalah dengan mengkaji penelitian dan laporan studi sebelumnya terkait stabilisasi tanah dasar dengan jenis tanah yang sama untuk didapatkan kenaikan nilai CBR. Kajian dilakukan pada tiga jenis material stabilisasi yang selanjutnya hasil kenaikan nilai CBR tersebut diimplementasikan terhadap nilai CBR tanah asli sebelum stabilisasi.

3.6 Penyusunan Grafik Hubungan antara Nilai CBR dan Tebal Perkerasan

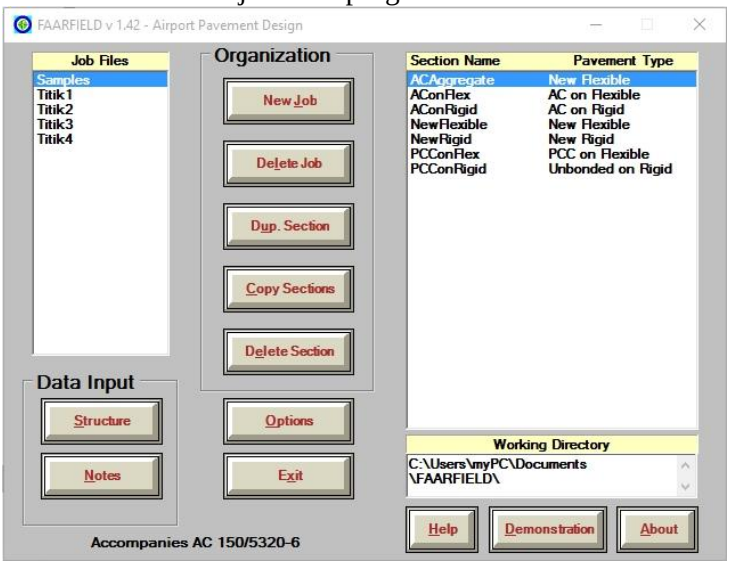
Pada tahap ini penulis menyusun grafik tebal perkerasan berdasarkan hasil analisis melalui program FAARFIELD. Grafik yang ditampilkan merupakan grafik tebal perkerasan terhadap nilai CBR awal dan CBR stabilisasi berdasarkan tipe pesawat.

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 *Preview* Program Bantu FAARFIELD

Program FAARFIELD merupakan program yang berfungsi sebagai desain perencanaan perkerasan landas pacu. Program ini merupakan program yang dikeluarkan FAA dalam *Advisory Circular* 150-5320-6e sebagai pengganti dari *Advisory Circular* 150-5320-6d yakni perhitungan tebal perkerasan secara manual atau grafik. Program ini sudah mengimplementasikan prosedur perencanaan secara mekanistik yakni berupa penerapan prosedur *layer elastic* dan *finite element* untuk merencanakan perkerasan baru maupun *overlay* pada perkerasan lentur dan kaku.

Untuk merencanakan perkerasan landas pacu menggunakan program FAARFIELD maka perlu untuk mengetahui input yang dibutuhkan untuk menjalankan program FAARFIELD.



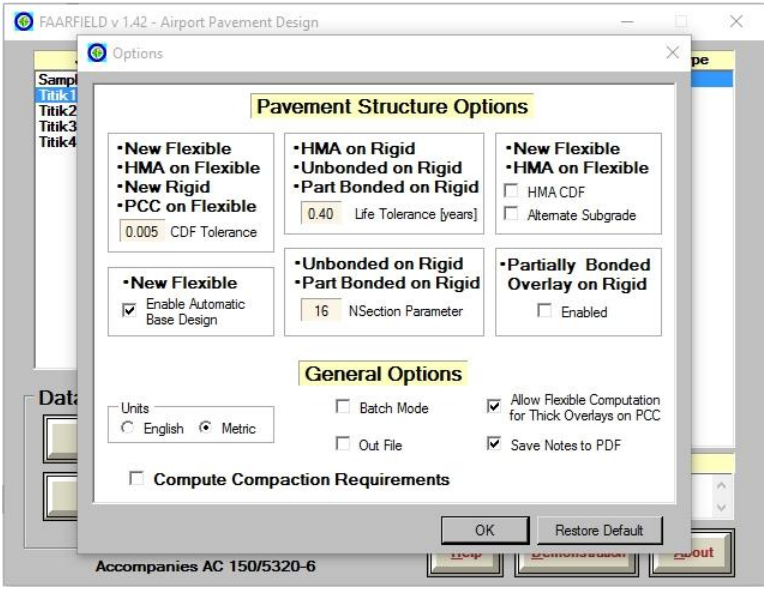
Gambar 4.1 Tampilan Awal Program FAARFIELD

Pada menu utama terdapat input fungsi yang terdiri dari beberapa tipe perkerasan yang dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Input fungsi tipe perkerasan

Section Name	***Pavement Type***	**Keterangan**
AcAgregat	*New Flexible*	Perkerasan lentur (*flexible*) diatas agregat base baru
AcOnflex	*AC on Flexible*	Penghamparan kembali (*overlay*) perkerasan lentur (*flexibe*l) diatas perkerasan lentur/aspal
AcOnRigid	*AC on Rigid*	Penghamparan kembali (*overlay*) perkerasan lentur (*flexibel*) diatas perkerasan kaku
New Flexible	*New Flexible*	Perkerasan baru lentur (*flexible*) diatas base yang distabilisasi
New Rigid	*New Rigid*	Perkerasan baru kaku (*rigid*) diatas base yang distabilisasi
PCConFlex	*PCC on Flexible*	Penghamparan kembali (*overla*y) perkerasan kaku (*rigid*) diatas perkerasan lentur
PCConRigid	*Unbonded PCC on Rigid*	Penghamparan kembali (*overlay)* perkerasan kaku (*rigid*) diatas perkerasan kaku

Pilih menu perkerasan yang sesuai dengan perencanaan maupun kondisi eksisting. Hal ini berlaku karena setiap tipe perkerasan memiliki input yang sedikit berbeda. Input selanjutnya merupakan *options* yang ditampilkan pada gambar berkut ini.



Gambar 4.2 Input *options* struktur perkerasan

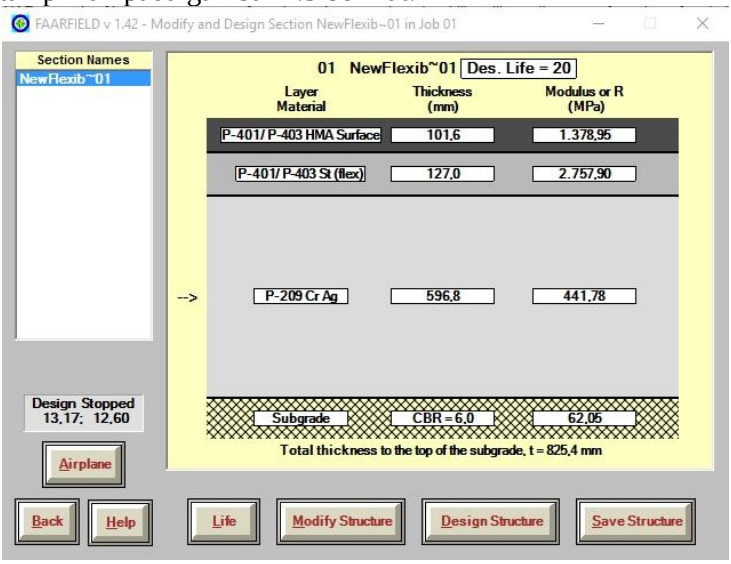
Input *options* struktur perkerasan terdiri dari dua jenis pengaturan, yakni *Pavement Structure Options* dan *General Options*. input untuk *Pavement Structure Options* merupakan pengaturan yang berhubungan dengan tipe perkerasan yang direncanakan, dan untuk *General Options* merupakan pengaturan secara umum. Pada *Pavement Structure Options* disajikan input berupa

1. Pada tipe perkerasan *New Flexible, HMA on Flexible, New Rigid,* dan *PCC on Flexible* terdapat *CDF tolerance* atau nilai toleransi CDF
2. Pada tipe perkerasan *HMA on Rigid, Unbonded on Rigid, dan Part Bonded on Rigid* terdapat *Life Tolerance* atau nilai toleransi umur layan perkerasan rencana.
3. Pada *New Flexible* terdapat HMA CDF yakni terjadi asumsi jika lapisan *subgrade* terjadi kegagalan, dimana lapisan *base course* dan *subbase* dianggap tidak mengalami *fatigue* atau kelelahan. Selanjutnya terdapat

Alternate Subgrade jika *subgrade* menggunakan alternatif perencana.

4. Pada *New Flexible* terdapat *Enabled Automatic Base Design* yang mengatur lapisan perkerasan yang ditinjau ketebalannya secara otomatis.
5. Pada *Unbonded on Rigid* dan *Part Bonded on Rigid* terdapat *Nsection Parameter* untuk meninjau berapa jumlah *section* atau bagian pada perkerasan kaku.
6. Pada *Partially Bonded Overlay on Rigid* terdapat pengaktifan asumsi analisis pada sebagian overlay pada perkerasan kaku.

Selanjutnya mengenai input tentang desain perkerasan akan ditampilkan pada gambar 4.3 berikut.

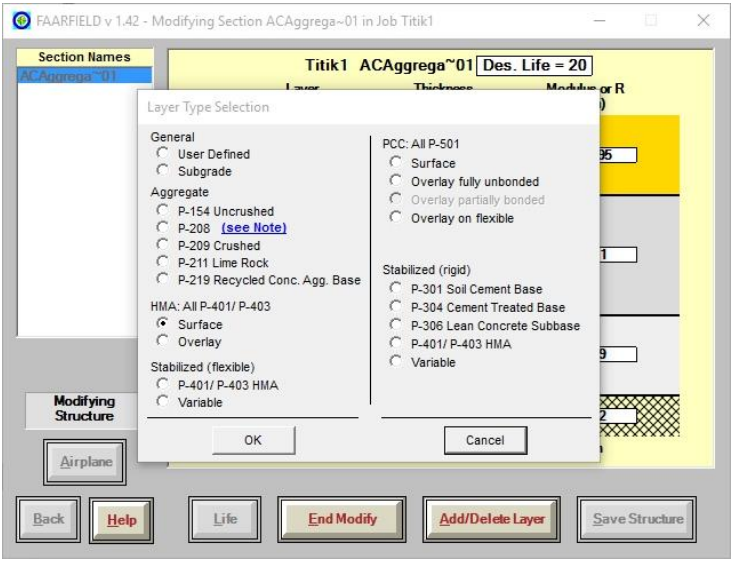


Gambar 4.3 Menu Desain Perkerasan

Dalam menu desain perkerasan terdapat beberapa jenis input, khususnya pada tipe material perkerasan. Pemilihan material perkerasan harus sesuai dengan pesawat rencana, karena beberapa material perkerasan hanya mampu menampung beban terbatas. Pemilihan ataupun detail mengenai material perkerasan sesuai

standar FAA dapat dilihat pada *Advisory Circular* 150-5320-10H.

Pada menu ini juga terdapat input perencanaan umur perkerasan yang dapat didesain ataupun direncanakan, namun menurut standar FAA desain umur perkerasan adalah selama 20 tahun. Untuk mengganti jenis material yang ingin dipakai maka perlu *modify structure*. Melalui perintah *modify structure*, jenis material dan ketebalan lapisan dapat diubah dengan perencanaan yang diinginkan. Pemilihan material perkerasan dapat dilihat pada gambar 4.4 berikut

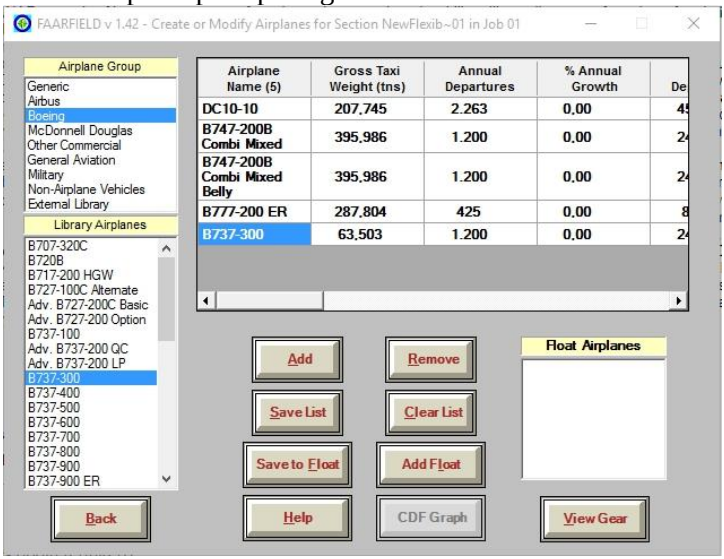


Gambar 4.4 Input Jenis Material

Input jenis material terdiri atas beberapa lapisan sesuai dengan perencanaan struktur perkerasan awal. Untuk contoh yang diambil merupakan struktur perekerasan untuk perkerasan lentur diatas agregat base yang terdiri dari lapisan permukaan (*surface*), lapisan pondasi atas (*base course*), lapisan pondasi bawah (*sub base*), dan tanah dasar (*subgrade*). Melalui perintah *modify structure*, segala informasi mengenai jenis, spesifikasi, dan ketebalan lapisan dapat diubah dengan perencanaan yang diinginkan. Hal ini berlaku pada lapisan lapisan permukaan

(*surface*), lapisan pondasi atas (*base course*), dan lapisan pondasi bawah (*sub base*). Untuk lapisan tanah dasar (*subgrade*) input yang diperlukan merupakan nilai CBR. Untuk input ketebalan pada lapisan selain tanah dasar bisa mengacu kepada tebal minimum yang telah disyaratkan oleh FAA seperti dalam tabel 3.7. Untuk menambahkan lapisan perkerasan ataupun menghapus lapisan perkerasan bisa memilih *option add/delete layer*.

Setelah itu perlu memasukkan input berupa beban dalam hal ini pesawat dengan melihat perintah *airplane* lalu akan muncul kebutuhan input seperti pada gambar 4.5 berikut.



Gambar 4.5 Input Pesawat

Pada menu *airplane* yang dibutuhkan adalah input berupa beban yang terdiri dari:

- Input Pesawat, input pesawat dapat dilihat pada pilihan yang tersedia yang dimulai dari a*irplane group* yang berisi jenis pabrikan pesawat dan ketika dipilih akan tersedia tipe pesawat.

- *Gross Taxi Weight*, berat pada pesawat yang dipilih akan secara otomatis muncul jika menambahkan dari salah satu tipe pesawat yang direncanakan.
- *Annual Departure*, merupakan input jumlah keberangkatan pesawat pertahun berdasarkan tipe dari setiap pesawat.
- *Annual Growth*, merupakan pertumbuhan jumlah keberangkatan pesawat yang bisa didapatkan melalui cara prakiraan atau *forecasting* hingga waktu umur rencana.

Dari penjabaran diatas setidaknya terdapat beberapa input untuk proses analisis tebal perkerasan menggunakan program FAARFIELD yang terdiri dari.:

1. Material Perkerasan Setiap Lapisan (*Pavement Layer Properties)*
2. Tipe Pesawat *(Aircraft Types)*
3. Berat Pesawat (*Aircraft Gross Taxi Weight)*
4. Pertumbuhan Keberangkatan Pesawat (*Annual Growth)*
5. Keberangkatan Pesawat Setiap Jenis Pesawat *(Annual Departures).*

4.2 Peramalan (*Forecasting*) *Annual Departure*

Peramalan jumlah keberangkatan pesawat atau *annual departure* perlu dilakukan karena menjadi salah satu input utama dalam perencanaan tebal perkerasan landas pacu menggunakan program FAARFIELD. Peramalan ini pada awalnya akan menggunakan dasar dari Keputusan Menteri nomor 36 tahun 1993, namun karena kebutuhan data mengenai kelas bandara rencana untuk Bandar Udara Paser tidak tersedia, maka perencanaan perhitungan jumlah keberangkatan pesawat menggunakan permodelan multiple regresi sebagai dasar perhitungannya dengan mengumpulkan 3 jenis data yakni populasi, PDRB (Produk Domestik Regional Bruto), dan keberangkatan penumpang pada 41 bandar udara pada 2018. Kemudian data tersebut dicari nilai korelasinya untuk meramalkan kondisi pada bandar udara rencana pada hal ini merupakan Bandar Udara Tanah Grogot. Berikut data

PDRB, populasi dan jumlah keberangkatan pesawat pada 41 bandar udara di Indonesia pada tahun 2018.

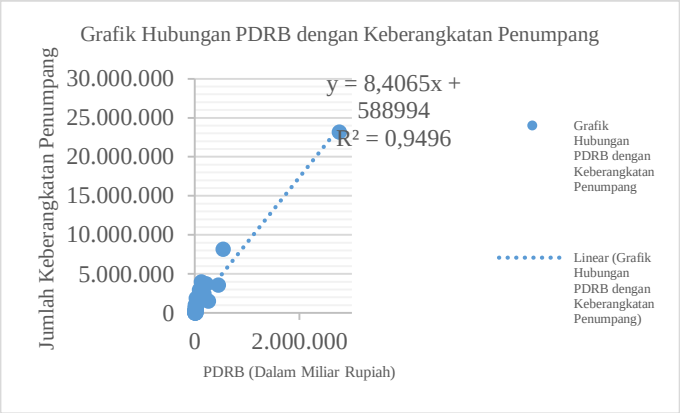
Tabel 4.2 Jumlah Keberangkatan Penumpang 2018
(Sumber : Badan Pusat Statistik, 2018)

No	Provinsi	Kota/ Kabupaten	Bandar Udara	Populasi Penduduk	PDRB	Jumlah Penumpang
1	Nangroe Aceh Darussalam	Banda Aceh	Sultan Iskandar Muda	265.111	17.571	493.554
2	Sumatera Utara	Medan	Kuala Namu	2.264.145	222.482	3.723.711
3	Riau	Pekanbaru	Sultan Syarif Kasim II	1.117.359	108.840	1.912.561
4	Kepulauan Riau	Tanjungpinang	Raja Haji Fisabilillah	194.099	19.085	184.953
5	Sumatera Barat	Padang	Minangkabau	939112	58.272	1.196.996
6	Jambi	Jambi	Sultan Thaha	598.103	28.930	872.363
7	Sumatera Selatan	Palembang	Sultan Mahmud Badaruddin II	1.643.488	142.238	2.474.370
8	Kep. Bangka Belitung	Pangkalpinang	Depati Amir	539.313	12.988	1.042.954
9	Bengkulu	Bengkulu	Fatmawati	376.480	21.229	536.333
10	Lampung	Bandar Lampung	Radin Inten II	1.033.803	55.479	1.285.316
11	Banten	Tangerang	Soekarno Hatta	12.689.736	2.763.124	23.165.018
12	DKI Jakarta	Jakarta	Halim Perdanakusuma	10.467.600	453.532	3.570.129
13	Jawa Barat	Bandung	Hussein Sastranegara	6.220.999	264.552	1.518.852
14	Jawa Tengah	Semarang	Ahmad Yani	1.786.114	174.649	2.446.308
15	DI Yogyakarta	Yogyakarta	Adi Sucipto	3.802.872	129.877	3.981.309
16	Jawa Timur	Surabaya	Juanda	2.885.555	544.594	8.167.118
17	Nusa Tenggara Timur	Sumbawa	Brang Biji	453.797	13.646	78.132
18		Kupang	El Tari	423.800	23.023	991.976
19	Kalimantan Utara	Tarakan	Juwata	262.025	31.675	510.900
20		Nunukan	Nunukan	201.580	22.517	10.771
21	Kalimantan Tengah	Ketapang	Rahadi Oesman	504.008	25.040	218.328
22		Palangkaraya	Tjilik Riwut	283.612	16.497	514.360

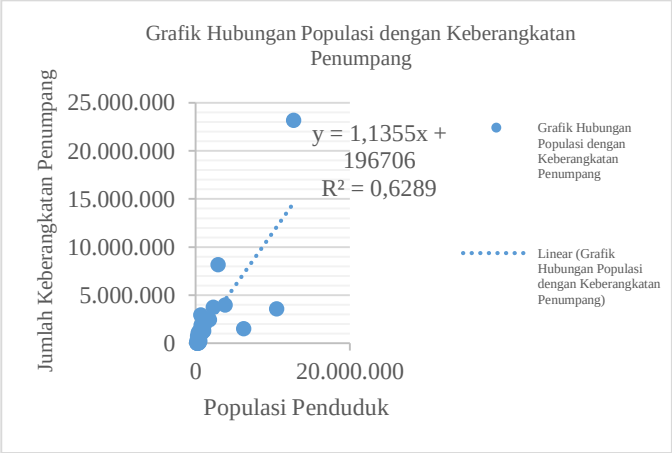
Tabel 4.2 Jumlah Keberangkatan Penumpang 2018 (Lanjutan)

No	Provinsi	Kota/Kabupaten	Bandar Udara	Populasi Penduduk	PDRB	Jumlah Penumpang
23	Kalimantan Selatan	Banjarmasin	Syamsudin Noor	692.793	30.385	1.879.673
24	Kalimantan Selatan	Kota Baru	GT Sjamsir Alam- Stagen	331.326	23.020	62.523
25	Kalimantan Timur	Balikpapan	Sepinggan	645.727	95.162	2.954.247
26	Sulawesi Utara	Manado	Sam Ratulangi	431.880	34.202	1.242.895
27		Kep Sangihe	Naha-Tahuna	130.833	3.932	17.347
28	Sulawesi Barat	Mamuju	Tampa Padang	286.389	11.043	92.104
29	Sulawesi Tengah	Palu	Mutiara	385.620	22.629	679.632
30		Poso	Kasiguncu	251.190	8.733	13.163
31	Sulawesi Tenggara	Kendari (Konawe Selatan)	Haluoleo	381.628	20.336	786.981
32		Bau-Bau	Betoambari	167519	8.256	133.664
33	Sulawesi selatan	Selayar	H Aroepala	134.280	5.851	6.239
34	Gorontalo	Gorontalo	Jalaluddin	210.822	7.751	328.105
35	Maluku	Ambon	Patimura	461.699	13.820	651.235
36		Maluku Tengah	Banda Naira	372.529	8.095	866
37	Maluku Utara	Ternate	Sultan Baabullah	228.105	9.712	435.969
38	Papua Barat	Sorong	Jeffman -DEO	247.084	15.114	733.772
39		Manokwari	Rendani	170.897	9.236	343.295
40	Papua	Jayapura	Sentani	297775	30.415	1.077.945
41		Jayawijaya	Wamena	214.994	7.604	175.919

Dari data tersebut selanjutnya dilihat korelasi bagaimana dampak PDRB dan populasi terhadap jumlah keberangkatan penumpang. Hasil korelasi tersebut disajikan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada gambar 4.6 dan 4.7 berikut.



Gambar 4.6 Grafik Hubungan PDRB dengan Jumlah Keberangkatan Penumpang



Gambar 4.7 Grafik Hubungan Populasi dengan Jumlah Keberangkatan Penumpang

Variabel yang dicari merupakan jumlah keberangkatan penumpang per tahun dengan meninjau seberapa berpengaruh nilai

PDRB dan populasi terhadap jumlah keberangkatan penumpang. Peninjauan tersebut menggunakan analisis multiple regresi pada program *microsoft excel*. Pada gambar 4.6 mengenai grafik hubungan nilai PDRB terhadap Jumlah keberangkatan penumpang didapat bahwa nilai r-square atau koefisien determinasi mencapai 0,949 atau 94,9%, nilai tersebut mendekati 1 atau 100% yang berarti PDRB berpengaruh terhadap jumlah keberangkatan penumpang. Sedangkan pada gambar 4.7 pada grafik yang menunjukkan hubungan populasi dengan jumlah keberangkatan penumpang didapat nilai *r-square* atau koefisien determinasi sebesar 0,628 juga mendekati 1 yang menunjukkan bahwa populasi cukup mempengaruhi jumlah keberangkatan penumpang. Hasil diatas merupakan hasil regresi dari satu variabel. Berikutnya dalam tabel ditunjukkan multiple regresi atau pengaruh kedua variabel secara langsung terhadap jumlah keberangkatan penumpang. Pada proses analisis menggunakan multiple regression digunakan tahun terbaru yakni tahun 2018 karena merupakan data teraktual yang dianggap mewakili kondisi terbaru saat ini. Hasil dari multiple regresi dari nilai PDRB dan jumlah populasi pada tahun 2018 didapatkan nilai seperti berikut.

Tabel 4.3 Hasil Multiple Regression dari Microsoft Excel

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0,974520057
R Square	0,949689342
Adjusted R Square	0,947041413
Standard Error	866528,6301
Observations	41

Tabel 4.3 Hasil Multiple Regression dari Microsoft Excel (Lanjutan)

	Coefficients
Intercept	607026,6947
Populasi Penduduk	-0,026646607
PDRB	8,538183464

Dari tabel hasil multiple regresi didapat bahwa nilai R-Square atau nilai koefisien determinasi, sebesar 0,949 atau 94,9% mendekati 1 atau 100% yang menunjukkan kedua variabel yakni PDRB dan populasi berpengaruh terhadap jumlah keberangkatan pesawat. Maka, untuk meramalkan jumlah keberangkatan penumpang tahunan pada Bandar Udara Paser dapat diketahui dengan mengetahui terlebih dahulu data jumlah penduduk atau populasi dan PDRB Kabupaten Paser. Setelah didapat data mengenai jumlah penduduk dan nilai PDRB Kabupaten Paser, maka selanjutnya jumlah keberangkatan penumpang per tahun Kabupaten Paser didapatkan melalui persamaan berikut :

$$Y = -0{,}0266X_1 + 8{,}538X_2 + 607026{,}69 \qquad \textbf{4.1}$$

Dengan :
Y = Jumlah Keberangkatan Penumpang
X_1 = Populasi
X_2 = PDRB

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statisik (BPS) diketahui nilai PDRB dan jumlah populasi pada Kabupaten Paser pada tahun 2018 sebesar 48.265 (miliar rupiah), sedangkan populasinya sebesar 279.975 jiwa. Dengan data tersebut didapatkan perkiraan penumpang dari Bandar Udara Tanah Paser pada tahun 2018 sebagai berikut:

- Y Tanah Paser = -0,0266*279975 + 8,538*48265 + 607026,69

  = 1.011.662 penumpang

Setelah didapatkan perkiraan jumlah keberangkatan penumpang pada Bandar Udara Tanah Grogot pada tahun 2018, selanjutnya dilakukan perhitungan yang sama seperti tahun 2018 dengan data populasi dan PDRB Kabupaten Paser dari tahun 2012 hingga 2017. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 Jumlah Keberangkatan Penumpang

Tahun	Populasi X_1	PDRB X_2	Jumlah Perkiraan Keberangkatan Penumpang Kab.Paser
2012	244.111	35.093	900.152
2013	249.991	36.916	915.561
2014	256.175	39.251	935.333
2015	262.301	38.309	927.125
2016	268.261	37.290	918.267
2017	274.206	43.932	974.820
2018	279.975	48.265	1.011.662

Setelah diapatkan hasil perkiraan jumlah penumpang Kabupaten Paser dari tahun 2012-2018, dilanjutkan dengan perhitungan mencari jumlah keberangkatan pesawat. Karena pada nantinya jumlah keberangkatan direncanakan untuk keberangkatan *traffic mix*, maka diperlukan perencanaan persentase pesawat yang lepas landas di Bandar Udara Tanah Paser.

4.2.1 Perencanaan Persentase Pesawat

Dalam input *traffic mix* dibutuhkan input *annual departure* berdasarkan jenis pesawat tertentu karena dalam suatu bandar

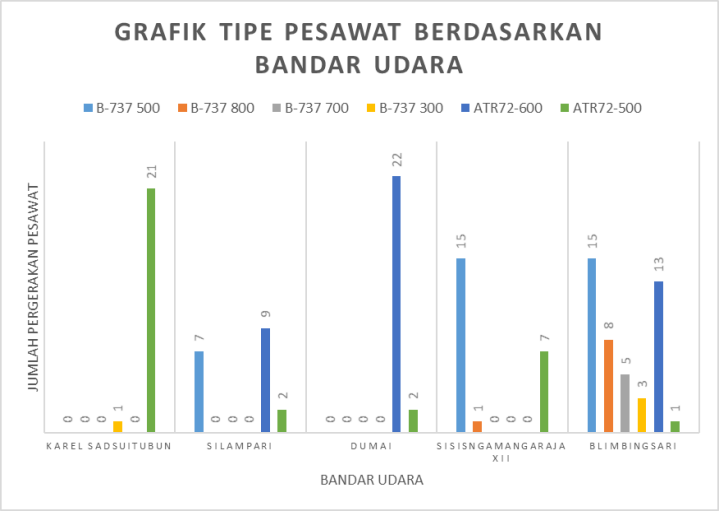
udara terdapat beberapa jenis pesawat yang digunakan berdasarkan jarak tempuh, rute, dan klasifikasi landas pacu dari bandar udara tersebut. Perhitungan persentase pesawat merupakan kelanjutan dari mencari jumlah penumpang per tahun pada bandar udara. Perhitungan ini didasarkan data dari situs *flightradar24* dan *AirNav Radar Box* untuk mengetahui pesawat yang digunakan pada bandar udara sejenis berdasarkan klasifikasinya. Untuk klasifikasi Bandar Udara Tanah Grogot mengacu pada Peraturan Menteri Perhubungan No.69 Tahun 2013 yang tersedia pada tabel 3.1 tentang Tabel Rencana Induk Nasional Bandar Udara, disebutkan bahwa Bandar Udara Tanah Paser merupakan bandar udara kelas pengumpan dengan klasifikasi 4C. Sedangkan menurut KM 166 tahun 2019 bahwa Bandar Udara Tanah Paser merupakan bandar udara kelas pengumpan dengan klasifikasi 3C. Berdasarkan data perencanaan, landas pacu Bandar Udara Tanah Grogot memiliki panjang 1,850 m yang artinya termasuk landas pacu 4C. Karena hal tersebut, maka direncanakan 2 studi kasus berdasarkan klasifikasi pada landas pacu Bandar Udara Tanah Grogot. Untuk mencari persentase pesawat, dibutuhkan data pesawat yang dipakai pada bandar udara sejenis. Di Indonesia, menurut Keputusan Menteri Nomor 166 Tahun 2019, terdapat 181 bandar udara pengumpan dengan klasifikasi landas pacu 2C hingga 4C. Berdasarkan informasi tersebut, maka digunakanlah data pesawat pada bandar udara kelas pengumpan dengan klasifikasi landas pacu 3C dan 4C pada penentuan persentase pesawat. Selain itu, pemilihan bandar udara ini karena ketersediaannya data penerbangan berdasarkan jenis pesawat pada situs *flighradar24* dan *AirNav Radar Box*.

1. Perencanaan persentase pesawat berdasarkan klasifikasi landas pacu 4C.

   Berikut hasil dari rekapitulasi data penerbangan berdasarkan jenis pesawat dan bandar udaranya dengan klasifikasi landas pacu 4C.

Tabel 4.5 Data Penerbangan Bandar Udara Pengumpan 4C Mingguan Pada 2020

Jenis Pesawat/Bandar Udara	Silampari	Dumai	Sisingamangaraja XII	Karel Sadsuitubun	Blimbingsari
B-737 500	7	0	15	0	15
B-737 800	0	0	1	0	8
B-737 700	0	0	0	0	5
B-737 300	0	0	0	1	3
ATR72-600	9	22	0	0	13
ATR72-500	2	2	7	21	1
Total Depart	24	29	46	22	79



Gambar 4.8 Tipe Pesawat Berdasarkan Bandar Udara Klasifikasi Landas Pacu 4C

Berdasarkan situs *flightradar24* dan *AirNav Radar Box*, pada bandar udara tersebut juga terdapat beberapa jenis pesawat lain, namun hanya dipilih pesawat dengan jenis ATR 72 dan Boeing 737 karena merupakan fokus dari tugas akhir ini. Berikut grafik tipe pesawat berdasarkan bandar udaranya.

Data tersebut perlu dieliminasi kembali hingga tersisa data keberangkatan pesawat yang sudah sesuai dengan klasifikasi landas pacu untuk Bandar Udara Tanah Paser. Pemilihan pesawat rencana harus sesuai dengan daya tampung landas pacu rencana. Pada Bandar Udara Tanah Paser direncanakan dengan kelas pengumpan dengan klasifikasi landas pacu 4C. Kriteria mengenai pesawat yang sesuai dengan klasifikasi 4C dapat dilihat pada tabel 4.6 mengenai kriteria klasifikasi bandar udara.

Tabel 4.6 Kriteria Klasifikasi Bandar Udara

Kode Nomor (*Code Number*	Panjang Runway Berdasar Referensi Pesawat (*ARFL)*	Kode Huruf (Code *Letter)*	BentangSayap (Wing Span)	Jarak Roda Utama Terluar *(Outer Mean Gear)*
1	ARFL < 800 m	A	wing span < 15	*Outer Mean Gear* < 4.5 m
2	800 m < ARFL < 1200 m	B	15 m < wing span < 24 m	4.5 m < *outer* mean *gear* < 6 m
3	1200 m < ARFL < 1800 m	C	24 m < wingspan < 36 m	6 m < outer mean gear < 9 m
4	> 1800 m ARFL	D	36 m < wing span < 52 m	9 m < *outer* mean gear < 14 m
		E	52 m < wing span < 56 m	9 m < *outer mean gear* < 14 m
		F	56 m < wingspan < 80 m	14 m < *outer* mean *gear* < 16 m

Berdasarkan data dari brosur spesifikasi perusahaan pesawat dan menurut KP 39 tahun 2015, berikut pesawat yang sesuai dengan klasifikasi landas pacu 4C dan sesuai dengan panjang landas pacu Bandar Udara Tanah Grogot sebesar 1850 m.

- ATR 72-500 memiliki panjang ARFL 1224 meter
- ATR 72-600 memiliki panjang ARFL 1333 meter
- Boeing 737-500 memiliki panjang ARFL 1830 meter
- Boeing 737-700 memiliki panjang kebutuhan ARFL 1600 meter

Sehingga pesawat yang diperlukan untuk input program FAARFIELD dan sesuai dengan panjang landas pacu rencana Bandar Udara Tanah Paser adalah pesawat ATR 72-500, ATR 72-600, B 737-500, dan B 737-700. Selanjutnya untuk mengetahui perbandingan penggunaan pesawat rencana pada setiap bandar udara maka diperlukan nilai rata ratanya berdasarkan tabel 4.5.

$$\bar{X} = \frac{Silampari + Dumai + Sisingamangaraja + K.Sadsuitubun + Blimbingsari}{5}$$

Dari kelima bandara tersebut di rata-rata setiap jenis pesawatnya, Contoh perhitungan didasarkan pada tabel 4.5, pesawat ATR 72-500 digunakan pada bandar udara Silampari sebanyak 2 penerbangan per minggu, Dumai Pinang Kampai 2 penerbangan per minggu, Sisingamangaraja XII 7 penerbangan per minggu, Karel Sadsuitubun 21 penerbangan per minggu, dan Blimbingsari 1 penerbangan per minggu. Dari kelima data tersebut jumlah penerbangan di rata rata dan didapat penerbangan rata-rata pesawat ATR 72-500 per minggu.

$$\bar{X}\ \text{ATR}\ 72-500 = \frac{(2+2+7+21+1)}{5} = 6{,}6$$

$$\bar{X}\ \text{ATR}\ 72-600 = \frac{(9+22+0+0+13)}{5} = 8{,}8$$

$$\bar{X}\ \text{B}\ 737-500 = \frac{(7+0+15+0+15)}{5} = 7{,}4$$

$$\bar{X}\ \text{B}\ 737-700 = \frac{(0+0+0+0+5)}{5} = 1$$

Dari hasil tersebut didapatkan rata - rata jumlah keberangkatan pesawat sebagai berikut :

1. ATR 72-500 sebanyak 6,6 keberangkatan pesawat
2. ATR 72-600 sebanyak 8,8 keberangkatan pesawat
3. B 737-500 sebanyak 7,4 keberangkatan pesawat
4. B 737-700 sebanyak 1 keberangkatan pesawat

Selanjutnya perlu juga dirata-rata jumlah keberangkatan pesawat pada kelima bandar udara tersebut sebagai faktor pembagi untuk mendapatkan persentase penerbangan tiap jenis pesawat.

$$\bar{X}\ \text{total penerbangan} = \frac{(24+29+46+22+79)}{5} = 40$$

Setelah didapatkan rata-rata jenis pesawat penerbangan dan total penerbangan, selanjutnya dicari persentase penggunaan pesawat dengan membandingkan rata – rata penerbangan pesawat dengan rata – rata total penerbangan. Dengan rata - rata total penerbangan sebanyak 40 maka didapat persentase keberangkatan pesawat rencana dengan rincian sebagai berikut :

1. ATR 72-500 = (6,6/40)*100%*1,6807 = 29,365%
2. ATR 72-600 = (8,8/40)*100% *1,6807 = 36,974%
3. B 737-500 = (7,4/40)*100% *1,6807 = 31,092%

4. B 737-700 = (1/40*)100%*1,6807 = 4,201%

Keterangan = 1,6807 merupakan angka pengali agar persentase menjadi 100%.

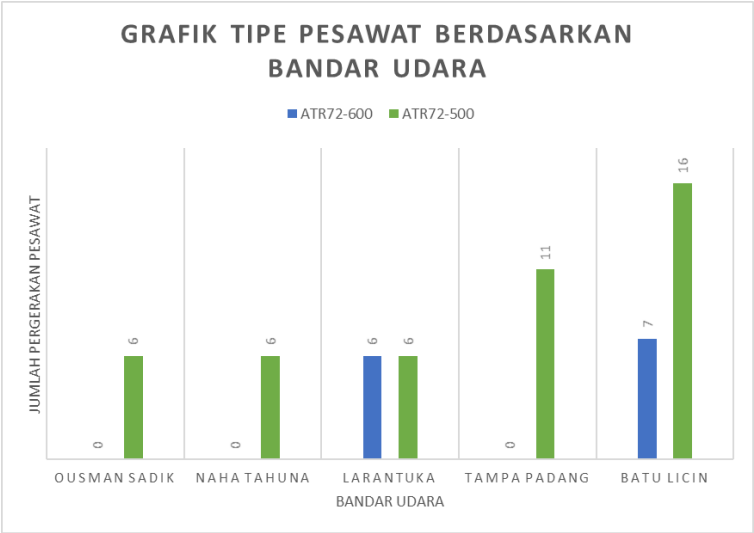
Hasil tersebut perlu dikalikan dengan faktor pengali karena jumlah total persentase dari keempat jenis pesawat tersebut tidak mencapai 100%. Hal ini dapat terjadi karena pada total penerbangan terdapat beberapa data pesawat lain.

2. Perencanaan persentase pesawat berdasarkan klasifikasi landas pacu 3C

Berikut hasil dari rekapitulasi data penerbangan berdasarkan jenis pesawat dan bandar udaranya dengan klasifikasi landas pacu 3C.

Tabel 4.7 Data Penerbangan Bandar Udara Pengumpan 3C Mingguan Pada 2020

Pesawat	ATR72-600	ATR72-500	Total Depart
Oesman Sadik	0	6	6
Naha Tahuna	0	6	6
Larantuka	6	6	12
Batu Licin	7	16	24
Tampa Padang	0	11	12



Gambar 4.9 Tipe Pesawat Berdasarkan Bandar Udara Klasifikasi Landas Pacu 3C

Berdasarkan situs *flightradar24* dan *AirNav Radar Box*, pada bandar udara tersebut juga terdapat beberapa jenis pesawat lain, namun hanya dipilih pesawat dengan jenis ATR 72 karena merupakan fokus dari tugas akhir ini. Selain itu, pemilihan pesawat rencana harus sesuai dengan daya tampung landas pacu rencana. Pada Bandar Udara Tanah Paser direncanakan dengan kelas pengumpan dengan klasifikasi landas pacu 3C. Berdasarkan tabel 4.6, panjang ARFL dari bandar udara 3C adalah tidak lebih dari 1800 m. Menurut brosur perusahaan pesawat, ATR 72-500 dan ATR 72-600 memiliki ARFL < 1800 m. Sehingga pesawat yang diperlukan untuk input program FAARFIELD dan sesuai dengan panjang landas pacu rencana Bandar Udara Tanah Paser adalah pesawat ATR 72-500, ATR 72-600.

Selanjutnya untuk mengetahui perbandingan penggunaan pesawat rencana pada setiap bandar udara maka diperlukan nilai rata ratanya berdasarkan data pada tabel 4.7.

$$\bar{X} = \frac{Oesman\ Sadik + Naha\ Tahuna + Larantuka + Batu\ Licin + Tampa\ Padang}{5}$$

Dari kelima bandara tersebut di rata-rata setiap jenis pesawat, Contoh perhitungan didasarkan pada tabel 4.7, pesawat ATR 72-500 dengan digunakan pada bandar udara Oesman Sadik sebanyak 6 penerbangan per minggu, Naha Tahuna 6 penerbangan per minggu, Larantuka 6 penerbangan per minggu, Batu Licin 16 penerbangan per minggu, dan Tampa Padang 11 penerbangan per minggu. Dari kelima data tersebut jumlah penerbangan di rata-rata dan didapat penerbangan rata-rata pesawat ATR 72-500 per minggu.

$$\bar{X}\ \text{ATR}\ 72-500 = \frac{(6+6+6+16+11)}{5} = 9$$

$$\bar{X}\ \text{ATR}\ 72-600 = \frac{(0+0+6+7+0)}{5} = 2{,}6$$

Selanjutnya perlu juga dirata-rata jumlah keberangkatan pada kelima bandar udara tersebut sebagai faktor pembagi untuk mendapatkan prosentase penerbangan tiap jenis pesawat.

$$\bar{X}\ \text{Total Penerbangan} = \frac{(6+6+12+24+12)}{5} = 12$$

Setelah didapatkan rata-rata jenis pesawat penerbangan dan total penerbangan, selanjutnya dicari persentase penggunaan pesawat dengan membandingkan rata – rata penerbangan pesawat dengan rata – rata total penerbangan. Dengan rata - rata total penerbangan sebanyak 12 kali, maka didapat persentase keberangkatan pesawat rencana dengan rincian sebagai berikut :

1. ATR 72-500 = (9/12)*100%* 1,0345 = 77,586%
2. ATR 72-600 = (2,6/12)*100% *1,0345 = 22,414%

Keterangan = 1,0345 merupakan angka pengali agar persentase menjadi 100%.

Hasil tersebut perlu dikalikan dengan faktor pengali karena jumlah total persentase dari kedua jenis pesawat tersebut tidak mencapai 100%. Hal ini dapat terjadi karena pada total penerbangan terdapat beberapa data pesawat lain.

4.3 Perhitungan Jumlah Keberangkatan Per Tahun

Data jumlah penumpang per tahun pada tabel 4.4 perlu diubah menjadi data keberangkatan pesawat per tahun dengan cara membaginya dengan jumlah tempat duduk yang tersedia pada setiap pesawat rencana. Data jumlah tempat duduk pesawat didapatkan dari brosur perusahaan.

Setelah mendapatkan jumlah keberangkatan penumpang pada tabel 4.4, selanjutnya data tersebut perlu dibagi dengan tempat duduk setiap jenis pesawat untuk mendapatkan jumlah pergerakan pesawat per tahun. Untuk mendapatkan hasil yang logis dan sesuai dengan fakta pada Bandar Udara Tanah Grogot, dibutuhkan data mengenai populasi dan PDRB dari daerah lokasi bandar udara analog. Bandar udara analog merupakan bandar udara yang memiliki kelas maupun klasifikasi landas pacu yang sama dengan rencana Bandar Udara Tanah Paser karena berfungsi sebagai perbandingan untuk mencari faktor koreksi. Untuk mendapatkan faktor koreksi, maka perlu membandingkan hasil dari data keberangkatan sesuai statistik transportasi udara dan data menurut persamaan berdasarkan persamaan multiple regresi pada Bandar Udara Tanah Grogot dan bandar udara analog. Selanjutnya proses perhitungan *annual departure* dibagi menjadi dua skenario, berdasarkan perencanaan *annual* untuk satu tipe pesawat dan untuk *traffic mix.*

4.3.1 Perhitungan Jumlah Keberangkatan per Tahun untuk Satu Jenis Tipe Pesawat Berdasarkan Landas Pacu 4C.

Perhitungan jumlah keberangkatan per tahun untuk satu jenis tipe pesawat dibutuhkan untuk mengetahui tebal perkerasan akibat pesawat tertentu. Perhitungan ini direncanakan apabila Bandar Udara Tanah Paser dilewati oleh satu jenis pesawat tertentu, artinya satu jenis pesawat mewakili total pergerakan pesawat. Perhitungan ini diawali dengan mencari data PDRB, populasi, dan jumlah keberangkatan pada Bandar Udara Tanah Grogot dan bandar udara sejenis. Bandar udara sejenis berfungsi sebagai bandara pembanding untuk mendapatkan nilai koreksi.

Menurut PM 69 tahun 2013, Bandar Udara Tanah Grogot direncanakan menjadi bandar udara pengumpan dengan klasifikasi landas pacu 4C. Contoh bandar udara sejenis dengan klasifikasi dan kelas yang sama yakni bandar udara pengumpan dan klasifikasi landas pacu 4C adalah Bandar Udara Blimbingsari, Kabupaten Banyuwangi dan Bandar Udara Pinang Kampai, Kota Dumai. Kedua bandar udara ini dipilih karena memiliki kelas bandara dan klasifikasi landas pacu yang sama, serta memiliki nilai PDRB yang cukup besar dan hampir sama dengan Kabupaten Paser, jika dibandingkan dengan lokasi bandara lain dengan kelas dan klasifikasi landas pacu yang sama. Berikut data populasi, PDRB, dan jumlah keberangkatan penumpang pada kedua bandar udara tersebut di tahun 2018.

Tabel 4.8 Jumlah Keberangkatan Penumpang pada Bandar Udara Sejenis 4C

(Sumber:Badan Pusat Statistik, 2018)

Bandar Udara	Jumlah Populasi	PDRB	Keberangkatan Penumpang/tahun
Tanah Grogot (Tanah Grogot)	279.975	48.265	0
Pinang Kampai	303.292	32.994	60.090
Blimbingsari	1.609.677	78.037	183.910

Karena Bandara Tanah Grogot merupakan bandara rencana, maka belum memiliki data jumlah penumpang. Data jumlah penumpang Bandara Tanah Grogot merupakan data hasil persamaan yang sudah dihitung menggunakan persamaan 4.1 dan hasilnya dapat dilihat pada tabel 4.4. Berikutnya untuk mendapatkan nilai koreksi, maka perlu mendapatkan jumlah penumpang per tahun akibat persamaan pada bandar udara sejenis dengan cara memasukkan nilai PDRB dan jumlah populasi bandar udara sejenis terhadap persamaan 4.1.

- Y Pinang Kampai = $-0{,}0266X_1 + 8{,}538X_2 + 607026{,}69$
- Y Pinang Kampai = -0,0266*302292+8,538*32994 + 607026,69

  = 880.654 keberangkatan penumpang/tahun

Setelah dilakukan hal tersebut, didapatkanlah jumlah penumpang akibat persamaan pada Bandar Udara Pinang Kampai dan Blimbingsari. Untuk mendapatkan nilai koreksi, maka data jumlah penumpang berdasarkan data BPS dibandingkan dengan data jumlah penumpang hasil persamaan dan didapatkan nilai koreksi yang dapat dilihat pada tabel 4.9.

Tabel 4.9 Nilai Koreksi Bandar Udara 4C

Bandar Udara	Keberangkatan Penumpang/tahun (BPS)	Keberangkatan /tahun (Persamaan)	Nilai Koreksi (y1/y2)	Koreksi Rata-rata
	y1	y2		
Pinang Kampai	60.090	880.654	0,0682	0,108852
Blimbingsari	183.910	1.230.428	0,14947	

Dengan cara yang sama, dicari nilai koreksi pada rentang tahun 2012-2017. Hasil dari nilai koreksi dari tahun 2012-2017 dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.10 Nilai Koreksi Tahun 2012-2018

Tahun	Tempat	Jumlah Penumpang/tahun (BPS)	Jumlah Penumpang/tahun (Persamaan)	Nilai Koreksi	Koreksi Rata-rata
2012	Pinang Kampai	21.449	761.735	0,0282	0,0141
	Blimbingsari	0	924.597	0,0000	
2013	Pinang Kampai	18.747	781.006	0,0240	0,0110
	Blimbingsari	7.669	969.267	0,0079	
2014	Pinang Kampai	11.223	801.303	0,0140	0,0297
	Blimbingsari	46.268	1.020.401	0,0453	
2015	Pinang Kampai	23.709	808.199	0,0293	0,0420
	Blimbingsari	50.976	1.078.369	0,0473	
2016	Pinang Kampai	30.773	837.993	0,0367	0,0437
	Blimbingsari	57.340	1.130.871	0,0507	
2017	Pinang Kampai	62.015	857.794	0,0723	0,0747
	Blimbingsari	95.921	1.181.086	0,0812	
2018	Pinang Kampai	60.090	880.654	0,0682	0,1089
	Blimbingsari	183.910	1.230.428	0,1495	

Setelah didapatkan nilai koreksi, untuk mencari jumlah keberangkatan pesawat per tahun pada Bandara Tanah Grogot adalah dengan membagi jumlah keberangkatan penumpang per tahun dengan kapasitas kursi pesawat rencana, lalu dikalikan nilai koreksi.

Diketahui berdasarkan perhitungan yang hasilnya tersedia pada tabel 4.4, jumlah keberangkatan penumpang Bandara Paser adalah 1.011.662 penumpang, dan pesawat ATR 72-500 memiliki kapasitas 68 penumpang, maka jumlah keberangkatan peesawat untuk Bandara Paser pada tahun 2018 adalah sebagai berikut.

- Keberangkatan Pesawat ATR 72-500

= (Penumpang/Kapasitas)*nilai koreksi

= (1011662/68)*0,108852

= 1620 keberangkatan/tahun

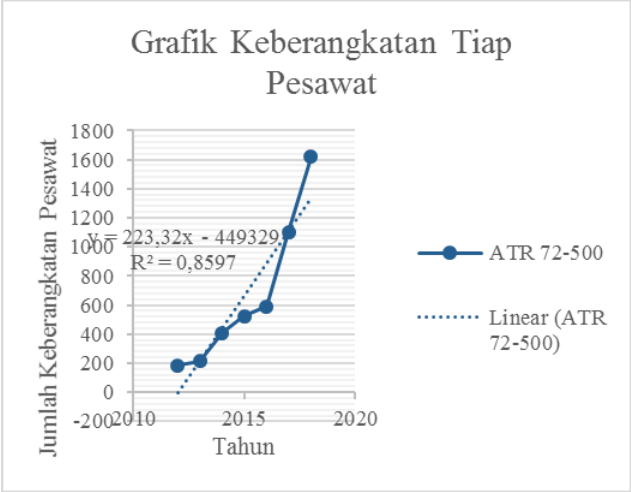
Dengan cara yang sama, didapatkan pula jumlah keberangkatan per tahun pada pesawat ATR 72-600, B 737-500, dan B 737-700 pada rentang tahun 2012-2018 yang rekapitulasinya dapat dilihat pada tabel 4.11 berikut. Untuk data PDRB, populasi dan jumlah keberangkatan dari bandara sejenis pada rentang tahun 2012-2017 dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4.11 Jumlah *Annual Departure* Tiap Pesawat Per Tahun Pada Klasifikasi Landas Pacu 4C

Tahun	Keberangkatan Pesawat			
	ATR 72-500	ATR 72-600	B 737-500	B 737-700
	68 kursi	70 kursi	122 kursi	148 kursi
2012	187	182	104	86
2013	215	209	120	99
2014	409	397	228	188
2015	523	508	292	240
2016	591	574	330	272
2017	1101	1069	614	506
2018	1620	1574	903	745

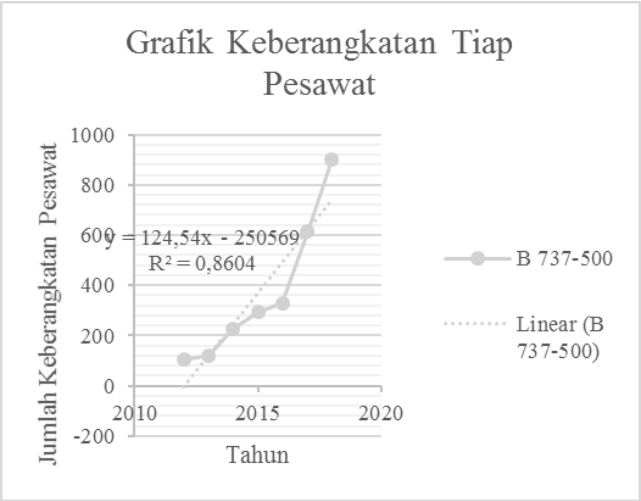
Dari rekapitulasi tersebut, dibuatlah grafik dengan persamaan regresi linier untuk memprakirakan jumlah penumpang selama 20 tahun ke depan sesuai standar umur perkerasan menurut

FAA dan juga untuk mencari nilai pertumbuhan jumlah keberangkatan (*annual growth)*.

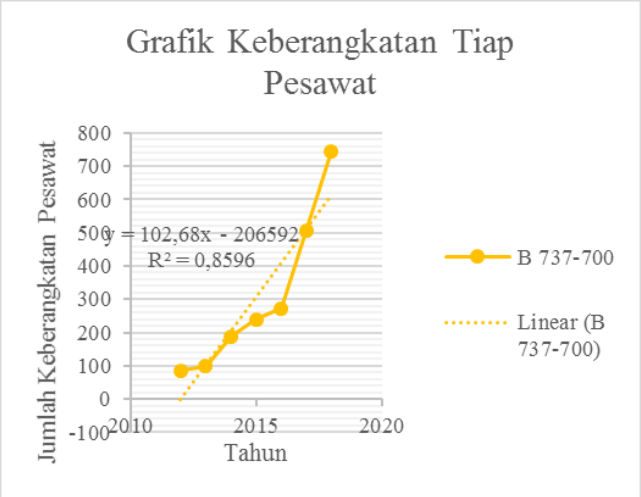


Gambar 4.10 Grafik Keberangkatan ATR 72-500

Gambar 4.11 Jumlah Keberangkatan ATR 72-600



Gambar 4.12 Jumlah Keberangkatan B 737-500



Gambar 4.13 Jumlah Keberangkatan B 737-700

Dari grafik keberangkatan setiap pesawat didapat persamaan regresi linier yang digunakan untuk mencari jumlah keberangkatan pesawat pada masa yang akan datang lebih tepatnya 20 tahun ke depan. Persamaan tiap jenis pesawat dapat dilihat pada tabel 4.11 berikut.

Tabel 4.12 Persamaan Regresi Jumlah Keberangkatan Setiap Pesawat 4C

Jenis Pesawat	**Persamaan Regresi Linier**	**R^2**
ATR 72-500	y = 223,32x - 449329	0,8597
ATR 72-600	y = 216,89x - 436394	0,8595
B 737-500	y = 124,54x - 250569	0,8604
B 737-700	y = 102,6x - 206592	0,8596

Setelah didapatkan persamaan regresi linier, selanjutnya perlu menghitung keberangkatan pesawat pada 20 tahun ke depan, dengan cara menyubstitusikan nilai x dengan tahun yang ingin dicari jumlah keberangkatannya. Contoh dicari jumlah keberangkatan pesawat ATR 72-500 pada tahun 2025

- Keberangkatan ATR 72-500 pada 2025

Keberangkatan 2025 = 223,32x – 449329

= 223,32*2025 - 449329

= 2894 Keberangkatan

Dengan cara yang sama, didapatkan jumlah keberangkatan pesawat untuk Bandara Paser selama 20 tahun ke depan yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.13 *Forecasting* Jumlah Keberangkatan Setiap Pesawat Landas Pacu 4C

Tahun	Keberangkatan Pesawat			
	ATR 72-500	**ATR 72-600**	**B 737-500**	**B 737-700**
2012	187	182	104	86
2013	215	209	120	99
2014	409	397	228	188
2015	523	508	292	240
2016	591	574	330	272
2017	1101	1069	614	506
2018	1620	1574	903	745
2019	1555	1507	878	719
2020	1778	1724	1002	822
2021	2001	1941	1127	925
2022	2225	2158	1251	1027
2023	2448	2375	1376	1130
2024	2671	2592	1500	1233
2025	2894	2809	1625	1335
2026	3118	3026	1750	1438
2027	3341	3243	1874	1541
2028	3564	3459	1999	1644
2029	3788	3676	2123	1746
2030	4011	3893	2248	1849
2031	4234	4110	2372	1952
2032	4458	4327	2497	2054
2033	4681	4544	2621	2157
2034	4904	4761	2746	2260
2035	5128	4978	2870	2362
2036	5351	5195	2995	2465

Tabel 4.13 *Forecasting* Jumlah Keberangkatan Setiap Pesawat Landas Pacu 4C (Lanjutan)

Tahun	ATR 72-500	ATR 72-600	B 737-500	B 737-700
2037	5574	5411	3119	2568
2038	5798	5628	3244	2670

Setelah didapatkan jumlah keberangkatan, maka dapat dicari laju pertumbuhan keberangkatannya dari jumlah keberangkatan pesawat dengan cara,

- Laju pertumbuhan :

$$\frac{(keberangkatan\ sesudah - keberangkatan\ sebelum)}{keberangkatan\ sebelum} * 100\%$$

- Contoh laju pertumbuhan 2012-2013 pada ATR 72-500 :

$$\frac{(215 - 187)}{187} * 100\% = 14{,}97\%$$

Dengan proses perhitungan yang sama, didapatkan hasil laju pertumbuhan pesawat selama 20 tahun ke depan yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.14 *Annual Growth* Setiap Jenis Pesawat Pada Landas Pacu 4C

Tahun	Annual Growth (%)			
	ATR 72-500	ATR 7-600	B 737-500	B 737-700
2012				
2013	14,973	14,835	15,385	15,116
2014	90,233	89,952	90,000	89,899
2015	27,873	27,960	28,070	27,660
2016	13,002	12,992	13,014	13,333

Tabel 4.14 Annual Growth Setiap Jenis Pesawat Pada Landas Pacu 4C (Lanjutan)

Tahun	ATR 72-500	ATR 7-600	B 737-500	B 737-700
2017	86,294	86,237	86,061	86,029
2018	47,139	47,240	47,068	47,233
2019	-4,012	-4,257	-2,769	-3,490
2020	14,341	14,399	14,123	14,325
2021	12,542	12,587	12,475	12,530
2022	11,194	11,180	11,003	11,027
2023	10,022	10,056	9,992	10,029
2024	9,109	9,137	9,012	9,115
2025	8,349	8,372	8,333	8,273
2026	7,740	7,725	7,692	7,715
2027	7,152	7,171	7,086	7,163
2028	6,675	6,660	6,670	6,684
2029	6,285	6,273	6,203	6,204
2030	5,887	5,903	5,888	5,899
2031	5,560	5,574	5,516	5,571
2032	5,291	5,280	5,270	5,225
2033	5,002	5,015	4,966	5,015
2034	4,764	4,776	4,769	4,775
2035	4,568	4,558	4,516	4,513
2036	4,349	4,359	4,355	4,361
2037	4,167	4,158	4,140	4,178
2038	4,019	4,010	4,008	3,972

Untuk Input program FAARFIELD, maka data keberangkatan pesawat dan laju pertumbuhan selama 20 tahun harus dirata - rata terlebih dahulu, nilai rata – rata tersebut dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.15 Rata – Rata Keberangkatan Pesawat dan Annual Growth Setiap Jenis Pesawat Klasifikasi Landas Pacu 4C

Jenis Pesawat	**Rata – rata keberangkatan pesawat**	**Rata –rata Annual Growth (%)**
ATR 72-500	2896	15,866
ATR 72-600	2810	15,852
B 737-500	1623	15,879
B 737-700	1335	15,860

4.3.2 Perhitungan Jumlah Keberangkatan Per Tahun untuk *Traffic Mix* berdasarkan Landas Pacu 4C.

Perhitungan jumlah keberangkatan tahunan berupa *traffic mix* adalah input jika suatu perkerasan direncanakan dilewati oleh beberapa jenis pesawat yang sesuai dengan klasifikasi landas pacunya. Jumlah keberangkatan pesawat pada *traffic mix* sedikit berbeda dengan jumlah keberangkatan setiap jenis pesawat. Perbedaan tersebut berasal dari nilai prosentase pesawat yang melintasi landas pacu. Untuk menghitung jumlah keberangkatan pesawat pada *traffic mix* maka cara perhitungannya sebagai berikut.

Berdasarkan perhitungan prosentase pesawat bandara sejenis dengan klasifikasi 4C pada sub bab 4.2.1, didapat prosentase pesawat sebagai berikut.

1. ATR 72-500 = 29,365%
2. ATR 72-600 = 36,974%
3. B 737-500 = 31,092%
4. B 737-700 = 4,201%

Untuk menghitung jumlah keberangkatan pada traffic mix hampir sama dengan menghitung pada setiap jenis pesawat,

pembedanya adalah jumlah keberangkatan harus dikalikan dengan prosentase yang sesuai dengan jenis pesawatnya.

Contoh keberangkatan *traffic mix* pada 2018 :

- Keberangkatan pesawat ATR 72-500

  = (Penumpang/Kapasitas)*nilai koreksi * persentase pesawat

  = (1011662/68)*0,108852*29,365%

  = 450 keberangkatan/tahun

- Keberangkatan pesawat ATR 72-600

  = (Penumpang/Kapasitas)*nilai koreksi * persentase pesawat

  = (1011662/70)*0,108852*36,974%

  = 582 keberangkatan/tahun

- Keberangkatan pesawat B 737-500

  = (Penumpang/Kapasitas)*nilai koreksi *persentase pesawat

  = (1011662/122)*0,108852*31,092%

  = 281 keberangkatan/tahun

- Keberangkatan Pesawat B 737-700

  = (Penumpang/Kapasitas)*nilai koreksi *persentase pesawat

  = (1011662/148)*0,108852*4,201%

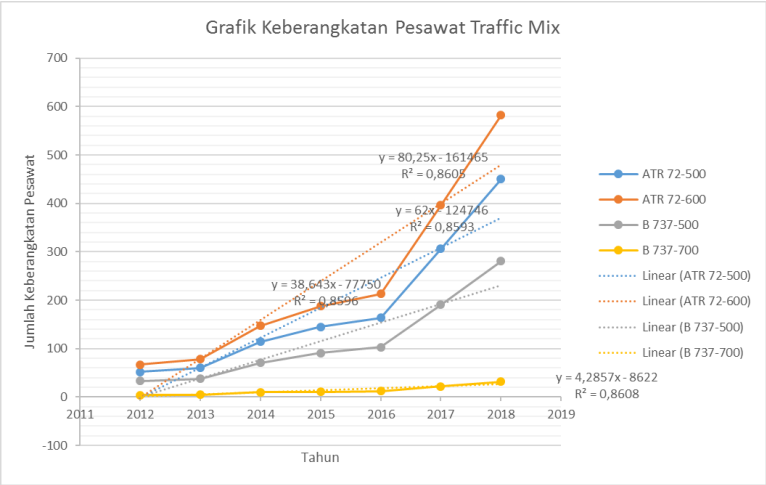
  = 32 keberangkatan/tahun

Dari perhitungan tersebut dilakukan pada data 2012 – 2017 dan didapatkan data penerbangan *traffic mix* dari 2012 -2018 yang dapat dilihat pada tabel 4.14 berikut.

Tabel 4.16 Jumlah Keberangkatan *Traffic Mix* pada Landas Pacu 4C

Tahun	**Jumlah Keberangkatan Per Tahun**			
	ATR 72-500	**ATR 72-600**	**B 737-500**	**B 737-700**
	68 seat	**70 seat**	**122 seat**	**148 seat**
	27,73%	36,98%	31,09%	4,20%
2012	52	67	33	4
2013	60	78	38	5
2014	114	147	71	10
2015	145	188	91	11
2016	164	213	103	12
2017	306	396	191	22
2018	450	582	281	32

Untuk melakukan regresi linier, dibutuhkan persamaan regresi yang didapatkan dari fungsi grafik berdasarkan data 4.14. Grafik persamaan tersebut dapat dilihat pada gambar 4.11 berikut.



Gambar 4.14 Grafik Keberangkatan Pesawat *Traffic Mix*

Dari grafik tersebut didapatkan nilai persamaan regresi linier yang dirangkum pada tabel 4.15 berikut

Tabel 4.17 Persamaan Regresi Linier *Traffic Mix* pada Landas Pacu 4C

Jenis Pesawat	**Persamaan Regresi Linier**	**R^2**
ATR 72-500	62x - 124746	0,8605
ATR 72-600	80,25x - 161465	0,8593
B 737-500	38,643x - 77750	0,8596
B 737-700	4,2857x – 8622	0,8608

Berdasarkan persamaan regresi linier pada tabel 4.15 selanjutnya dilakukan peramalan dengan mengganti menyubstitusi nilai persamaan untuk mendapatkan jumlah keberangkatan penumpang pada penumpang *traffic mix* dengan tahun yang dituju seperti pada perhitungan jumlah keberangkatan pada tiap jenis pesawat pada sub bab 4.3.1. Hasil dari regresi linier dengan

menyubstitusi tahun berdasarkan persamaan setiap jenis pesawat dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.18 *Forecasting* Jumlah Keberangkatan Penumpang *Traffic Mix* Landas Pacu 4C

Tahun	Jumlah Keberangkatan Per Tahun			
	ATR 72-500	**ATR 72-600**	**B 737-500**	**B 737-700**
	48 seat	**70 seat**	**132 seat**	**148 seat**
	27,73%	36,98%	31,09%	4,20%
2012	52	67	33	4
2013	60	78	38	5
2014	114	147	71	10
2015	145	188	91	11
2016	164	213	103	12
2017	306	396	191	22
2018	450	582	281	32
2019	128	533	105	16
2020	142	594	116	17
2021	156	656	128	19
2022	170	717	140	20
2023	184	778	152	22
2024	198	839	163	24
2025	212	901	175	25
2026	226	962	187	27
2027	240	1023	199	28
2028	254	1085	210	30
2029	267	1146	222	32
2030	281	1207	234	33
2031	295	1268	246	35
2032	309	1330	257	36

Tabel 4.16 Forecasting Jumlah Keberangkatan Penumpang Traffic Mix Landas Pacu 4C (Lanjutan)

Tahun	ATR 72-500	ATR 72-600	B 737-500	B 737-700
2033	323	1391	269	38
2034	337	1452	281	40
2035	351	1514	293	41
2036	365	1575	304	43
2037	379	1636	316	44
2038	393	1697	328	46

Dari data keberangkatan pesawat per tahun dan peramalan untuk 20 tahun pada masa yang akan datang, selanjutnya dicari laju pertumbuhannya sebagai input program FAARFIELD. Hasil dari pertumbuhan keberangkatan pesawat dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4.19 *Annual Growth Traffic Mix* Landas Pacu 4C

Tahun	Annual Growth (%)			
	ATR 72-500	ATR 7-600	B 737-500	B 737-700
2012				
2013	15,385	16,418	15,152	25,000
2014	90,000	88,462	86,842	100,000
2015	27,193	27,891	28,169	10,000
2016	13,103	13,298	13,187	9,091
2017	86,585	85,915	85,437	83,333
2018	47,059	46,970	47,120	45,455
2019	-4,000	-3,780	-3,559	-3,125
2020	14,352	14,286	14,022	16,129
2021	12,551	12,656	12,621	11,111
2022	11,151	11,096	11,207	10,000
2023	10,032	9,988	9,819	9,091

Tabel 4.19 Annual Growth Traffic Mix Landas Pacu 4C (Lanjutan)

Tahun	ATR 72-500	ATR 7-600	B 737-500	B 737-700
2024	9,118	9,081	9,176	10,417
2025	8,356	8,429	8,405	7,547
2026	7,711	7,678	7,555	7,018
2027	7,159	7,130	7,209	8,197
2028	6,681	6,656	6,724	6,061
2029	6,263	6,318	6,139	5,714
2030	5,894	5,869	5,936	5,405
2031	5,566	5,544	5,460	6,410
2032	5,272	5,253	5,313	4,819
2033	5,008	5,053	5,045	4,598
2034	4,769	4,751	4,680	5,495
2035	4,552	4,535	4,588	4,167
2036	4,354	4,338	4,387	4,000
2037	4,172	4,210	4,095	3,846
2038	4,005	3,990	4,037	4,630

Dari data jumlah keberangkatan berdasarkan *traffic mix* dan *annual growth* untuk input program FAARFIELD maka harus diubah menjadi rata – rata terlebih dahulu. Nilai rata – rata dari jumlah keberangkatan dan *annual growth traffic mix* tersebut dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.20 Rata – Rata Keberangkatan Pesawat dan *Annual Growth Traffic Mix* Klasifikasi Landas Pacu 4C

Jenis Pesawat	Rata –Rata Keberangkatan Pesawat	Annual Growth (%)
ATR 72-500	805	15,857
ATR 72-600	1042	15,847
B 737-500	503	15,722
B 737-700	57	15,554

4.3.3 Perhitungan Jumlah Keberangkatan Per Tahun Untuk Satu Jenis Tipe Pesawat Berdasarkan Landas Pacu 3C

Pada mulanya Bandar Udara Tanah Grogot direncanakan dibangun dengan klasifikasi landas pacu 4C, namun terdapat peraturan terbaru berdasarkan Keputusan Menteri nomor 166 Tahun 2019 yang menyatakan bahwa Bandar Udara Tanah Grogot direncanakan menjadi 3C.

Pada perencanaan jumlah keberangkatan per tahun pada satu jenis pesawat berdasarkan klasifikasi landas pacu 3C mempunyai cara perhitungan yang sama dengan klasifikasi landas pacu 4C, yang membedakan adalah penentuan nilai koreksi pada Bandar Udara Tanah Grogot harus berdasarkan bandara sejenis yakni bandara dengan kelas pengumpan dan klasifikasi landas pacu 3C. Dalam tugas akhir ini direncanakan jumlah keberangkatan pesawat dengan nilai koreksi berdasarkan bandar udara sejenis terdiri dari Bandar Udara Gewayantana-Larantuka, Bandar Udara Tampa Padang, Bandar Udara Oesman Sadik, Bandar Udara Naha-Tahuna, dan Bandar Udara Bersujud Batu Licin dan dengan klasifikasi landas pacu 3C maka pesawat yang digunakan adalah ATR 72-500 dan ATR 72-600.

Seperti pada perencanaan bandar udara dengan klasifikasi landas pacu 4C, data yang dibutuhkan untuk mencari nilai koreksi

adalah data PDRB, populasi, dan jumlah keberangkatan pesawat berdasarkan bandara sejenis. Data mengenai PDRB, populasi, dan jumlah keberangkatan pesawat pada bandara tersebut dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.21 Jumlah Keberangkatan Penumpang Pada Bandar Udara Sejenis 3C
(Sumber:Badan Pusat Statistik, 2018)

Tempat	Jumlah Populasi	PDRB	Jumlah Penumpang/tahun (BPS)
Tanah Grogot (Tanah Grogot)	279.975	48.265	0
Oesman Sadik	231.217	6.320	19.227
Tampa Padang	286.389	11.043	92.104
Larantuka	253.818	3.335	51.992
Naha-Tahuna	130.833	3.932	17.347
Batu Licin	351.673	19.042	56.813

Karena Bandara Tanah Grogot merupakan bandara rencana, maka belum memiliki data jumlah penumpang. Data jumlah penumpang Bandara Tanah Grogot merupakan data hasil perkiraan yang sudah dihitung menggunakan persamaan 4.1 dan hasilnya dapat dilihat pada tabel 4.4. Berikutnya untuk mendapatkan nilai koreksi, maka perlu mendapatkan jumlah penumpang per tahun pada bandar udara sejenis dengan cara memasukkan nilai PDRB dan jumlah populasi bandar udara sejenis terhadap persamaan 4.1 seperti pada landas pacu klasifikasi 4C.

- Keberangkatan penumpang Oesman Sadik 2018 (persamaan)

  Y Oesman Sadik = $-0{,}0266X_1+8{,}538X_2+ 607026{,}69$

Y Oesman Sadik = -0,0266*231217+8,538*6320 + 607026,69

= 654.827 keberangkatan penumpang

Setelah dilakukan hal tersebut, berturut - turut dilakukan pada kelima bandar udara tersebut dan didapatkanlah jumlah penerbangan berdasarkan persamaannya. Selanjutnya, untuk mendapatkan nilai koreksi, maka data jumlah penumpang berdasarkan data BPS dibandingkan dengan jumlah penumpang data hasil persamaan, dan didapatkan nilai koreksi yang dapat dilihat pada tabel 4.19 berikut.

Tabel 4.22 Nilai Koreksi Bandar Udara 3C

Bandar Udara	Keberangkatan Penumpang/tahun (BPS)	Keberangkatan /tahun (Persamaan)	Nilai Koreksi (y1/y2)	Nilai Koreksi Rata-rata
	y1	y2		
Oesman Sadik	19.227	654.827	0,02936	0,069357578
Tampa Padang	92.104	693.683	0,13278	
Larantuka	51.992	628.738	0,08269	
Naha-Tahuna	17.347	637.113	0,02723	
Batu Licin	56.813	760.240	0,07473	

Setelah didapatkan nilai koreksi, untuk mencari jumlah keberangkatan pesawat per tahun pada Bandara Tanah Grogot adalah dengan membagi jumlah keberangkatan penumpang per tahun dengan kapasitas kursi pesawat rencana, lalu dikalikan nilai koreksi. Diketahui berdasarkan tabel 4.4 jumlah keberangkatan penumpang Bandara Paser adalah 1.011.662 penumpang dan pesawat ATR 72-500 memiliki kapasitas 68 penumpang, maka jumlah keberangkatan penumpang untuk Bandara Paser pada tahun 2018 adalah sebagai berikut.

- Keberangkatan pesawat ATR 72-500 tahun 2018

= (Penumpang/Kapasitas)*nilai koreksi

= (1011662/68)*0,069357578

= 1032 keberangkatan per tahun

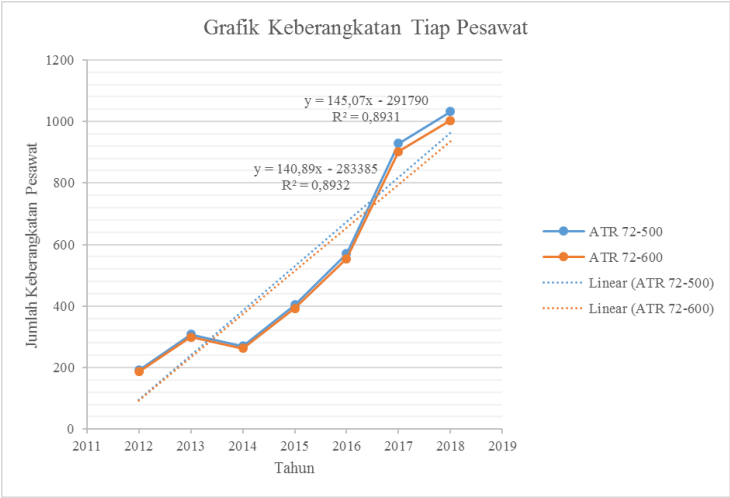
Dengan langkah perhitungan yang sama, dilakukan pada pesawat ATR 72-600 pada tahun 2012-2018, didapat jumlah keberangkatan berdasarkan pesawat ATR 72-500 dan ATR 72-600 yang hasilnya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.23 Jumlah Keberangkatan Pesawat Setiap Jenis Klasifikasi Landas Pacu 3C

Tahun	**Keberangkatan Pesawat**	
	ATR 72-500	**ATR 72-600**
2012	192	187
2013	308	299
2014	270	263
2015	404	392
2016	570	554
2017	929	902
2018	1032	1003

Data PDRB, populasi, dan nilai koreksi pada rentang 2012-2017 dapat dilihat pada lampiran.

Setelah proses tersebut, selanjutnya dibuat model grafik untuk mendapatkan persamaan regresi linier yang digunakan untuk mencari jumlah keberangkatan pesawat selama 20 tahun kedepan sebagai input dari program FAARFIELD.



Gambar 4.15 Grafik Keberangkatan Pesawat Klasifikasi Landas Pacu 3C

Dari grafik tersebut didapatkan nilai persamaan regresi linier yang dirangkum pada tabel 4.21 berikut.

Tabel 4.24 Persamaan Regresi Jumlah Keberangkatan Setiap Pesawat 3C

Jenis Pesawat	**Persamaan Regresi Linier**	**R^2**
ATR 72-500	145,07x-291790	0,8931
ATR 72-600	140,89x-2833885	0,8932

Setelah didapatkan persamaan regresi linier pada klasifikasi landas pacu 3C, selanjutnya dilakukan perhitungan dengan cara menyubstitusikan nilai x dengan tahun yang ingin dicari jumlah keberangkatannya.

Contoh dicari jumlah keberangkatan pesawat ATR 72-500 pada tahun 2020

Keberangkatan ATR 72-500 pada 2020 = 145,07*X-291790

= 145,07*2020 - 291790

= 1252 keberangkatan

Dengan perhitungan tersebut, didapatkan jumlah keberangkatan selama 20 tahun pesawat ATR 72-500 dan ATR 72-600 dengan klasifikasi landas pacu 3C. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.25 *Forecasting* Jumlah Keberangkatan Setiap Pesawat Landas Pacu 3C

Tahun	**Keberangkatan Pesawat**	
	ATR 72-500	**ATR 72-600**
2012	192	187
2013	308	299
2014	270	263
2015	404	392
2016	570	554
2017	929	902
2018	1032	1003
2019	1107	1072
2020	1252	1213
2021	1397	1354
2022	1542	1495
2023	1687	1636
2024	1832	1777
2025	1977	1918

Tabel 4.25 *Forecasting* Jumlah Keberangkatan Setiap Pesawat Landas Pacu 3C (Lanjutan)

Tahun	ATR 72-500	ATR 72-600
2026	2122	2059
2027	2267	2200
2028	2412	2340
2029	2558	2481
2030	2703	2622
2031	2848	2763
2032	2993	2904
2033	3138	3045
2034	3283	3186
2035	3428	3327
2036	3573	3468
2037	3718	3608
2038	3863	3749

Dari data tersebut selanjutnya dicari laju pertumbuhan pesawatnya dengan cara yang sama dengan mencari laju pertumbuhan pada klasifikasi landas pacu 4C yakni, keberangkatan tahun sesudah dikurangi keberangkatan tahun sebelumnya lalu dibagi keberangkatan tahun sebelumnya dan dikali 100% . setelah melalui proses tersebut hasil laju pertumbuhan keberangkatan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.26 Annual Growth Setiap Jenis Pesawat Landas Pacu 3C

Tahun	Annual Growth (%)	
	ATR 72-500	**ATR 7-600**
2012		
2013	60,417	59,893

Tabel 4.26 *Annual Growth* Setiap Jenis Pesawat Landas Pacu 3C (Lanjutan)

Tahun	ATR 72-500	ATR 7-600
2014	-12,338	-12,040
2015	49,630	49,049
2016	41,089	41,327
2017	62,982	62,816
2018	11,087	11,197
2019	7,267	6,879
2020	13,098	13,153
2021	11,581	11,624
2022	10,379	10,414
2023	9,403	9,431
2024	8,595	8,619
2025	7,915	7,935
2026	7,334	7,351
2027	6,833	6,848
2028	6,396	6,364
2029	6,053	6,026
2030	5,668	5,683
2031	5,364	5,378
2032	5,091	5,103
2033	4,845	4,855
2034	4,621	4,631
2035	4,417	4,426
2036	4,230	4,238
2037	4,058	4,037
2038	3,900	3,908

Untuk input program FAARFIELD dibutuhkan jumlah keberangkatan rata – rata dan laju pertumbuhan rata – rata. Hasil rata – rata jumlah keberangkatan dan laju pertumbuhan rata –rata dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.27 Rata- Rata Keberangkatan Pesawat Dan *Annual Growth* Setiap Jenis Pesawat Landas Pacu 3C

Jenis Pesawat	**Keberangkatan Pesawat**	**Annual Growth (%)**
ATR 72-500	1978	13,458
ATR 72-600	1920	13,429

4.3.4 Perhitungan Jumlah Keberangkatan Per Tahun Untuk *Traffic Mix* berdasarkan Landas Pacu 3C.

Perhitungan jumlah keberangkatan tahunan berupa *traffic mix* adalah input jika suatu perkerasan direncanakan dilewati oleh beberapa jenis pesawat yang sesuai dengan klasifikasi landas pacunya. Jumlah keberangkatan pesawat pada *traffic mix* sedikit berbeda dengan jumlah keberangkatan setiap jenis pesawat. Perbedaan tersebut berasal dari nilai persentase pesawat yang melintasi landas pacu. Untuk menghitung jumlah keberangkatan pesawat pada *traffic mix* maka cara perhitungannya sebagai berikut.

Berdasarkan perhitungan persentase pesawat bandara sejenis dengan klasifikasi 3C pada sub bab 4.2.1 didapat persentase pesawat sebagai berikut.

1. ATR 72-500 = 77,586%
2. ATR 72-600 = 22,414%

Untuk menghitung jumlah keberangkatan pada *traffic mix* hampir sama dengan menghitung pada setiap jenis pesawat, pembedanya adalah jumlah keberangkatan harus dikalikan dengan persentase yang sesuai dengan jenis pesawatnya.

Contoh keberangkatan *traffic mix* pada 2018 :

- Keberangkatan Pesawat ATR 72-500

  = (Penumpang/Kapasitas)*nilai koreksi *persentase pesawat

  = (1011662/68)*0,108852*77,586%

  = 803 keberangkatan/tahun

- Keberangkatan Pesawat ATR 72-600

  = (Penumpang/Kapasitas)*nilai koreksi *persentase pesawat

  = (1011662/70)*0,108852*22,414%

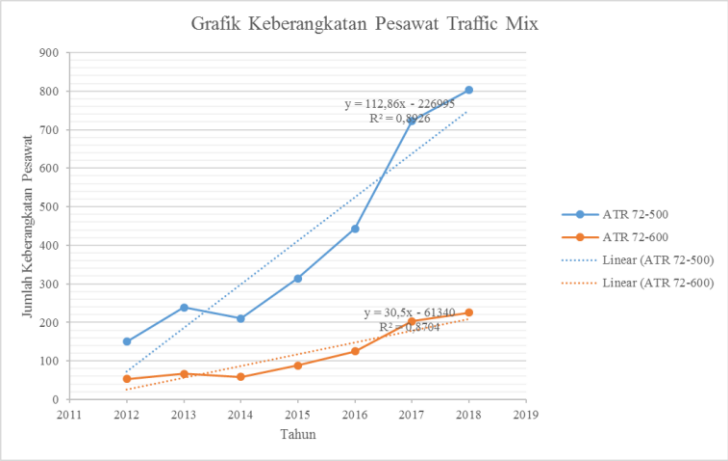
  = 225 keberangkatan/tahun

Dari perhitungan tersebut didapatkan data penerbangan *traffic mix* dari 2012-2018 yang dapat dilihat pada tabel 4.14 berikut.

Tabel 4.28 Jumlah Keberangkatan *Traffic Mix* 3C

Tahun	**Keberangkatan Pesawat**	
	ATR 72-500	**ATR 72-600**
2012	150	53
2013	239	67
2014	210	59
2015	314	88
2016	443	125
2017	723	203
2018	803	225

Untuk melakukan regresi linier dibutuhkan, persamaan regresi yang didapatkan dari fungsi grafik berdasarkan data 4.14. Grafik persamaan tersebut dapat dilihat pada gambar 4.11 berikut.



Gambar 4.16 Grafik Keberangkatan Pesawat *Traffic Mix*

Dari grafik tersebut didapatkan nilai persamaan regresi linier yang dirangkum pada tabel 4.15 berikut

Tabel 4.29 Persamaan Regresi Linier *Traffic Mix* 3C

Jenis Pesawat	**Persamaan Regresi Linier**	**R^2**
ATR 72-500	112,86x-226095	0,8926
ATR 72-600	30,5x-61340	0,8764

Berdasarkan persamaan regresi linier pada tabel 4.15 selanjutnya dilakukan peramalan dengan mengganti menyubstitusi nilai persamaan untuk mendapatkan jumlah keberangkatan penumpang pada penumpang *traffic mix* dengan tahun yang dituju seperti pada perhitungan jumlah keberangkatan pada tiap jenis pesawat pada sub bab 4.3.1. Hasil dari regresi linier dengan

menyubstitusi tahun berdasarkan persamaan setiap jenis pesawat dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.30 *Forecasting* Jumlah Keberangkatan Penumpang *Traffic Mix* Landas Pacu 3C

Tahun	**Keberangkatan Pesawat**	
	ATR 72-500	**ATR 72-600**
2012	150	53
2013	239	67
2014	210	59
2015	314	88
2016	443	125
2017	723	203
2018	803	225
2019	870	240
2020	983	270
2021	1096	301
2022	1208	331
2023	1321	362
2024	1434	392
2025	1547	423
2026	1660	453
2027	1773	484
2028	1886	514
2029	1998	545
2030	2111	575
2031	2224	606
2032	2337	636
2033	2450	667

Tabel 4.30 *Forecasting* Jumlah Keberangkatan Penumpang *Traffic Mix* Landas Pacu 3C (Lanjutan)

Tahun	ATR 72-500	ATR 72-600
2034	2563	697
2035	2676	728
2036	2788	758
2037	2901	789
2038	3014	819

Dari data keberangkatan pesawat per tahun dan peramalan untuk 20 tahun pada masa yang akan datang, selanjutnya dicari laju pertumbuhannya sebagai input program FAARFIELD. Hasil dari pertumbuhan keberangkatan pesawat dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4.31 *Annual Growth Traffic Mix* Landas Pacu 3C

Tahun	Annual Growth (%)	
	ATR 72-500	ATR 72-600
2012		
2013	59,333	26,415
2014	-12,134	-11,940
2015	49,524	49,153
2016	41,083	42,045
2017	63,205	62,400
2018	11,065	10,837
2019	8,344	6,667
2020	12,989	12,500
2021	11,495	11,481
2022	10,219	9,967

Tabel 4.31 *Annual Growth Traffic Mix* Landas Pacu 3C (Lanjutan)

Tahun	**ATR 72-500**	**ATR 72-600**
2023	9,354	9,366
2024	8,544	8,287
2025	7,880	7,908
2026	7,304	7,092
2027	6,807	6,843
2028	6,373	6,198
2029	5,938	6,031
2030	5,656	5,505
2031	5,353	5,391
2032	5,081	4,950
2033	4,757	4,834
2034	4,612	4,498
2035	4,409	4,448
2036	4,185	4,121
2037	4,038	4,090
2038	3,895	3,802

Dari data jumlah keberangkatan berdasarkan *traffic mix* dan *annual growth* untuk input program FAARFIELD maka harus diubah menjadi rata – rata terlebih dahulu. Nilai rata – rata dari jumlah keberangkatan dan *annual growth traffic mix* tersebut dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.32 Rata – Rata Keberangkatan Pesawat dan *Annual Growth Traffic Mix* Klasifikasi Landas Pacu 3C

Jenis Pesawat	Rata –Rata Keberangkatan Pesawat	Annual Growth (%)
ATR 72-500	1546	13,439
ATR 72-600	423	12,036

4.4 Data CBR Lapangan

Data CBR lapangan merupakan data sekunder yang didapatkan dari pihak penguji yang dilakukan oleh Politeknik Negeri Samarinda. Pengujian dilakukan pada 20 titik yang tersebar dari lokasi perencanaan terminal, tempat parkir dan landas pacu Bandar Udara Tanah Paser. Pada bagian landas pacu terdapat 5 titik pengujian yang menghasilkan nilai CBR sebagai berikut.

Tabel 4.33 Nilai CBR *Subgrade* Landas Pacu Bandar Udara Tanah Grogot

Titik Pengujian	CBR Awal
Titik 16	2,462%
Titik 17	2,066%
Titik 18	2,456%
Titik 19	2,744%
Titik 20	1,977%

4.5 Perencanaan Tebal Perkerasan Menggunakan Program FAARFIELD berdasarkan CBR Tanah Sebelum Stabilisasi.

Setelah mengetahui input data program FAARFIELD dan pengolahan datanya, selanjutnya perlu dilakukan desain tebal perkerasan. Pada sub bab ini ditunjukkan hasil analisis tebal perkerasan berdasarkan nilai CBR tanah asli. Perencanaan tebal perkerasan ini terdiri dari dua jenis skenario, skenario pertama

dianggap jika landas pacu akan digunakan lepas landas oleh satu jenis pesawat saja pada landas pacu 3C dan 4C, sehingga satu jenis pesawat tertentu mewakili pergerakan total pesawat. Perhitungan jumlah keberangkatan pesawat berdasarkan satu jenis pesawat dapat dilihat pada sub bab **4.3.1** untuk klasifikasi landas pacu 4C dan **4.3.3** untuk klasifikasi landas pacu 3C. Skenario kedua adalah jika landas pacu direncanakan dilewati oleh beberapa jenis pesawat (*traffic mix),* pergerakan total pesawat terdiri atas beberapa pergerakan beberapa jenis pesawat. Perhitungan jumlah keberangkatan pesawat berdasarkan beberapa jenis pesawat (*traffic mix)* dapat dilihat pada sub bab **4.3.2** untuk klasifikasi landas pacu 4C dan **4.3.4** untuk klasifikasi landas pacu 3C. Pada nantinya tebal perkerasan akibat tanah asli akan dibandingkan dengan tebal perkerasan akibat tanah yang sudah distabilisasi untuk mengetahui grafik hubungan nilai CBR terhadap ketebalan landas pacu berdasarkan jenis pesawat tertentu maupun berdasarkan beberapa jenis pesawat (*traffic mix)*.

4.5.1. Hasil Perencanaan Tebal Perkerasan Menggunakan FAARFIELD pada CBR Tanah Sebelum Stabilisasi dengan Lalu Lintas Satu Jenis Pesawat.

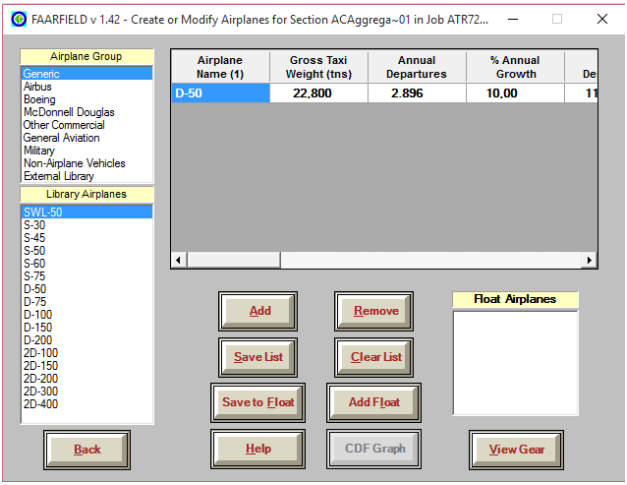
Pada skenario yang pertama direncanakan jika landas pacu menampung hanya 1 jenis pesawat, skenario merencanakan jika satu jenis pesawat tertentu mewakili pergerakan total pada Bandar Udara Tanah Paser. Analisis ini menggunakan variabel bebas berupa kekuatan tanah dasar sesuai dengan hasil pengujian di lapangan yang dilakukan oleh pihak Politeknik Negeri Samarinda. Untuk analisis pertama dilakukan dengan data berdasarkan klasifikasi landas pacu 4C.

1. Analisis tebal perkerasan pada klasifikasi landas pacu 4C

   Pada analisis ini dibutuhkan input untuk program FAARFIELD, kebutuhan input tersebut terdiri dari :

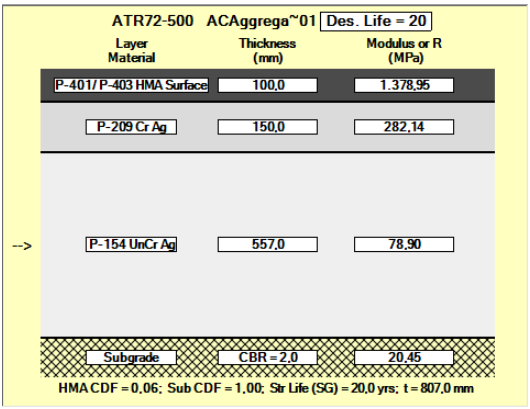
   - Input nilai CBR *subgrade* tanah sebelum stabilisasi sebesar 1,977%

- Material perkerasan untuk *surface* adalah P-401/P403 HMA dengan tebal minimum sesuai standar FAA sebesar 100 mm
- Material perkerasan untuk lapisan *base course* berupa material P-209 dengan tebal minimum perkerasan sesuai standar FAA sebesar 150 mm.
- Material *sub base* berupa P-154.
- Jumlah keberangkatan pesawat ATR 72-500 sebanyak 2896 keberangkatan, dengan *annual growth* sebesar 15,866%. Karena laju pertumbuhan melebihi batas pertumbuhan maksimal sebesar 10%, maka digunakan laju pertumbuhan 10%.
- Berat ATR 72-500 terbesar sebesar 22800 kg



Gambar 4.17 Tampilan Input Pesawat ATR 72-500

Dari data tersebut diinput ke FAARFIELD dan didapatkan hasil analisis sebagai berikut.



Gambar 4.18 Desain Perkerasan Landas Pacu Pesawat ATR 72-500 di Bandar Udara Tanah Grogot dengan *Subgrade* Sebelum Stabilisasi Pada Klasifikasi Landas Pacu 4C

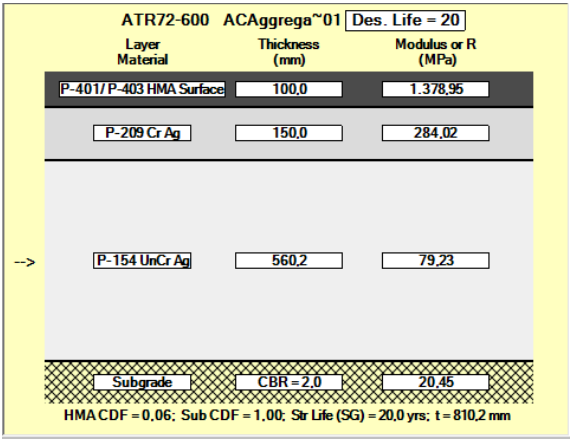
Pada hasil analisis pada gambar 4.14 ditunjukkan struktur perkerasan yang tersusun atas beberapa material. Untuk bagian permukaan menggunakan P 401/403 *hot mix asphalt*. Untuk bagian *base course* memakai material P 209 agregat pecah, material ini digunakan karena berat dari pesawat ATR-72 500 kurang dari 100.000 pounds. Selanjutnya untuk *sub base* digunakan material P-154 Agregat tidak pecah/utuh. Pada perencanaan ini yang berubah ubah ketebalan struktur perkerasannya merupakan tebal *sub base*, sehingga lapisan *surface* dan *base course* merupakan material dengan ketebalan minimum yang sesuai dengan persyaratan FAA.

Dari hasil desain berdasarkan FAARFIELD dengan kekuatan CBR *subgrade* sebesar 1,977% didapat tebal *surface* sebesar 100 mm yang berupa standar ketebalan minimum, *base course* berupa item P-209 sebesar 150 mm yang juga merupakan standar ketebalan minimum, dan *sub base* berupa material P-154 dengan tebal 557 mm, didapatkan tebal total perkerasan sebesar 807 mm.

Untuk selanjutnya, dilakukan analisis dengan nilai CBR yang sama dengan tipe pesawat ATR 72-600 dengan data input sebagai berikut.

- Input nilai CBR *subgrade* tanah sebelum stabilisasi sebesar 1,977%
- Material perkerasan untuk *surface* adalah P-401/P403 HMA dengan tebal minimum sesuai standar FAA sebesar 100 mm
- Material perkerasan untuk lapisan *base course* berupa material P-209 dengan tebal minimum perkerasan sesuai standar FAA sebesar 150 mm.
- Material *sub base* berupa P-154.
- Jumlah keberangkatan pesawat ATR 72-500 sebanyak 2810 keberangkatan dengan *annual growth* sebesar 15,852%. Karena laju pertumbuhan melebihi batas pertumbuhan maksimal sebesar 10%, maka digunakan laju pertumbuhan 10%.
- Berat ATR 72-500 terbesar sebesar 23000 kg

Dengan input data tersebut didapatkan hasil analisis sebagai berikut.



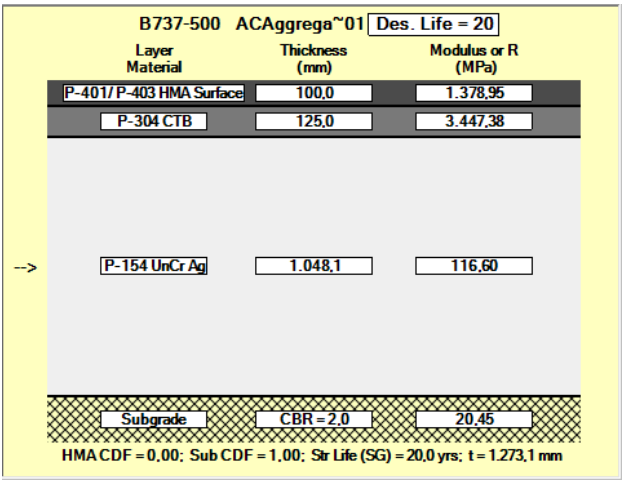
Gambar 4.19 Desain Perkerasan Landas Pacu Pesawat ATR 72-600 di Bandar Udara Tanah Grogot dengan *Subgrade* Sebelum Stabilisasi pada Landas Pacu 4C

Dengan berat yang lebih besar dan nilai annual yang lebih kecil dibanding pesawat ATR 72-500. Didapatkan total tebal perkerasan akibat pesawat ATR 72-600 sebesar 799,7 mm, dengan tebal *surface* sebesar 100 mm, tebal *base course* 150 mm, dan tebal *sub base* 549,7 mm.

Selanjutnya dilakukan analisis pada pesawat B 737-500 dengan data input sebagai berikut.

- Input nilai CBR *subgrade* tanah sebelum stabilisasi sebesar 1,977%
- Material perkerasan untuk *surface* adalah P-401/P403 HMA dengan tebal minimum sesuai standar FAA sebesar 100 mm
- Material perkerasan untuk lapisan *base course* berupa *base* stabilisasi dengan material P-304 CTB dengan tebal minimum perkerasan sesuai standar FAA sebesar 125 mm. Digunakan material base stabilisasi karena beban berat pesawat melebihi 100.000 pounds.
- Material *sub base* berupa P-154.
- Jumlah keberangkatan pesawat B 737-500 sebanyak 1623 keberangkatan dengan *annual growth* sebesar 15,879%. Karena laju pertumbuhan melebihi batas pertumbuhan maksimal sebesar 10%, maka digunakan laju pertumbuhan 10%.
- Berat B 737-500 terbesar sebesar 61689 kg

Hasil analisis untuk pesawat B 737-500 dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.20 Desain Perkerasan Landas Pacu Pesawat Boeing 737-500 di Bandar Udara Tanah Grogot dengan *Subgrade* Sebelum Stabilisasi pada Landas Pacu 4C

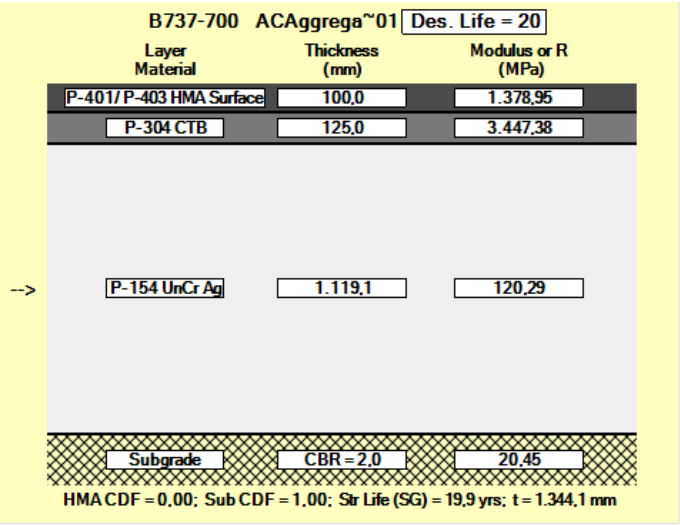
Pada perencanaan tebal perkerasan menggunakan pesawat Boeing 737-500 didapatkan tebal total perkerasan sebesar 1244,4 mm dengan tebal *surface* berupa material P-401 HMA sebesar 100 mm, *base course* dengan tebal material P-304 CTB sebesar 125 mm, tebal ini merupakan tebal minimum material P-304 CTB yang sesuai dengan persyaratan FAA, dan *sub base* berupa material P-154 dengan tebal 1019,4 mm. Pada struktur perkerasan dengan pesawat B 737 terdapat perbedaan material yang digunakan, hal ini berlaku ketika beban berat pesawat rencana lebih dari 100.000 pounds maka perlu material stabilisasi. Material stabilisasi yang dipilih merupakan material P-304 CTB.

Selanjutnya dilakukan analisis tebal perkerasan dengan kekuatan tanah *subgrade* akibat dari pesawat B737-700 dan dengan data sebagai berikut.

- Input nilai CBR *subgrade* tanah sebelum stabilisasi sebesar 1,977%

- Material perkerasan untuk *surface* adalah P-401/P403 HMA dengan tebal minimum sesuai standar FAA sebesar 100 mm
- Material perkerasan untuk lapisan *base course* berupa *base* stabilisasi dengan material P-304 CTB dengan tebal minimum perkerasan sesuai standar FAA sebesar 125 mm. Digunakan material base stabilisasi karena beban berat pesawat melebihi 100.000 pounds.
- Material *sub base* berupa P-154.
- Jumlah keberangkatan pesawat B 737-700 sebanyak 1335 keberangkatan dengan *annual growth* sebesar 15,860%. Karena laju pertumbuhan melebihi batas pertumbuhan maksimal sebesar 10%, maka digunakan laju pertumbuhan 10%.
- Berat B 737-700 terbesar sebesar 70080 kg

Dari data tersebut didapatkan hasil analisis seperti gambar berikut.



Gambar 4.21 Desain Perkerasan Landas Pacu Pesawat Boeing 737-700 di Bandar Udara Tanah Grogot dengan *Subgrade* Sebelum Stabilisasi pada Landas Pacu 4C

Pada perencanaan tebal perkerasan menggunakan pesawat Boeing 737-500 didapatkan tebal total perkerasan sebesar 1202,5 mm dengan tebal *surface* 100 mm, tebal *base course* P-304 CTB sebesar 125 mm, tebal *sub base* 977,5 mm. Hasil analisis pada titik-titik landas pacu yang lain pada klasifikasi landas pacu 4C dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.34 Rekapitulasi Tebal Perkerasan Akibat Tanah Sebelum Stabilisasi Landas Pacu 4C

CBR (%)	Tebal Perkerasan (mm)			
	ATR 72-500	ATR 72-600	B 737-500	B 737-700
1,977	807	810,2	1273,3	1344,2
2,066	793,5	797,1	1253,1	1323,3
2,456	736,8	740,5	1173,4	1239,5
2,462	735,9	739,6	1172,2	1238,4
2,744	697,9	701,5	1120	1184,9

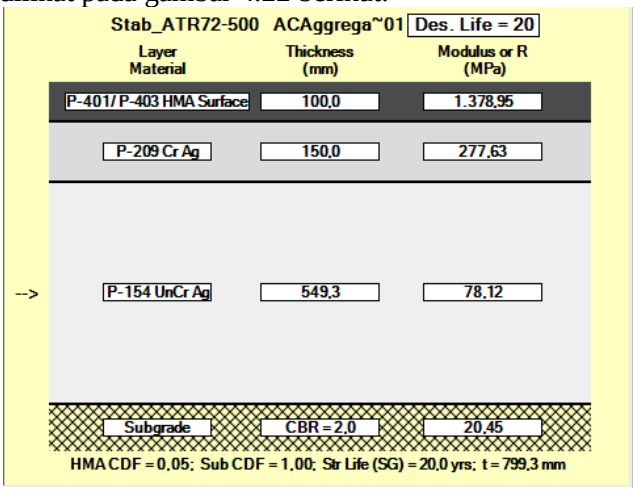
2. Analisis tebal perkerasan pada klasifikasi landas pacu 3C

   Untuk selanjutnya, analisis dilakukan pada landas pacu Bandara Tanah Grogot jika direncanakan dibangun dengan klasifikasi 3C. Dengan nilai CBR yang sama yaitu sebelum *subgrade* dilakukan stabilisasi, maka input yang dibutuhkan untuk analisis ATR 72-500 adalah sebagai berikut.

   - Input nilai CBR *subgrade* tanah sebelum stabilisasi sebesar 1,977%
   - Material perkerasan untuk *surface* adalah P-401/P403 HMA dengan tebal minimum sesuai standar FAA sebesar 100 mm
   - Material perkerasan untuk lapisan *base course* berupa material P-209 dengan tebal minimum perkerasan sesuai standar FAA sebesar 150 mm. Digunakan material P-209 karena material ini sanggup menahan beban berat pesawat kurang dari 100.000 pounds.

- Material *sub base* berupa P-154.
- Jumlah keberangkatan pesawat ATR 72-500 pada landas pacu 3C sebanyak 1978 keberangkatan, dengan *annual growth* sebesar 13,458%. Karena laju pertumbuhan melebihi batas pertumbuhan maksimal sebesar 10%, maka digunakan laju pertumbuhan 10%.
- Berat ATR 72-500 terbesar sebesar 22,800 kg

Dengan input nilai tersebut didapatkan hasil analisis yang dapat dilihat pada gambar 4.22 berikut.



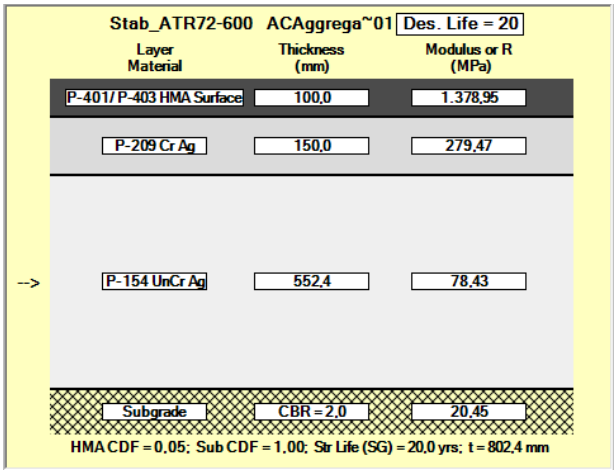
Gambar 4.22 Desain Perkerasan Landas Pacu Pesawat ATR 72-500 di Bandar Udara Tanah Grogot dengan *Subgrade* Sebelum Stabilisasi pada Klasifikasi Landas Pacu 3C

Dari hasil analisis tersebut didapatkan tebal perkerasan untuk lapisan permukaan sebesar 100 mm, tebal lapisan *base course* 150 mm, dan tebal lapisan *sub base* sebesar 549,3 mm. Dengan tebal tiap lapisan yang telah disebutkan, didapat tebal total perkerasan sebesar 799,3 mm.

Untuk selanjutnya dilakukan analisis pada pesawat ATR 72-600 jika landas pacu Bandar Udara Tanah Grogot direncanakan dibangun dengan klasifikasi landas pacu 3C. Berikut data input analisis untuk input pesawat ATR 72-600.

- Input nilai CBR *subgrade* tanah sebelum stabilisasi sebesar 1,977%
- Material perkerasan untuk *surface* adalah P-401/P403 HMA dengan tebal minimum sesuai standar FAA sebesar 100 mm
- Material perkerasan untuk lapisan *base course* berupa material P-209 dengan tebal minimum perkerasan sesuai standar FAA sebesar 150 mm. Digunakan material P-209 karena material ini sanggup menahan beban berat pesawat kurang dari 100.000 pounds.
- Material *sub base* berupa P-154.
- Jumlah keberangkatan pesawat ATR 72-600 pada landas pacu 3C sebanyak 1920 keberangkatan, dengan *annual growth* sebesar 13,429%. Karena laju pertumbuhan melebihi batas pertumbuhan maksimal sebesar 10%, maka digunakan laju pertumbuhan 10%.
- Berat ATR 72-600 terbesar sebesar 23000 kg

Dengan data input tersebut maka didapatkan hasil analisis sebagai bseperti pada gambar 4.23.



Gambar 4.23 Desain Perkerasan Landas Pacu Pesawat ATR 72-600 di Bandar Udara Tanah Grogot dengan *Subgrade* Sebelum Stabilisasi pada Klasifikasi Landas Pacu 3C

Dengan jumlah keberangkatan dan *annual growth* yang sama pada setiap pesawat maka dilakukan analisis pada titik-titik *subgrade* dengan nilai CBR yang berbeda dan hasilnya disajikan dalam rangkuman tabel.

Tabel 4.35 Rekapitulasi Tebal Perkerasan dengan *Subgrade* Sebelum Stabilisasi pada Landas Pacu 3C

CBR (%)	Tebal Perkerasan (mm)	
	ATR 72-500	ATR-72-600
1,977	799,3	802,4
2,066	785,9	789,1
2,456	727,9	731,5
2,462	727	730,7
2,744	689,3	692,7

4.5.2. Hasil Perencanaan Tebal Perkerasan Menggunakan FAARFIELD pada CBR Tanah Sebelum Stabilisasi dengan Lalu Lintas Pesawat *Traffic Mix*

Pada skenario kedua direncanakan jika landas pacu akan digunakan oleh beberapa jenis pesawat yang artinya, pergerakan total pesawat terdiri atas beberapa jenis pesawat rencana. Pada klasifikasi landas pacu 4C, pesawat rencana tersebut terdiri dari ATR 72-500, ATR 72-600, Boeing 737-500, dan Boeing 737-700. Sedangkan untuk klasifikasi landas pacu 3C, pesawat rencana terdiri dari pesawat ATR 72-500 dan ATR 72-600.

1. Analisis tebal perkerasan pada landas pacu 4C (*traffic mix*)

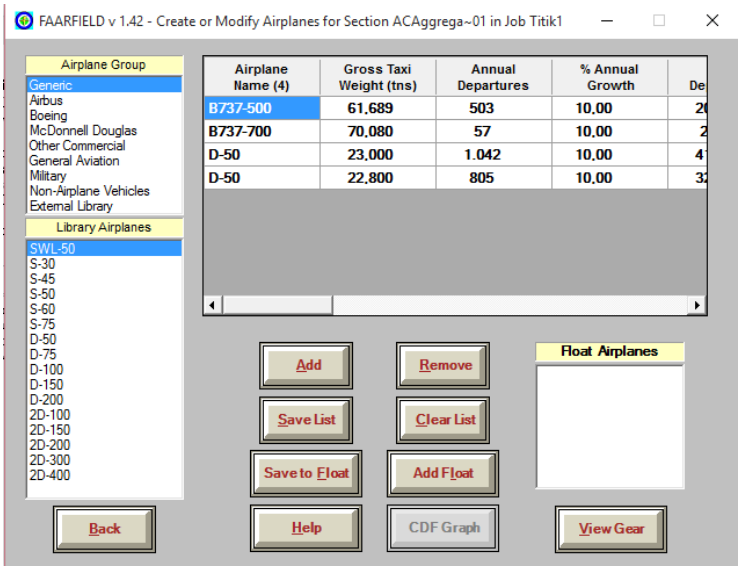
Untuk analisis perkerasan *traffic mix*, terdapat perbedaan input pada kolom pesawat. Pada input *traffic mix*, kolom input pesawat diisi oleh beberapa pesawat dengan jumlah keberangkatan dan *annual growth* yang berbeda. Data input untuk analisis *traffic mix pada* klasifikasi landas pacu 4C adalah sebagai berikut.

- CBR *subgrade* sebelum stabilisasi sebesar 1,977%.
- Jumlah keberangkatan pesawat ATR 72-500 sebesar 805 keberangkatan pesawat, dengan *annual growth* 15,85%. Karena *annual growth* melebihi laju pertumbuhan maksimum FAARFIELD sebesar 10%. Maka *annual growth* digunakan sebesar 10%.
- Jumlah keberangkatan pesawat ATR 72-600 sebesar 1042 keberangkatan pesawat, dengan *annual growth* 15,847%. Karena *annual growth* melebihi laju pertumbuhan maksimum FAARFIELD sebesar 10%. Maka *annual growth* digunakan sebesar 10%.
- Jumlah keberangkatan pesawat B 737-500 sebesar 503 keberangkatan pesawat dengan *annual growth* 15,72%. Karena *annual growth* melebihi laju pertumbuhan maksimum FAARFIELD sebesar 10%. Maka *annual growth* digunakan sebesar 10%.
- Jumlah keberangkatan pesawat B 737-700 sebesar 57 keberangkatan pesawat, dengan *annual growth* 15,55%. Karena

annual growth melebihi laju pertumbuhan maksimum FAARFIELD sebesar 10%. Maka *annual growth* digunakan sebesar 10%.

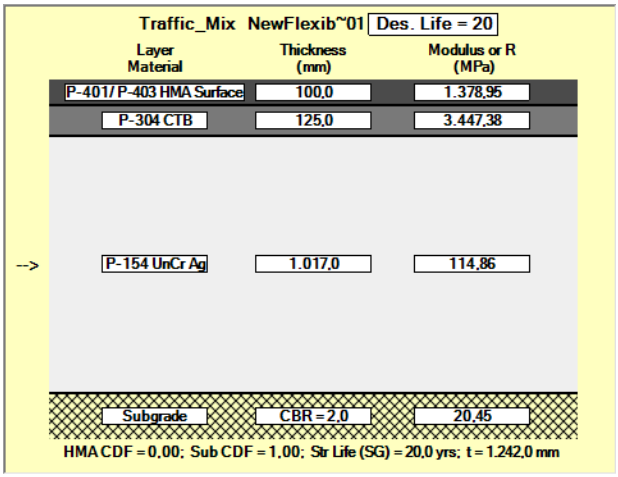
- Material permukaan menggunakan P-401/403 HMA dengan tebal minimum sebesar 100 mm.
- Material *base course* berupa material stabilisasi P-304 CTB dengan tebal minimum sebesar 125 mm.
- Material *sub base* berupa material P-154.

Input pesawat pada *traffic mix* terdapat pada gambar berikut.



Gambar 4.24 Input *Annual Departure* pada Pesawat *Traffic Mix* Landas Pacu 4C

Hasil analisis pada perencanaan tebal perkerasan akibat *traffic mix* dapat diihat pada gambar berikut.



Gambar 4.25 Desain Perkerasan Pesawat Traffic Mix pada Klasifikasi Landas Pacu 4C

Dari hasil analisis pada gambar 4.20 didapatkan tebal total perkerasan akibat beban lalu lintas pesawat campuran sebesar 1242 mm dengan rincian lapisan permukaan (*surface)* material P-401/403 HMA dengan tebal minimum 100 mm (4 in), tebal material base stabilisasi P-304 dengan tebal minimum 125 mm (5 in), dan tebal *sub base* dengan material P-154 (*uncrushed agregat)* sebesar 1017 mm. Pengaruh jenis pesawat pada analisis tebal perkerasan berdasarkan *traffic mix* dapat diketahui dari *CDF contribution*, *CDF contribution* ini menunjukkan nilai kontribusi kerusakan yang dihasilkan oleh pesawat berdasarkan jenisnya terhadap struktur perkerasan. Hasil *CDF contribution* pada perkerasan akibat beban *traffic mix* dapat dilihat pada tabel 4.33 berikut.

Tabel 4.36 Kontribusi CDF *Traffic Mix* Landas Pacu 4C

No	Name	CDF Contribution	CDF Max	P/C Ratio
1	B737500	0,68	0,68	1,16
2	B737700	0,32	0,32	1,13
3	ATR 72-600	0	0	1,24
4	ATR 72-500	0	0	1,24

Dari tabel tersebut diketahui bahwa kontribusi CDF terbesar pada *subgrade* 1,977% diberikan oleh pesawat B 737-500. Selanjutnya, hasil analisis tebal perkerasan pesawat *traffic mix* pada titik CBR lain dapat dilihat pada tabel 4.34 berikut.

Tabel 4.37 Tebal Perkerasan CBR *subgrade* Sebelum Stabilisasi pada Pesawat *Traffic Mix* Landas Pacu 4C

CBR (%)	Tebalperkerasan (mm)
1,977	1242
2,066	1222,1
2,456	1140,1
2,462	1139
2,744	1087,4

2. Analisis tebal perkerasan landas pacu 3C (*traffic Mix)*

   Data input untuk analisis *traffic mix pada* klasifikasi landas pacu 3C adalah sebagai berikut.

   - CBR *subgrade* sebelum stabilisasi sebesar 1,977%.
   - Jumlah keberangkatan pesawat ATR 72-500 sebesar 1546 keberangkatan pesawat, dengan *annual growth* 13,439%. Karena *annual growth* melebihi laju pertumbuhan maksimum FAARFIELD sebesar 10%. Maka *annual growth* digunakan sebesar 10%.

- Jumlah keberangkatan pesawat ATR 72-600 sebesar 423 keberangkatan pesawat, dengan *annual growth* 12,306%. Karena *annual growth* melebihi laju pertumbuhan maksimum FAARFIELD sebesar 10%. Maka *annual growth* digunakan sebesar 10%.
- Material permukaan menggunakan P-401/403 HMA dengan tebal minimum sebesar 100 mm.
- Material *base course* berupa material P-209 dengan tebal minimum sebesar 150 mm.
- Material *sub base* berupa material P-154.

Dari data input tersebut, selanjutnya dilakukan analisis dan didapatkan hasil analisis sebagai berikut.

Tabel 4.38 Tebal Perkerasan CBR *subgrade* Sebelum Stabilisasi pada Pesawat *Traffic Mix* Landas Pacu 3C

CBR (%)	Tebalperkerasan (mm)
1,977	800
2,066	786,7
2,456	728,7
2,462	727,9
2,744	690

Tabel 4.39 Kontribusi CDF *Traffic Mix* Landas Pacu 3C

No	Name	CDF Contribution	CDF Max	P/C Ratio
1	ATR 72-600	0,25	0,25	1,44
2	ATR 72-500	0,75	0,75	1,44

4.6 Stabilisasi Tanah Dasar untuk Meningkatkan Nilai CBR

Stabilisasi merupakan salah satu cara untuk memperbaiki sifat tanah. Proses stabilisasi biasanya memerlukan material alami

ataupun jenis tanah lain untuk mendapatkan gradasi yang diinginkan. Selain itu stabilisasi juga dapat dilakukan dengan menambahkan material lain hasil dari industri dalam bentuk produk jadi maupun limbah yang dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan sifat teknis tanah.

Berdasarkan data tes DCPT yang telah diolah menjadi nilai CBR pada landas pacu Bandar Udara Tanah Paser telah didapatkan nilai CBR Tanah Paser dari 5 titik pengetesan, semuanya berada dibawah 3%. Pada sub bab 4.5 didapatkan tebal perkerasan tertentu akibat pesawat rencana dengan pengaruh kekuatan tanah dasar. Perbaikan atau stabilisasi tanah dasar diharapkan dapat mengurangi kebutuhan tebal perkerasan hasil analisis tersebut.

Pada perencanaan tugas akhir ini proses stabilisasi dilakukan dengan studi kajian terhadap penelitian sebelumnya tentang stabilisasi atau perbaikan tanah dasar dengan metode kimiawi. Dalam studi kasus perencanaan ini diambil tiga jenis metode perbaikan atau stabilisasi tanah dasar secara kimiawi yang didasarkan pada kesamaan jenis tanah yang distabilisasi dan juga keterjangkauan maupun ketersediaan bahan material stabilisasi.

1. Fly Ash dan Bottom Ash (FABA)
   Fly ash dan bottom ash (FABA) merupakan material sisa pembakaran batubara pada pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). Fly ash dan bottom ash merupakan material B3 yang mengandung logam berat dan zat organik PNA (Polynudear-Aromatic) berdasarkan PP 85 Tahun 1999. Menurut SNI 03-6414-2002 Fly Ash merupakan abu hasil pembakaran batu bara pada pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) yang berbentuk partikel halus, bundar dan bersifat pozolanik. Material pozzolanik secara independen tidak bersifat mengikat antar partikel (non-cementitious). Namun jika bereaksi dengan kalsium hidroksida (dengan kelembapan yang cukup dan dalam suhu kamar) dapat membentuk suatu bahan yang bersifat mengikat (cementitious). Fly ash merupakan material halus yang memiliki ukuran 0,5 µm – 300 µm dengan spesific grafity

(Gs) berkisar 1,9 – 2,55 oleh sebab itu fly ash ditemukan di penyaring sebelum stack. Fly ash merupakan bahan tambahan (additive) dalam bidang kontruksi khususnya pada material beton dan bahan perbaikan tanah ekspansif. Sedangkan, bottom ash merupakan material hasil pembakaran batu bara yang memiliki berat dan partikel yang lebih besar dari fly ash sehingga pada proses pembakaran batu bara, bottom ash akan jatuh di tungku pembakaran. Bottom ash dibagi menjadi dua jenis yakni dry bottom ash dan wet bottom ash, untuk dry bottom ash memiliki Gs 2,1 – 2,7 dan wet bottom ash memiliki Gs 2,3 – 2,9. Ketersediaan material stabilisasi untuk perencanaan stabilisasi pada tanah dasar Bandar Udara Tanah Grogot menggunakan Bottom ash dan fly ash dapat diperoleh pada PLTU Teluk Balikpapan, PLTU Bontang, PLTU Asam Asam Kalimantan Selatan, dan PLTU Pulau Pisang Kalimantan Tengah.

2. POFA dan Batu Kapur

POFA atau Palm Oil Fuel/Fly Ash, merupakan material limbah dari proses pengolahan industri kelapa sawit pada suhu 800 – 1000 °C. POFA merupakan material limbah yang pengelolaannya belum baik, pada saat POFA sudah banyak biasanya akan dihamparkan pada ladang – ladang terbuka sehingga ketika musim kemarau tiba berpotensi menyebabkan permasalahan lingkungan seperti kabut asap. POFA mengandung kandungan silika sehingga berguna sebagai material pozzolan. Dari penelitian yang dilakukan oleh Yuliana, Muhardi, & Fatnanta (2013) didapatkan nilai spesific gravity (Gs) dari POFA sebesr 2,47. Karena bersifat pozzolanik, material POFA dalam berbagai penelitian kerap diuji untuk campuran beton untuk menggantikan semen maupun penelitian untuk stabilisasi tanah. Selain itu, ketersediaan material POFA khususnya di provinsi Kalimantan Timur sangat melimpah karena berdasarkan data situs pemerintahan Kalimantan timur terdapat 78 pabrik kelapa sawit. Berdasarkan hal tersebut,

kemungkinan penggunaan material stabilisasi menggunakan POFA pada tanah dasar Bandar Udara Tanah Grogot dapat dipertimbangkan.

Batu kapur merupakan material yang berasal dari sedimen berwarna putih dan halus yang tersusun dan dari mineral kalsium. Senyawa utama penyusun dari kapur adalah kalsium karbonat (gamping), kalsium oksida (kapur tohor), dan klasium hidroksida(kapur mati) dan juga kadang tercampur dengan mineral magnesium (dolomit). Penggunaan batu kapur sebagai bahan stabilisasi kerap dilakukan pada tanah berbutir dan sudah banyak sekali penelitian maupun perbaikan yang berhasil melakukan perbaikan tanah dasar dengan batu kapur khususnya pada jalan raya. Pengaturan bahan stabilisasi tanah dasar dengan kapur telah diatur dengan SNI 03-4147-1996. Menurut Dr. Pindi Setiawan peneliti dari ITB, dilansir dari detikfinance.com cadangan karst di Pulau Kalimantan mencapai 8,2 miliar ton meskipun proses eksplorasi maupun eksploitasi dalam maksud pendayagunaan belum dapat dilakukan karena dikhawatirkan dapat mempengaruhi lingkungan.

3. Semen Portland (OPC)

Semen Portland (OPC) menurut SNI 15-2049-2004 adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain. Pada semen OPC (Ordinary Portland Cement) terdapat 4 jenis pengelompokan

1. Jenis I, yaitu semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.

2. Jenis II yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
3. Jenis III semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Jenis IV yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah.
5. Jenis V yaitu semen portland yang dalam penggunaanya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

Semen dapat digunakan sebagai material stabilisasi karena mengandung silikat yang dapat mengeras dan bersifat mengikat partikel tanah. Karena bersifat mengikat partikel tanah sehingga tanah memadat, menurut beberapa penelitian semen dapat digunakan sebagai bahan stabilisasi pada tanah ekspansif (swelling soil). Ketersediaan semen sebagai material stabilisasi pada perencanaan Bandar Udara Tanah Grogot cukup tersedia karena terdapat beberapa pabrik semen di pulau Kalimantan seperti PT Semen Tiga Roda Kabupaten Kotabaru Provinsi Kalimantan Selatan, PT Semen Semeru Kabupaten Kutai Kartanegara, dan Packing Plant Semen Bosowa Kota Samarinda Kalimantan Timur. Namun penggunaan semen untuk bahan stabilisasi tidak direkomendasikan karena semen merupakan produk jadi yang harganya cukup mahal. Sehingga jika diimplementasikan kemungkinan membutuhkan biaya yang besar.

4.6.1 Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Fly Ash dan Bottom Ash (Fauzi, Nazmi & Fauzi, 2011)

Salah satu metode stabilisasi tanah lempung secara kimiawi adalah menggunakan material *fly ash* dan *bottom ash*. Material *fly ash* dan *bottom ash* adalah material residu pembakaran batu bara pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Pada kajian penelitian kali ini didapatkan data - data mengenai tanah dan material yang digunakan. Tanah yang digunakan merupakan jenis

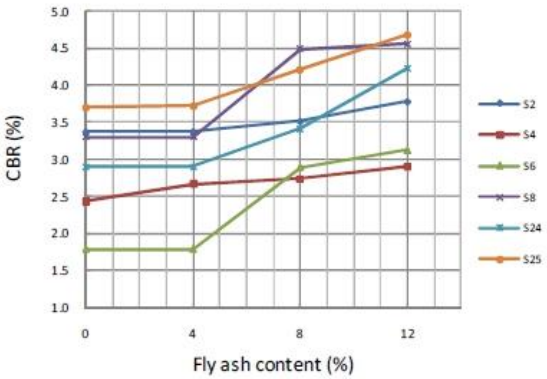
tanah yang sama yakni tanah lempung dengan karakteristik tanah sebagai berikut.

Tabel 4.40 Karakteristik Tanah Sampel
(Fauzi, Nazmi & Fauzi, 2011)

Sampel	LL	PL	Gs	CBR
S2	63,5	37,8	2,67	3,38%
S4	30,5	11,56	2,65	2,42%
S6	51,5	14,5	2,66	1,75%
S8	53,5	14,83	2,78	3,30%
S24	47,5	12,58	2,65	2,90%
S25	40	12,58	2,64	3,70%

Tanah tersebut diklasifikasikan menurut AASHTO dengan A-7-6 dimana tanah sampel lolos ayakan nomor 200 dengan persentase diatas 36%, dengan nilai PI (Plasticity Index) > LL (Liquid Limit)-30 atau PL (Plastic Limit) < 30.

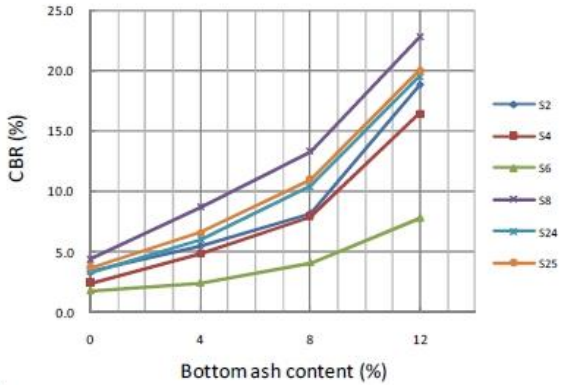
Penelitian ini menggunakan variabel bebas berupa kadar *fly ash* dan *bottom ash* sebanyak 4%,8%, dan 12% dan bertujuan mengetahui material apa yang dapat meningkatkan nilai CBR secara optimum dari tanah lempung yang diuji. Berikut hasil dari penelitian tersebut.



Gambar 4.26 Hasil Nilai CBR dengan Penambahan *Fly Ash*
(Fauzi, Nazmi & Fauzi, 2011)

Dari grafik tersebut memang nilai pasti CBR tidak dapat diketahui dengan jelas jadi penentuan nilai pasti berdasarkan perkiraan, namun bisa dilihat pada kadar *fly ash* 4% hampir semua sampel terlihat nilai CBRnya tidak berubah kecuali pada sampel S4. Untuk kadar 8% terdapat kenaikan yang signifikan pada sampel S6 dari 1,75% sampai 2,9% dan pada sampel S8 dari 3,30% sampai 4,5%. Selanjutnya pada kadar *fly ash* sebanyak 12% terjadi kenaikan nilai CBR secara signifikan pada sampel S24 dari 3,38% sampai 4,25%. Dari peningkatan secara signifikan tersebut dipilih berdasarkan peningkatan optmimum.

- Sampel S6 dari 1,75% sampai 2,9% dengan kadar *fly ash* 8%, persentase kenaikan = 61,1%
- Sampel S8 dari 3,30% sampai 4,5% dengan kadar *fly ash* 8%, persentase kenaikan = 36,4%
- Sampel S24 dari 3,38% sampai 4,25% dengan kadar *fly ash* 12%, persentase kenaikan = 25,7%



Gambar 4.27 Hasil Nilai CBR dengan Penambahan Bottom Ash (Fauzi, Nazmi & Fauzi, 2011)

Dari hasil penelitian peningkatan nilai CBR tanah lempung dengan *bottom ash* dapat dilihat pada gambar 4.23 hampir semua sampel mengalami kenaikan yang signifikan.

- Pada sampel S2 terdapat kenaikan nilai CBR cukup signifikan dari CBR awal 3,38% sampai 18,5% dengan kadar *bottom ash* sebanyak 12%, persentase kenaikan = 447,38 %.
- Pada sampel S4 terdapat kenaikan nilai CBR cukup signifikan dari CBR awal 2,24% sampai 16,5% dengan kadar *bottom ash* sebanyak 12%, persentase kenaikan = 636,61 %.
- Pada sampel S6 terdapat kenaikan nilai CBR cukup signifikan dari CBR awal 1,75% sampai 7,5% dengan kadar *bottom ash* sebanyak 12%, persentase kenaikan = 328,57 % .
- Pada sampel S8 terdapat kenaikan nilai CBR cukup signifikan dari CBR awal 3,30% sampai 22,5% dengan kadar *bottom ash* sebanyak 12%, persentase kenaikan = 581,82 %.
- Pada sampel S24 terdapat kenaikan nilai CBR cukup signifikan dari CBR awal 2,90% sampai 19,5% dengan kadar *bottom ash* sebanyak 12%, persentase kenaikan = 572,41 %.
- Pada sampel S25 terdapat kenaikan nilai CBR cukup signifikan dari CBR awal 3,30% sampai 20% dengan kadar *bottom ash* sebanyak 12%, persentase kenaikan = 506,06 %.

Dari material stabilisasi pada penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa

1. material *fly ash* meningkatkan nilai CBR tanah lempung sebanyak 61,6% dari nilai CBR awal dengan kadar *fly ash* paling optimum 8% pada sampel S6.
2. material *bottom ash* meningkatkan nilai CBR tanah lempung dengan kadar optimum sebesar 12% pada sampel S4 dari nilai CBR awal 2,24% menjadi 16,5% dengan kenaikan sebesar 636,61%.
3. Material *bottom ash* lebih baik untuk meningkatkan nilai CBR tanah lempung dibandingkan material *fly ash.*

Setelah didapatkan nilai optimum dari stabilisasi menggunakan material tertentu, selanjutnya dicari nilai CBR melalui persentase hasil stabilisasi paling optimum menggunakan CBR awal tanah lempung Bandar Udara Tanah Paser. Dari beberapa sampel didapat hasil seperti berikut.

Tabel 4.41 Nilai CBR dengan Stabilisasi Bottom Ash

Sampel	**CBR awal**	**Kenaikan Optimum (%)**	**CBR Stabilisasi**
Titik 16 :	2,46%	636,61%	15,67%
Titik 17 :	2,07%	636,61%	13,15%
Titik 18 :	2,46%	636,61%	15,64%
Titik 19 :	2,74%	636,61%	17,47%
Titik 20 :	1,98%	636,61%	12,59%

Meskipun jenis tanahnya sama yakni tanah lempung, mungkin pada penerapan yang sesungguhnya akan terjadi perbedaan nilai CBR hal ini dikarenakan parameter sifat mekanis tanah yang berbeda.

4.6.2 Peningkatan nilai CBR tanah lempung menggunakan batu kapur dan Palm Oil Fly Ash (POFA) + Batu Kapur. (Khalid, Arshad, Mukri, Kamarudin, & Ghani, 2014)

Salah satu metode dalam meningkatkan nilai CBR tanah adalah menggunakan material tambahan berupa batu kapur. Penggunaan material batu kapur untuk stabilisasi sudah cukup sering dilakukan, oleh sebab itu perlu perlakuan lain dengan menambahkan material tambahan. Salah satunya dengan menambahkan material *palm oill fly ash* (POFA). POFA merupakan *fly ash* hasil limbah pengolahan minyak sawit.

Material POFA merupakan material yang dapat digunakan sebagai material pozzolan, karena POFA mempunyai kandungan berupa silika dioksida dan alumina trioksida yang tinggi. Kadar

silika dan alumina dioksida yang tinggi berfungsi sebagai pengganti semen. Penggunaaan batu kapur sebagai bahan stabilisasi tanah lempung dapat menghasilkan pengikat akibat reaksi kimia dari silikat dengan mineral dan pembentukan kalsium hidroksida dapat terjadi akibat proses hidrasi saat kapur dicampurkan ke tanah lempung. Penelitian yang dilakukan oleh Khalid, Arshad, Mukri, Kamarudin, & Ghani, (2014) menggunakan metode dimana sampel tanah semua diberi perlakuan dengan penambahan 6% batu kapur serta dengan variabel bebas berupa kadar POFA 2%, 3%, 4%, 5%. Penelitian ini didasarkan pada BS1337-4:1990. Penelitian menggunakan dua jenis kondisi yakni dengan sampel yang melalui pemeraman dan sampel yang tidak melalui pemeraman.

Tabel 4.42 Nilai CBR Sampel Tanah Lempung + Batu Kapur (Khalid, Arshad, Mukri, Kamarudin, & Ghani, 2014)

Sampel	**California Bearing Ratio**	
	Tidak Diperam	**Pemeraman**
Tanah Lempung	49%	16,82%
Tanah Lempung + Batu Kapur 6%	60%	36,70%
Tanah Lempung + Batu Kapur 6% + POFA 2%	83,87%	61%
Tanah Lempung + Batu Kapur 6% + POFA 3%	105%	69,80%
Tanah Lempung + Batu Kapur 6% + POFA 4%	87%	59,09%
Tanah Lempung + Batu Kapur 6% + POFA 5%	55,25%	47,13%

Dari hasil tes CBR yang dilakukan pada dua sampel dengan kondisi yang berbeda didapat kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai CBR pada kondisi tanpa pemeraman lebih tinggi dibandingkan dengan nilai CBR dengan pemeraman.
2. Nilai CBR optimum didapatkan pada sampel tanah lempung + batu kapur dengan kadar POFA sebanyak 3% baik dalam kondisi pemeraman maupun tanpa pemeraman.

3. Peningkatan nilai CBR sampel tanah lempung + batu kapur + POFA 3% pada kondisi pemeraman sebesar 337% dan tanpa pemeraman sebesar 116%, dibandingkan dengan nilai CBR awal tanah lempung.
4. Peningkatan nilai CBR sampel tanah lempung + batu kapur + POFA 3% pada keadaan pemeraman sebesar 46% dan tanpa pemeraman sebesar 77% dibandingkan dengan nilai CBR awal tanah lempung + batu kapur.

Setelah didapatkan nilai optimum dari stabilisasi menggunakan material tertentu, selanjutnya dicari nilai CBR melalui persentase hasil stabilisasi paling optimum menggunakan CBR awal tanah lempung Bandar Udara Tanah Paser. Dari beberapa sampel didapat hasil seperti berikut.

Tabel 4.43 Nilai CBR Tanah Grogot dengan Stabilisasi Kapur dan POFA

Sampel	**CBR Awal**	**Nilai CBR Akibat Persentase Kenaikan**	
		Pemeraman	**Tidak Diperam**
		337%	**116%**
Titik 16	2,462%	8,297%	2,856%
Titik 17	2,066%	6,962%	2,397%
Titik 18	2,456%	8,277%	2,849%
Titik 19	2,744%	9,247%	3,183%
Titik 20	1,977%	6,662%	2,293%

Karena pada keadaan pemeraman peningkatan lebih optimum maka diambil hasil sampel pada keadaan pemeraman. Berdasarkan kajian tersebut meskipun jenis tanahnya sama yakni tanah lempung, mungkin pada penerapan yang sesungguhnya akan terjadi perbedaan nilai CBR hal ini dikarenakan parameter sifat fisis dan mekanis tanah yang berbeda.

4.6.3 Penggunaan semen sebagai material stabilisasi pada tanah lempung terhadap nilai CBR tanah (Andriani, Yuliet, & Fernandez, 2012)

Salah satu metode stabilisasi tanah lempung secara kimiawi adalah menggunakan material semen. Semen berfungsi sebagai pengikat yang mengikat fragmen-fragmen mineral pada tanah lempung. Semen yang digunakan pada penelitian ini jenis semen portland tipe 1. Semen portland merupakan semen hidrolis yang dapat bereaksi dengan air dan menghasilkan produk tahan air.

Penambahan semen ke dalam tanah lempung maupun pasir dapat meningkatkan kepadatan maksimum tanah tersebut. Pada penelitian ini diberlakukan penambahan semen ke dalam tanah lempung daerah lambung bukik dengan kadar 5%, 10%, 15%, 20% dengan masa pemeraman selama 3 hari. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat fisis tanah dan mengetahui pengaruh semen terhadap tanah lempung, sehingga dapat diketahui perbedaan nilai CBR sebelum dan sesudah stabilisasi. Hasil pengujian awal mengenai sifat fisis dan mekanis tanah dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.44 Hasil Pengujian Sifat Fisis dan Mekanik Tanah Lempung Lambung Bukik .
(Andriani, Yuliet, & Fernandez, 2012)

No	Pengujian	Hasil
1	Kadar Air(%)	58,121
2	Berat Volume(gr/cm^3)	1,831
3	Berat Jenis	2,587
4	Batas Cair	82,843
5	Batas Plastis (%)	56,291
6	Indeks Plastisitas(%)	26,553
7	OMC (%)	37,5
8	Lolos Saringan no.200(%)	96,733
9	ϒdry maks. (gr/cm^3)	1,23

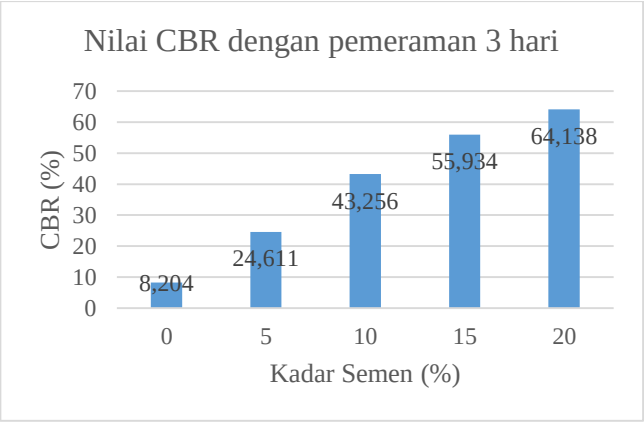
Tabel 4.44 Hasil Pengujian Sifat Fisis dan Mekanik Tanah Lempung Lambung Bukik .(Lanjutan)

No	Pengujian	Hasil
10	CBR(%)	8,204

Setelah melalui penelitian dengan penambahan kadar semen 5%,10%,15%, dan 20% didapatkan nilai CBR sebagai berikut.

Tabel 4.45 Persentase Kenaikan Nilai CBR (Andriani, Yuliet, & Fernandez, 2012)

No	Kadar Semen(%)	CBR (%)	Persentase kenaikan (%)
1	0	8,204	0
2	5	24,611	328,14
3	10	43,256	186,45
4	15	55,934	84,52
5	20	64,138	41,02



Gambar 4.28 Grafik CBR sesudah distabilisasi (Andriani, Yuliet, & Fernandez, 2012)

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa penambahan semen portland tipe 1 pada tanah lempung dapat meningkatkan kekuatan tanah dasarnya, yang diukur dari meningkatnya nilai CBR tanah tersebut. Peningkatan nilai CBR pada tanah lempung lambung bukik ini berbanding lurus dengan kadar semen yang ditambahkan, semakin banyak kadar semen yang ditambahkan, maka semakin meningkat pula nilai CBRnya. Kenaikan nilai CBR paling signifikan terjadi pada penambahan semen sebanyak 5% dengan kenaikan persentase sebesar 328,14%. Setelah persentase kenaikan nilai CBR didapatkan, maka perlu data tersebut diterapkan pada data CBR Tanah Paser. Hasil penerapan nilai CBR dapat dilihat pada tabel 4.27

Tabel 4.46 Kenaikan Nilai CBR Tanah Grogot dengan Stabilisasi Semen

Sampel	**CBR Awal**	**Persentase kenaikan (%)**	**CBR (%)**
Titik 16	2,462%	328,14	8,08
Titik 17	2,066%	328,14	6,78
Titik 18	2,456%	328,14	8,06
Titik 19	2,744%	328,14	9,00
Titik 20	1,977%	328,14	6,49

Meskipun jenis tanahnya sama yakni tanah lempung, mungkin pada penerapan yang sesungguhnya akan terjadi perbedaan nilai CBR hal ini dikarenakan parameter sifat fisis dan mekanis tanah yang berbeda. Berdasarkan ketiga metode stabilisasi didapatkan rekapitulasi CBR sesudah stabilisasi yang dapat dilihat pada tabel 4.45 berikut.

Tabel 4.47 Rekapitulasi Nilai CBR Hasil Stabilisasi

Sampel	CBR Awal	CBR Sesudah Stabilisasi		
		Fly Ash & Bottom Ash	POFA+Kapur	Semen
Titik 16	2,462%	15,673%	8,297%	8,079%
Titik 17	2,066%	13,152%	6,962%	6,779%
Titik 18	2,456%	15,635%	8,277%	8,059%
Titik 19	2,744%	17,469%	9,247%	9,004%
Titik 20	1,977%	12,586%	6,662%	6,487%

Pada hasil tersebut, didapatkan nilai CBR setelah stabilisasi. Nilai CBR tersebut perlu disederhanakan untuk memudahkan implementasi di lapangan, dan juga perbedaan hasil tebal perkerasan menggunakan FAARFIELD untuk nilai CBR dengan 3 digit angka dibelakang koma perbedaannya tidak terlalu signifikan. Oleh sebab itu, penulisan nilai CBR pada hasil rekapitulasi disederhanakan dengan tetap memperhatikan input di program FAARFIELD sesuai dengan hasil CBR setelah stabilisasi.

4.7 Perencanaan Tebal Perkerasan Menggunakan Program FAARFIELD berdasarkan CBR Tanah Stabilisasi.

Untuk mengetahui kebutuhan tebal perkerasan pada rencana landas pacu Bandar Udara Tanah Grogot setelah kekuatan tanah dasarnya diperbaiki, maka dilakukan analisis menggunakan FAARFIELD dengan input nilai CBR akibat perbaikan tanah dasar (stabilisasi). Pada perencanaan tebal perkerasan dengan tanah dasar yang sudah distabilisasi ini dilakukan dengan dua skenario. Skenario pertama analisis tebal perkerasan direncanakan jika landas pacu akan dilewati satu jenis pesawat, dengan begitu pergerakan total pesawat dianggap dilewati oleh satu jenis pesawat. Skenario yang kedua direncanakan jika pergerakan total pesawat terdiri dari beberapa jenis pesawat (*traffic mix)*. Pesawat untuk skenario yang kedua merupakan pesawat ATR 72-500, ATR 72-

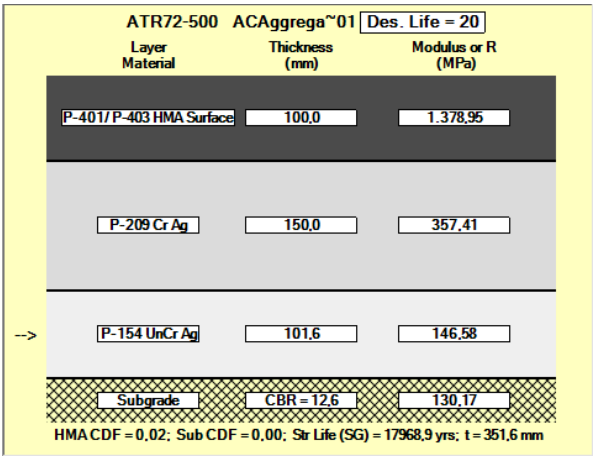
600, Boeing 737-500, dan Boeing 737-700. Selanjutnya analisis tebal perkerasan juga dilakukan berdasarkan hasil beberapa metode stabilisasi.

4.7.1 Hasil Perencanaan Tebal Perkerasan pada CBR Tanah Stabilisasi menggunakan Bottom Ash, POFA + Batu Kapur, dan Semen dengan Lalu Lintas Satu Jenis Pesawat.

Setelah mendapatkan nilai CBR dari kajian pustaka pada stabilisasi menggunakan *bottom ash*, POFA + batu kapur, dan semen, selanjutnya dilakukan analisis tebal perkerasan berdasarkan nilai CBR tersebut. Analisis ini dilakukan sesuai dengan skenario pertama dimana pergerakan total pesawat dianggap diwakili oleh satu jenis pesawat saja, dengan nilai *annual departure*, *annual growth* dan berat pesawat yang sama. Analisis dilakukan pada klasifikasi landas pacu 4C dan 3C

1. Analisis tebal perkerasan *subgrade* stabilisasi pada klasifikasi landas pacu 4C dengan pesawat ATR 72-500.

   Pada analisis pertama dilakukan pada pesawat ATR 72-500 dengan nilai CBR subgrade hasil stabilisasi *bottom ash* dan dengan input material, jumlah keberangkatan, dan *annual growth* yang sama seperti pada sub bab 4.5.1. berikut gambar hasil analisis pada pesawat ATR 72-500.



Gambar 4.29 Desain Perkerasan pada Tanah Stabilisasi Bottom Ash dengan ATR 72-500 Klasifikasi Landas Pacu 4C

Dari hasil analisis tebal perkerasan dengan nilai CBR sebesar 12,586% pada pesawat ATR 72-500, dapat kita lihat bahwa tebal perkerasan tiap lapisan mencapai persyaratan tebal minimum. Hal ini ditunjukkan dengan nilai Sub CDF atau CDF tanah dasar bernilai 0,00. Hal ini menunjukkan bahwa tanah dasar (*subgrade*) sama sekali tidak mengalami kelelahan (*fatigue*) oleh beban pesawat dan *annual departure* yang diakibatkan oleh pesawat ATR 72-500. Sub CDF bernilai 0,00 memiliki arti bahwa pada standar umur perkerasan rencana 20 tahun, perkerasan masih memiliki 100% umur layan. Berdasarkan hasil analisis *life/compaction*, struktur perkerasan tersebut diperkirakan mencapai umur perkerasan selama 17968 tahun. Hal ini terjadi karena beban pesawat dan jumlah keberangkatannya lebih kecil dibandingkan dengan beban dan jumlah keberangkatan pesawat yang sanggup diterima oleh kekuatan tanah dasar.

Dari hasil analisis pada titik lainnya didapatkan hasil yang sudah direkapitulasi pada tabel berikut.

Tabel 4.48 Tebal Perkerasan Tanah Stabilisasi Bottom Ash pada ATR 72-500 Klasifikasi Landas Pacu 4C

CBR (%)	Tebal Perkerasan (mm)
12	351,6
13	351,6
15	351,6
15	351,6
17	351,6

Selanjutnya dilakukan analisis tebal perkerasan akibat tanah distabilisasi POFA dan stabilisasi semen pada pesawat ATR 72-500, dengan input jumlah keberangkatan dan *annual growth* yang sama dengan sub bab 4.5.1 didapatkanlah hasil yang sudah direkapitulasi pada tabel berikut.

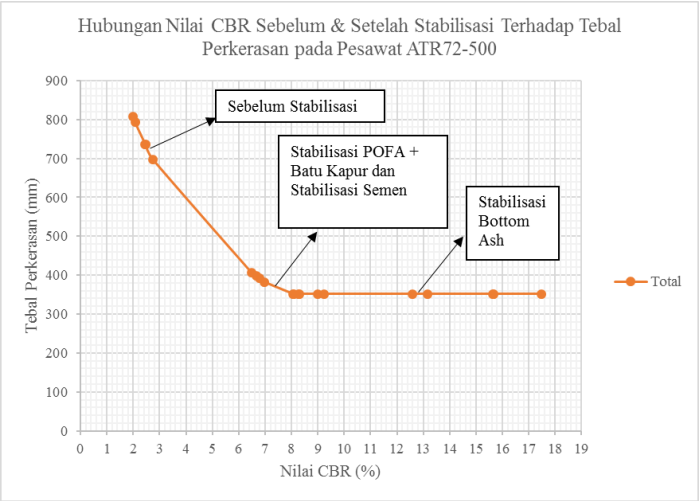
Tabel 4.49 Tebal Perkerasan Tanah Stabilisasi POFA + Batu Kapur pada ATR 72-500 Klasifikasi Landas Pacu 4C

CBR (%)	Tebal Perkerasan (mm)
6	397,3
7	382,6
8	351,6
8	351,6
9	351,6

Tabel 4.50 Tebal Perkerasan Tanah Stabilisasi Semen ATR 72-500 Klasifikasi Landas Pacu 4C

CBR (%)	Tebal Perkerasan (mm)
6	406,2
7	391,5
8	351,6
8	351,6
9	351,6

Dari hasil rekapitulasi tersebut lalu diubah menjadi grafik hubungan tebal perkerasan terhadap nilai CBR hasil stabilisasi



Gambar 4.30 Grafik Hubungan Tebal Perkerasan Terhadap Nilai CBR Sebelum dan Sesudah Stabilisasi pada Pesawat ATR 72-500

Dari grafik tersebut terlihat, pada nilai CBR yang rendah, perbedaan tebal perkerasan cukup signifikan, hal itu ditunjukkan dengan bentuk grafik yang curam. Sedangkan

untuk nilai CBR yang besar perbedaan tebal perkerasan tidak begitu besar hal ini bisa dilihat dari grafik yang melandai. Berdasarkan grafik tersebut, nilai CBR yang dibutuhkan untuk mencapai titik dimana tebal perkerasan memenuhi persyaratan minimum adalah pada nilai CBR 7,8-8%.

2. Analisis tebal perkerasan *subgrade* stabilisasi pada klasifikasi landas pacu 4C dengan pesawat ATR 72-600

   Selanjutnya analisis dilakukan pada pesawat jenis ATR 72-600 dengan nilai CBR hasil stabilisasi menggunakan *bottom ash* dan jumlah keberangkatan pesawat, *annual growth*, tipe material yang sama dengan sebelum tanah dasar distabilisasi. Hasil analisis dapat dilihat tabel berikut.

Tabel 4.51 Tebal Perkerasan Tanah Stabilisasi Bottom Ash akibat ATR 72-600 pada Klasifikasi Landas Pacu 4C

CBR (%)	Tebal Perkerasan (mm)
12	351,6
13	351,6
15	351,6
15	351,6
17	351,6

Dari hasil analisis tebal perkerasan dengan *subgrade* hasil stabilisasi *bottom ash* pada pesawat ATR 72-600 dapat kita lihat bahwa tebal perkerasan tiap lapisan juga mencapai persyaratan tebal minimum. Hal ini dapat terjadi karena beban pesawat dan jumlah keberangkatannya lebih kecil dibandingkan dengan beban dan jumlah keberangkatan pesawat yang sanggup diterima oleh kekuatan tanah dasar.

Analisis selanjutnya dilakukan berdasarkan tanah dasar stabilisasi menggunakan POFA + batu kapur dan semen. Hasil analisis dapat dilihat pada tabel 4.47 dan 4.48 berikut.

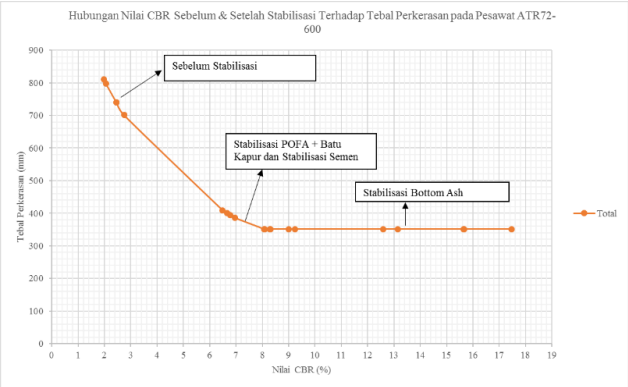
Tabel 4.52 Tebal Perkerasan Tanah Stabilisasi POFA + Batu Kapur akibat ATR 72-600 pada Klasifikasi Landas Pacu 4C

CBR (%)	Tebal Perkerasan (mm)
6	400,4
7	385,6
8	351,6
8	351,6
9	351,6

Tabel 4.53 Tebal Perkerasan Tanah Stabilisasi Semen akibat ATR 72-600 pada Klasifikasi Landas Pacu 4C

CBR (%)	Tebal Perkerasan (mm)
6	409,3
7	394,5
8	351,6
8	351,6
9	351,6

Dari tabel tersebut lalu dibuat grafik hubungan perkerasan dengan nilai CBR berdasarkan pesawat rencana, gambar tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.31 Grafik Hubungan Tebal Perkerasan dengan Nilai CBR akibat pesawat ATR 72-600 pada Klasifikasi Landas Pacu 4C

Dari grafik tersebut terlihat, pada nilai CBR yang rendah, perbedaan tebal perkerasan cukup signifikan, hal itu ditunjukkan dengan bentuk grafik yang curam. Sedangkan untuk nilai CBR yang besar perbedaan tebal perkerasan tidak begitu besar hal ini bisa dilihat dari grafik yang melandai. Berdasarkan grafik tersebut, nilai CBR yang dibutuhkan untuk mencapai tebal perkerasan dengan persyaratan minimum adalah pada nilai CBR 8%.

3. Analisis tebal perkerasan subgrade stabilisasi pada klasifikasi landas pacu 4C dengan pesawat B 737-500.

   Selanjutnya dilakukan analisis pada pesawat Boeing 737-500 dengan tanah *subgrade* hasil stabilisasi *bottom ash.* Input jumlah keberangkatan, *annual growth,* dan tipe material sama seperti pada tanah sebelum stabilisasi. Hasil analisis dapat dilihat pada tabel 4.49 berikut.

Tabel 4.54 Tebal Perkerasan Tanah Dasar Stabilisasi Bottom Ash akibat Pesawat B 737-500 pada Klasifikasi Landas Pacu 4C

CBR (%)	Tebal Perkerasan (mm)
12	351,4
13	337,8
15	326,6
15	326,6
17	326,6

Selanjutnya dilakukan analisis juga pada tanah stabilisasi menggunakan POFA + batu kapur dan semen. Hasil analisis tersebut dapat dilihat pada tabel 4.50 dan 4.51 berikut.

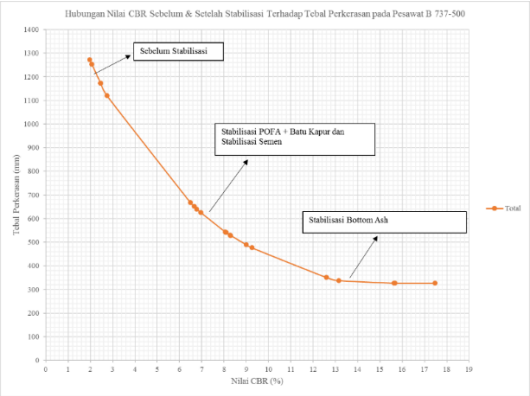
Tabel 4.55 Tebal Perkerasan Tanah Dasar Stabilisasi POFA + Batu kapur akibat Pesawat B 737-500 pada Klasifikasi Landas Pacu 4C

CBR(%)	Tebal Perkerasan (mm)
6	651,4
7	625,3
8	530,1
8	528,9
9	476,6

Tabel 4.56 Tebal Perkerasan Tanah Dasar Stabilisasi Semen akibat Pesawat B 737-500 pada Klasifikasi Landas Pacu 4C

CBR (%)	Tebal Perkerasan (mm)
6	668,2
7	640,2
8	543,2
8	542,1
9	489,3

Dari hasil tersebut kemudian disusunlah grafik hubungan tebal perkerasan dengan nilai CBR akibat pesawat B 737-500.



Gambar 4.32 Grafik Hubungan Tebal Perkerasan dengan Nilai CBR akibat Pesawat B 737-500 pada Klasifikasi Landas Pacu 4C

Tebal total perkerasan akibat pesawat Boeing 737-500 pada nilai CBR yang besar lebih kecil dibandingkan tebal perkerasan akibat pesawat ATR 72-500 dan ATR 72-600, hal ini terjadi karena persyaratan tebal minimum untuk lapisan *base course* yang distabilisasi lebih kecil dibandingkan lapisan *base course* yang tidak distabilisasi. Hasil grafik menunjukkan, pada nilai CBR sebelum stabilisasi, perbedaan nilai CBR dapat memberikan penurunan tebal perkerasan secara signifikan dan hal itu ditunjukkan dengan gambar grafik yang curam. Setelah tanah dasar distabilisasi, perbedaan antara nilai CBR menyebabkan tebal perkerasan mengalami penurunan yang tidak begitu signifikan yang ditunjukkan dengan grafik yang mulai melandai. Garis grafik menjadi konstan pada nilai CBR

15%, karena pada nilai CBR tersebut tebal perkerasan sudah mencapai tebal persyaratan minimum.

4. Analisis tebal perkerasan subgrade stabilisasi pada klasifikasi landas pacu 4C dengan pesawat B 737-700

Selanjutnya dilakukan analisis pada pesawat Boeing 737-700 dengan tanah *subgrade* hasil stabilisasi *bottom ash.* Input jumlah keberangkatan, *annual growth,* dan tipe material sama seperti pada tanah sebelum stabilisasi. Hasil analisis dapat dilihat pada tabel 4.52 berikut.

Tabel 4.57 Tebal Perkerasan Tanah Dasar Stabilisasi Bottom Ash akibat Pesawat B 737-700 pada Klasifikasi Landas Pacu 4C

CBR (%)	Tebal Perkerasan (mm)
12	386,3
13	371,7
15	326,6
15	326,6
17	326,6

Selanjutnya dilakukan analisis juga pada tanah stabilisasi menggunakan POFA + batu kapur dan semen. Hasil analisis tesebut dapat dilihat pada tabel 4.53 dan 4.54 berikut.

Tabel 4.58 Tebal Perkerasan Tanah Dasar Stabilisasi POFA + Batu kapur akibat Pesawat B 737-700 pada Klasifikasi Landas Pacu 4C

CBR(%)	Tebal Perkerasan (mm)
6	690,4
7	664
8	570,7

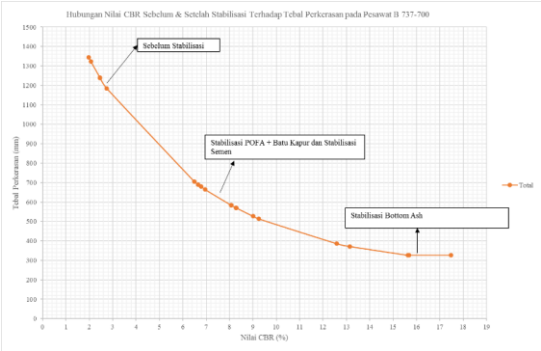
Tabel 4.58 Tebal Perkerasan Stabilisasi POFA + Batu kapur akibat Pesawat B 737-700 pada Landas Pacu 4C (Lanjutan)

CBR(%)	Tebal Perkerasan (mm)
8	569,3
9	513,9

Tabel 4.59 Tebal Perkerasan Tanah Dasar Stabilisasi Semen akibat Pesawat B 737-700 pada Klasifikasi Landas Pacu 4C

CBR (%)	Tebal Perkerasan (mm)
6	706,2
7	680
8	584,4
8	583
9	527,4

Dari hasil tersebut kemudian disusunlah grafik hubungan tebal perkerasan dengan nilai CBR akibat pesawat B 737-700.

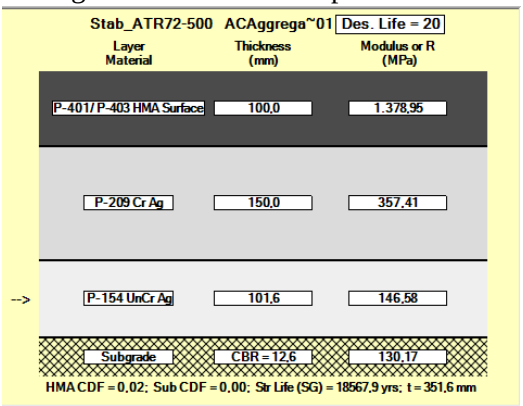


Gambar 4.33 Grafik Hubungan Tebal Perkerasan dengan Nilai CBR akibat Pesawat B 737-700 pada Klasifikasi Landas Pacu 4C

Dari grafik 4.37 tersebut menunjukkan, semakin kecil kekuatan tanah dasar, maka semakin besar kebutuhan ketebalan perkerasannya. Pada tebal perkerasan sebelum distabilisasi, grafik hubungan tebal perkerasan terlihat curam, sedangkan setelah stabilisasi menggunakan *bottom ash*, grafik terlihat landai dan cenderung konstan. Perubahan grafik dari curam ke landai terjadi karena seiring besar kekuatan tanah dasar. Berdasarkan grafik tersebut, tebal perkerasan akan mencapai ketebalan minimum pada saat nilai CBR sebesar 15,5%.

5. Analisis tebal perkerasan *subgrade* stabilisasi pada klasifikasi landas pacu 3C dengan pesawat ATR 72-500.

   Analisis dilakukan pada pesawat ATR 72-500 dengan nilai CBR *subgrade* hasil stabilisasi *bottom ash* dan dengan input material, jumlah keberangkatan, dan *annual growth* yang sama seperti pada sub bab 4.5.1 untuk pesawat dengan klasifikasi landas pacu 3C. berikut gambar hasil analisis pada pesawat ATR 72-500 dengan klasifikasi landas pacu 3C.



Gambar 4.34 Desain Perkerasan pada Tanah Stabilisasi Bottom Ash dengan ATR 72-500 Klasifikasi Landas Pacu 3C

Dari hasil analisis tebal perkerasan dengan nilai CBR sebesar 12,586% pada pesawat ATR 72-500, dapat kita lihat bahwa tebal perkerasan tiap lapisan mencapai persyaratan tebal minimum. Hal ini ditunjukkan dengan nilai Sub CDF atau CDF tanah dasar bernilai 0,00. Hal ini menunjukkan bahwa tanah dasar (*subgrade*) sama sekali tidak mengalami kelelahan (*fatigue*) oleh beban pesawat dan *annual departure* yang diakibatkan oleh pesawat ATR 72-500. Sub CDF bernilai 0,00 memiliki arti bahwa pada standar umur perkerasan rencana 20 tahun, perkerasan masih memiliki 100% umur layan. Berdasarkan hasil analisis *life/compaction*, struktur perkerasan tersebut diperkirakan mencapai umur perkerasan selama 18567 tahun. Hal ini terjadi karena beban pesawat dan jumlah keberangkatannya lebih kecil dibandingkan dengan beban dan jumlah keberangkatan pesawat yang sanggup diterima oleh kekuatan tanah dasar.

Dari hasil analisis pada titik lainnya didapatkan hasil yang sudah direkapitulasi pada tabel berikut.

Tabel 4.60 Tebal Perkerasan Tanah Stabilisasi Bottom Ash pada ATR 72-500 Klasifikasi Landas Pacu 3C

CBR (%)	Tebal Perkerasan (mm)
12	351,6
13	351,6
15	351,6
15	351,6
17	351,6

Selanjutnya dilakukan analisis tebal perkerasan akibat tanah distabilisasi POFA dan stabilisasi semen pada pesawat ATR 72-500, dengan input jumlah keberangkatan dan *annual growth* yang sama dengan sub bab 4.5.1 didapatkanlah hasil yang sudah direkapitulasi pada tabel berikut.

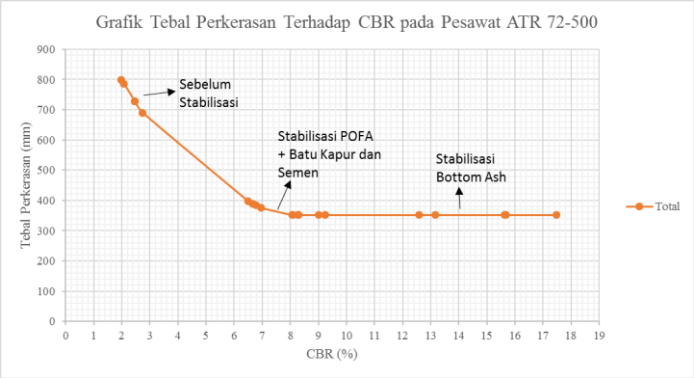
Tabel 4.61 Tebal Perkerasan Tanah Stabilisasi POFA + Batu Kapur pada ATR 72-500 Klasifikasi Landas Pacu 3C

CBR (%)	Tebal Perkerasan (mm)
6	389,5
7	375,5
8	351,6
8	351,6
9	351,6

Tabel 4.62 Tebal Perkerasan Tanah Stabilisasi Semen pada ATR 72-500 Klasifikasi Landas Pacu 3C

CBR (%)	Tebal Perkerasan (mm)
6	398,4
7	383,7
8	351,6
8	351,6
9	351,6

Dari hasil rekapitulasi tersebut lalu diubah menjadi grafik hubungan tebal perkerasan terhadap nilai CBR hasil stabilisasi.



Gambar 4.35 Grafik Hubungan Tebal Perkerasan Terhadap Nilai CBR Sebelum dan Sesudah Stabilisasi pada Pesawat ATR 72-500 pada Landas Pacu 3C

6. Analisis tebal perkerasan *subgrade* stabilisasi pada klasifikasi landas pacu 3C dengan pesawat ATR 72-600.

   Analisis dilakukan pada pesawat ATR 72-600 dengan nilai CBR subgrade hasil stabilisasi *bottom ash* dan dengan input material, jumlah keberangkatan, dan *annual growth* yang sama seperti pada sub bab 4.5.1 untuk pesawat dengan klasifikasi landas pacu 3C. Hasil analisis dengan *subgrade* stabilisasi dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.63 Tebal Perkerasan Tanah Stabilisasi Bottom Ash pada ATR 72-600 Klasifikasi Landas Pacu 3C

CBR (%)	Tebal Perkerasan (mm)
12	351,6
13	351,6
15	351,6
15	351,6
17	351,6

Selanjutnya dilakukan analisis tebal perkerasan akibat tanah distabilisasi POFA dan stabilisasi semen pada pesawat ATR 72-500, dengan input jumlah keberangkatan dan *annual growth* yang sama dengan sub bab 4.5.1 didapatkanlah hasil yang sudah direkapitulasi pada tabel berikut.

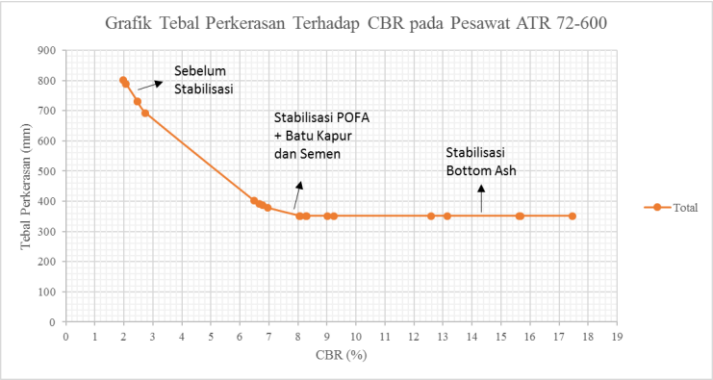
Tabel 4.64 Tebal Perkerasan Tanah Stabilisasi POFA + Batu Kapur pada ATR 72-600 Klasifikasi Landas Pacu 3C

CBR (%)	Tebal Perkerasan (mm)
6	392,5
7	378,2
8	351,6
8	351,6
9	351,6

Tabel 4.65 Tebal Perkerasan Tanah Stabilisasi Semen pada ATR 72-600 Klasifikasi Landas Pacu 3C

CBR (%)	Tebal Perkerasan (mm)
6	401,4
7	386,7
8	351,6
8	351,6
9	351,6

Dari hasil rekapitulasi tersebut lalu diubah menjadi grafik hubungan tebal perkerasan terhadap nilai CBR hasil stabilisasi



Gambar 4.36 Grafik Hubungan Tebal Perkerasan Terhadap Nilai CBR Sebelum dan Sesudah Stabilisasi pada Pesawat ATR 72-600 pada Landas Pacu 3C

4.7.2 Hasil Perencanaan Tebal Perkerasan pada CBR Tanah Stabilisasi menggunakan Bottom Ash, POFA + Batu Kapur, dan Semen dengan Lalu Lintas Campuran (*Traffic Mix)*

Analisis ini dilakukan sesuai dengan skenario kedua, dengan pergerakan total pesawat terdiri dari beberapa pesawat yang terdiri dari pesawat ATR 72-500, ATR 72-600, Boeing 737-500 dan Boeing 737-700 dengan nilai *annual departure*, *annual growth* dan

berat yang sama dengan keadaan sebelum stabilisasi. Juga, pada analisis ini dilakukan pada dua perencanaan, yakni perencanaan klasifikasi landas pacu Bandar Udara Paser 4C dan 3C. Setelah melalui proses analisis menggunakan FAARFIELD didapatkan hasil seperti berikut.

1. Analisis tebal perkerasan landas pacu Bandar Udara Tanah Grogot dengan klasifikasi 4C akibat pesawat *traffic mix*.

   Semua input pada analisis ini sama dengan analisis pada *subgrade* sebelum stabilisasi, yang membedakan yaitu input kekuatan tanah dasar berupa nilai CBR hasil stabilisasi. Sama seperti pada analisis setiap jenis pesawat, nilai CBR stabilisasi berdasarkan tiga metode, yakni *bottom ash*, POFA + batu kapur, dan semen. Hasil analisis tersebut dapat dilihat pada tabel – tabel berikut.

Tabel 4.66 Tebal Perkerasan *Traffic Mix* dengan Tanah Dasar Stabilisasi Menggunakan Bottom Ash pada Klasifikasi Landas Pacu 4C

CBR (%)	Tebal Perkerasan (mm)
12	326,7
13	326,6
15	326,6
15	326,6
17	326,6

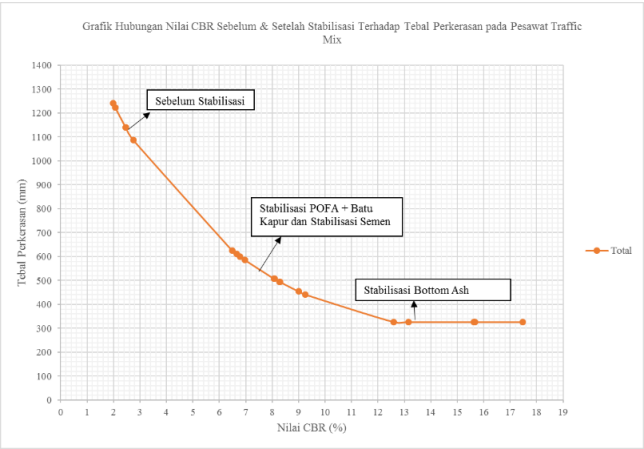
Tabel 4.67 Rekapitulasi Tebal Perkerasan Traffic Mix dengan Tanah Dasar Stabilisasi Menggunakan POFA + Batu kapur pada Klasifikasi Landas Pacu 4C

CBR (%)	Tebal Perkerasan (mm)
6	610,6
7	585,9
8	495,1
8	493,9
9	441,4

Tabel 4.68 Tebal Perkerasan *Traffic Mix* dengan Tanah Dasar Stabilisasi Menggunakan Semen pada Klasifikasi Landas Pacu 4C

CBR (%)	Tebal Perkerasan (mm)
6	625,1
7	600,9
8	508,1
8	506,9
9	453,9

Dari hasil analisis tebal perkerasan pesawat *traffic mix* berdasarkan tanah sebelum dan setelah stabilisasi, maka dibuatlah grafik hubungan tebal perkerasan dengan nilai CBR. Grafik hubungan tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.37 Grafik Hubungan Tebal Perkerasan Terhadap Nilai CBR Sebelum dan Sesudah Stabilisasi pada Pesawat *traffic mix* Landas Pacu 4C

Berdasarkan grafik tersebut, didapatkan tebal minimum perkerasan akibat *traffic mix* pada landas pacu 4C akan terjadi jika nilai CBR *subgrade* mencapai 12,5%.

Pada analisis tebal perkerasan berdasarkan *traffic mix* terdapat nilai kontribusi CDF. kontribusi CDF menunjukkan dalam beberapa campuran jenis pesawat, terdapat jenis pesawat apa yang paling besar memberikan kerusakan terhadap struktur perkerasan. Selanjutnya data kontribusi CDF pada setiap titik dan metode stabilisasi dapat dilihat pada tabel 4.69 berikut.

Tabel 4.69 Kontribusi CDF pada Pesawat Traffic Mix pada Landas Pacu 4C berdasarkan Stabilisasi *Bottom Ash*

Nilai CBR (%)	Sesudah Stabilisasi Bottom Ash	Kontribusi CDF Subgrade
12	B 737-500	0,75
	B 737-700	0,25
	ATR 72-600	0
	ATR 72-500	0
13	B 737-500	0,48
	B 737-700	0,18
	ATR 72-600	0
	ATR 72-500	0
15	B 737-500	0,04
	B 737-700	0,03
	ATR 72-600	0
	ATR 72-500	0
15	B 737-500	0,04
	B 737-700	0,03
	ATR 72-600	0
	ATR 72-500	0

Tabel 4.69 Kontribusi CDF pada Pesawat Traffic Mix pada Landas Pacu 4C berdasarkan Stabilisasi Bottom Ash (Lanjutan)

Nilai CBR (%)	Sesudah Stabilisasi Bottom Ash	Kontribusi CDF Subgrade
17	B 737-500	0
	B 737-700	0,01
	ATR 72-600	0
	ATR 72-500	0

Pada kontribusi CDF akibat tanah stabilisasi *bottom ash* nilainya cukup kecil, hal ini terjadi akibat kekuatan tanah dasar yang cukup besar sehingga tebal perkerasan mencapai tebal minimum dan kerusakan pada tebal perkerasan akibat pesawat tidak terlalu besar.

Tabel 4.70 Kontribusi CDF Pesawat Traffic Mix pada Klasifikasi Landas Pacu 4C berdasarkan Subgrade Stabilisasi POFA + Batu Kapur

Nilai CBR (%)	Sesudah Stabilisasi POFA Pemeraman	Kontribusi CDF Subgrade
6	B 737-500	0,79
	B 737-700	0,21
	ATR 72-600	0
	ATR 72-500	0
7	B 737-500	0,78
	B 737-700	0,22
	ATR 72-600	0
	ATR 72-500	0
8	B 737-500	0,78
	B 737-700	0,22

Tabel 4.70 Kontribusi CDF Pesawat Traffic Mix pada Klasifikasi Landas Pacu 4C berdasarkan Subgrade Stabilisasi POFA + Batu Kapur (Lanjutan)

Nilai CBR (%)	Sesudah Stabilisasi POFA Pemeraman	Kontribusi CDF Subgrade
8	ATR 72-600	0
	ATR 72-500	0
8	B 737-500	0,78
	B 737-700	0,22
	ATR 72-600	0
	ATR 72-500	0
9	B 737-500	0,78
	B 737-700	0,22
	ATR 72-600	0
	ATR 72-500	0

Tabel 4.71 Kontribusi CDF Pesawat Traffic Mix Klasifikasi Landas Pacu 4C berdasarkan Subgrade Stabilisasi Semen

Nilai CBR (%)	Sesudah Stabilisasi POFA Semen	Kontribusi CDF Subgrade
6	B 737-500	0,79
	B 737-700	0,21
	ATR 72-600	0
	ATR 72-500	0
7	B 737-500	0,78
	B 737-700	0,21
	ATR 72-600	0
	ATR 72-500	0
8	B 737-500	0,78
	B 737-700	0,22

Tabel 4.71 Kontribusi CDF Pesawat Traffic Mix Klasifikasi Landas Pacu 4C berdasarkan Subgrade Stabilisasi Semen (Lanjutan)

Nilai CBR (%)	Sesudah Stabilisasi POFA Semen	Kontribusi CDF Subgrade
8	ATR 72-600	0
	ATR 72-500	0
8	B 737-500	0,78
	B 737-700	0,22
	ATR 72-600	0
	ATR 72-500	0
9	B 737-500	0,78
	B 737-700	0,22
	ATR 72-600	0
	ATR 72-500	0

2. Analisis tebal perkerasan landas pacu Bandar Udara Tanah Grogot dengan klasifikasi 3C akibat pesawat *traffic mix*.

   Semua input pada analisis ini sama dengan analisis pada *subgrade* sebelum stabilisasi, yang membedakan yaitu input kekuatan tanah dasar berupa nilai CBR hasil stabilisasi. Sama seperti pada analisis setiap jenis pesawat, nilai CBR stabilisasi berdasarkan tiga metode, yakni *bottom ash*, POFA + batu kapur, dan semen. Hasil analisis tersebut dapat dilihat pada tabel – tabel berikut.

Tabel 4.72 Tebal Perkerasan *Traffic Mix* dengan Tanah Dasar Stabilisasi Menggunakan Bottom Ash pada Klasifikasi Landas Pacu 3C

CBR (%)	Tebal Perkerasan (mm)
12	351,6
13	351,6
15	351,6
15	351,6
17	351,6

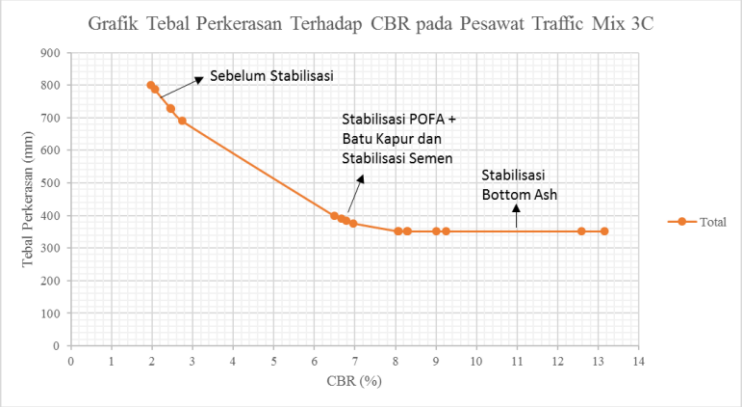
Tabel 4.72 Tebal Perkerasan Traffic Mix dengan Tanah Dasar Stabilisasi Menggunakan POFA + Batu kapur pada Klasifikasi Landas Pacu 3C

CBR (%)	Tebal Perkerasan (mm)
6	390,3
7	376,2
8	351,6
8	351,6
9	351,6

Tabel 4.74 Tebal Perkerasan *Traffic Mix* dengan Tanah Dasar Stabilisasi Menggunakan Semen pada Klasifikasi Landas Pacu 3C

CBR (%)	Tebal Perkerasan (mm)
6	399,1
7	384,4
8	351,6
8	351,6
9	351,6

Dari hasil analisis tebal perkerasan pesawat *traffic mix* berdasarkan tanah sebelum dan setelah stabilisasi, maka dibuatlah grafik hubungan tebal perkerasan dengan nilai CBR. Grafik hubungan tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.38 Grafik Hubungan Tebal Perkerasan Terhadap Nilai CBR Sebelum dan Sesudah Stabilisasi pada Pesawat *traffic mix* Landas Pacu 3C

Berdasarkan grafik tersebut didapatkan tebal minimum perkerasan akibat *traffic mix* pada landas pacu 3C akan terjadi jika nilai CBR *subgrade* mencapai 12,5%.

Pada analisis tebal perkerasan berdasarkan *traffic mix* terdapat nilai kontribusi CDF. kontribusi CDF menunjukkan dalam beberapa campuran jenis pesawat, terdapat jenis pesawat apa yang paling besar memberikan kerusakan terhadap struktur perkerasan. Selanjutnya data kontribusi CDF pada setiap titik dan metode stabilisasi dapat dilihat pada tabel 4.73 berikut.

Tabel 4.75 Kontribusi CDF pada Pesawat Traffic Mix berdasarkan Subgrade Stabilisasi *Bottom Ash* Landas Pacu 3C

Nilai CBR (%)	Sesudah Stabilisasi Bottom Ash	Kontribusi CDF Subgrade
12	ATR 72-600	0
	ATR 72-500	0
13	ATR 72-600	0
	ATR 72-500	0
15	ATR 72-600	0
	ATR 72-500	0
15	ATR 72-600	0
	ATR 72-500	0
17	ATR 72-600	0
	ATR 72-500	0

Pada kontribusi CDF akibat tanah stabilisasi *bottom ash* nilainya kecil, hal ini terjadi akibat kekuatan tanah dasar yang cukup besar sehingga tebal perkerasan mencapai tebal minimum dan kerusakan pada tebal perkerasan akibat pesawat tidak terlalu besar.

Tabel 4.76 Kontribusi CDF Pesawat Traffic Mix pada Klasifikasi Landas Pacu 3C berdasarkan Subgrade Stabilisasi POFA + Batu Kapur

Nilai CBR (%)	Sesudah Stabilisasi POFA	Kontribusi CDF Subgrade
6	ATR 72-600	0,75
	ATR 72-500	0,24
7	ATR 72-600	0,75
	ATR 72-500	0,24

Tabel 4.76 Kontribusi CDF Pesawat Traffic Mix pada Klasifikasi Landas Pacu 3C berdasarkan Subgrade Stabilisasi POFA + Batu Kapur (Lanjutan)

Nilai CBR (%)	Sesudah Stabilisasi POFA	Kontribusi CDF Subgrade
8	ATR 72-600	0,19
	ATR 72-500	0,06
8	ATR 72-600	0,18
	ATR 72-500	0,06
9	ATR 72-600	0,01
	ATR 72-500	0

Tabel 4.77 Kontribusi CDF Pesawat Traffic Mix Klasifikasi Landas Pacu 3C berdasarkan Subgrade Stabilisasi Semen

Nilai CBR (%)	Sesudah Stabilisasi Semen	Kontribusi CDF Subgrade
6	ATR 72-600	0,75
	ATR 72-500	0,25
7	ATR 72-600	0,75
	ATR 72-500	0,24
8	ATR 72-600	0,31
	ATR 72-500	0,11
8	ATR 72-600	0,3
	ATR 72-500	0,1
9	ATR 72-600	0,01
	ATR 72-500	0

4.8 Pemilihan Metode Stabilisasi

Perencanaan stabilisasi pada tanah dasar Bandar Udara Tanah Grogot dilakukan dengan tiga metode stabilisasi secara kimiawi dengan penambahan material bottom ash, POFA + kapur, dan Semen. Pemilihan material tersebut perlu dipertimbangkan apakah pada nantinya dapat diimplementasikan pada keadaaan

sesungguhnya di lapangan berdasarkan ketersediaan dan keterjangkauan material.

Material pertama yakni bottom ash, bottom ash merupakan limbah hasil dari pembakaran batubara pada pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). Material ini merupakan material B3 (bahan beracun dan berbahaya). Pada Kabupaten Paser, tidak terdapat PLTU. PLTU terdekat terdapat pada Kota Balikpapan yakni PLTU Teluk Balikpapan dan Pulang Pisau Kalimantan Tengah. Dari ketersediaan bahan, dapat diperoleh dari PLTU Balikpapan. Ditinjau dari segi biaya, bottom ash merupakan material limbah yang mungkin harganya lebih murah, namun untuk pengaplikasiannya akan sedikit susah dari segi ijin, karena bottom ash merupakan material B3 yang ditakutkan jika diaplikasikan sebagai material stabilisasi pada bandar udara akan menyebabkan permasalahan lingkungan baru

Material kedua POFA+ kapur, POFA merupakan limbah dalam bentuk abu hasil pembakaran pada proses pengolahan kelapa sawit sedangkan kapur merupakan material batuan alam yang tersusun atas kalsium. Dari segi ketersediaan bahan, dilansir dari situs Pemerintah Provinsi Kalimantan Timur, terdapat 78 pabrik pengolahan kelapa sawit yang menghasilkan POFA dan Menurut Dr. Pindi Setiawan peneliti dari ITB, dilansir dari detikfinance.com cadangan karst di Pulau Kalimantan mencapai 8,2 miliar ton. Dari segi biaya untuk POFA karena merupakan material limbah pastinya harganya lebih murah dan sedangkan untuk kapur karena merupakan material alam dan butuh eksplorasi dan pengolahan pastinya dibutuhkan biaya yang agak besar untuk material kapur. Dari segi lingkungan, karena POFA merupakan abu dari kelapa sawit yang bersifat organik dan batu kapur juga sudah memiliki SNI yang mengatur batu kapur sebagai bahan stabilisasi, kemungkinan kedua material ini aman digunakan sebagai bahan stabilisasi.

Material semen, material semen merupakan material berupa produk jadi sebuah industri. Dari segi ketersediaan dan keterjangkauan bahan material, pabrik semen terdekat terdapat pada Kota Samarinda, yakni PT Semen Semeru. Dari segi biaya, material semen merupakan produk jadi dari sebuah industri, dan karena produk jadi maka hargannya relatif mahal. Dari segi lingkungan, semen merupakan salah satu penyumbang gas rumah kaca yang tentunya meningkatkan pemanasan global.

Dari ketiga material stabilisasi tersebut, yang paling memungkinkan untuk diimplementasikan dari segi ketersediaan, biaya, dan lingkungan adalah material POFA+kapur. Pemilihan ketiga material tersebut merupakan proses stabilisasi berdasarkan metode kimiawi. Sedangkan untuk memperbaiki tanah secara mekanis bisa menggunkan gradasi material agregat. Selain metode stabilisasi tersebut, jenis tanah pada Bandar Udara Tanah Grogot merupakan tanah lempung lunak, secara teknis tanah lempung lunak akan mengalami konsolidasi atau pemampatan yang besar dalam waktu yang lama, dalam beberapa penelitian untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan cara memperbaiki tanah dengan metode preloading yang dipercepat dengan pemasangan PVD (*prefebricated vertical drain*) dan geotextile.

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis untuk menentukan tebal perkerasan menggunakan FAARFIELD berdasarkan nilai CBR Bandar Udara Tanah Grogot dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Kebutuhan input pada program FAARFIELD terdiri dari dua input utama yakni material perkerasan dan tipe pesawat. Material perkerasan meliputi jenis material setiap lapisan (*pavement layer properties*) dan kekuatan tanah dasar. Sedangkan Tipe Pesawat (*aircraft types*) meliputi, berat pesawat (*aircraft gross taxi weight/GTW*), pertumbuhan keberangkatan pesawat (*annual growth*), dan keberangkatan pesawat (*annual departures*).
2. Peramalan jumlah keberangkatan pesawat selama 20 tahun ke depan untuk satu jenis pesawat yang terdiri dari ATR 72-500, ATR 72-600, Boeing 737-500, dan Boeing 737-700 maupun perencanaan pesawat *traffic mix* terjadi peningkatan, baik pada klasifikasi landas pacu 4C maupun 3C. Peningkatan tersebut ditunjukkan dengan nilai *annual growth.* Pada perencanaan keberangkatan per satu jenis pesawat dengan klasifikasi landas pacu 4C didapatkan *annual growth* sebagai berikut. ATR 72-500 15,866%, ATR 72-600 15,852%, Boeing 737-500 15,879%, dan Boeing 737-700 15,860%. Sedangkan untuk perencanaan *traffic mix*, ATR 72-500 sebesar 15,857%, ATR 72-600 15,847%, Boeing 737-500 15,721%, dan Boeing 737-700 15,554%. Sedangkan pada perencanaan keberangkatan per satu jenis pesawat dengan klasifikasi landas pacu 3C, didapatkan *annual growth* sebagai berikut. ATR 72-500 13,458% dan ATR 72-600 13,428%. Untuk perencanaan *traffic mix*

didapat *annual growth*, ATR 72-500 15,255% dan ATR 72-600 13,436%.

3. Berdasarkan hasil analisis tebal perkerasan, kebutuhan tebal perkerasan akibat kekuatan tanah dasar asli atau sebelum stabilisasi cenderung memiliki ketebalan yang lebih besar daripada tanah dasar setelah distabilisasi. Pada titik dengan CBR terendah sebesar 1,977% pada tanah sebelum stabilisasi didapat tebal 1334,1 mm pada pesawat B 737 700. Sedangkan ketebalan lapisan perkerasan pada tanah dasar setelah distabilisasi pada titik dengan CBR terendah dengan hasil stabilisasi *bottom ash* sebesar 12,586% didapat ketebalan sebesar 386,3 mm dengan pesawat B 737 700. Jika dibandingkan secara rata-rata dari ketiga jenis stabilisasi untuk klasifikasi landas pacu 4C, tebal perkerasan sebelum dan sesudah stabilisasi pada pesawat ATR 72-500 terjadi penurunan sebesar 208%, begitu pula pesawat ATR 72-600 sebesar 208%, Boeing 737-500 sebesar 269%, dan Boeing 737-700 sebesar 266% dari tebal perkerasan sebelum stabilisasi. Sedangkan untuk perencanaan *traffic mix*, tebal perkerasan rata-rata menurun menjadi 257% dari tebal perkerasan sebelum stabilisasi. Pada klasifikasi landas pacu 3C juga terjadi penurunan tebal perkerasan akibat tanah dasar stabilisasi, pada pesawat ATR 72-500 terjadi penurunan 104,6% dan pada ATR 72-600 terjadi penurunan sebesar 107,224%. Sedangkan untuk tebal perkerasan akibat pesawat *traffic mix*, terjadi penurunan tebal perkerasan sebesar 106,8%.
4. Menurut grafik hubungan tebal perkerasan dengan nilai CBR berdasarkan per jenis pesawat maupun *traffic mix*, semakin besar kekuatan tanah dasar (*subgrade)* maka kebutuhan tebal perkerasan semakin kecil atau tipis sesuai dengan persyaratan minimum FAA. Begitu pun sebaliknya,

semakin rendah kekuatan tanah dasar (*subgrade)* maka semakin tebal pula kebutuhan perkerasannya.

5.2 Saran

Adapun saran guna perbaikan maupun studi lanjut yang diperlukan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Diluar masalah keterbatasan data, untuk menghitung perencanaan *annual departure* sebaiknya dibutuhkan data populasi dan PDRB terbaru, karena data terbaru mewakilkan kondisi terkini.
2. Mengenai kajian stabilisasi, lebih baik jika membandingkan kenaikan nilai CBR bukan hanya dari jenis tanahnya saja, namun akan lebih baik jika memperhatikan detail dari sifat mekanis tanah. Hal ini untuk mengurangi perbedaan nilai CBR hasil tes penelitian dengan kondisi lapangan jika diimplementasikan.
3. Persyaratan tebal perkerasan minimum pada tugas akhir ini mengacu pada peraturan FAA (*Advisory Circular).* Menurut beberapa penelitian, tebal minimum lapisan permukaan (*surface)* menurut FAA terdapat kesalahan. Mungkin untuk studi terkait kedepannya dapat mempertimbangkan hasil penelitian tersebut.
4. Hasil analisis ini tidak bersifat final atau tidak bisa langsung diimplementasikan, karena dalam pelaksanaan di lapangan lapisan perkerasan dengan CBR rendah tidak dapat langsung dilapisi dengan lapisan dengan CBR yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

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

Andriani, A., Yuliet, R., & Fernandez, F. L. (2012). Pengaruh Penggunaan Semen Sebagai Bahan Stabilisasi Pada Tanah Lempung Daerah Lambung Bukit Terhadap Nilai Cbr Tanah. *Jurnal Rekayasa Sipil* (JRS-Unand), *8*, 29.

CNNindonesia.com(2019, 22 Agustus). Kemenhub-rancang-konsep transportasi-calon-ibu-kota-baru. Diakses pada 11 Oktober 2019, dari https://www.cnnindonesia.com/ekonomi/20190822132305-92-423723/kemenhub-rancang-konsep-transportasi-calon-ibu-kota-baru.

Das, Braja M. (translated by Mochtar N.E, and Mochtar I.B.). 1985. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik) Jilid II*. Jakarta: Erlangga.

Detikfinance.com(2014, 24 April). Investor-semen-antre-garap-perbukitan-kapur-perawan-di-kaltim. Diakses pada 23 Nopember 2019, dari. https://finance.detik.com/berita-ekonomi-bisnis/d-2554293/investor-semen-antre-garap-perbukitan-kapur-perawan-di-kaltim.

Direktorat Jendral Perhubungan Udara (2015). PM 93 Tahun 2015 tentang Tatanan Kebandarudaraan Nasional. Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139-24 *Pedoman Perhitungan Pcn (Pavement Classification Number) Perkerasan Prasarana Bandar Udara*. Jakarta : Kementrian Perhubungan

FAA, 1995. *Advisory Circular* (AC) 150/5320-6D. *Airport Pavement Design and Evaluation.* Washington, D.C : U.S Departement of Transportation Federal Aviation Administration

FAA, 2013. *Advisory Circular* (AC) 150/5320-5D. *Airport Drainage Design.* Washington, D.C : U.S Departement of Transportation Federal Aviation Administration

FAA, 2016. *Advisory Circular* (AC) 150/5320-6F. *Airport Pavement Design and Evaluation.* Washington, D.C : U.S Departement of Transportation Federal Aviation Administration

FAA, 2018. *Advisory Circular* (AC) 150/5320-10H. *Standard Specifications for Construction of Airports.* Washington, D.C : U.S Departement of Transportation Federal Aviation Administration

Gill, S., Singhal, S., Mani, R. R., & Srivastav, S. (2015). To Study and Design of Airport Runway Pavement. *International Journal of Latest Research In Engineering and Computing (IJLREC)*, *3*(5), 7–10.

Hafizh, M. S. Al, Wibisono, G., & Nugroho, S. A. (2017). Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Pasir Bermacam Gradasi Dan Campuran Kapur. *Jom FTEKNIK*, 4(2), 1–9.

Head, K. H., & Epps, R. J. (2011). *Manual of Soil Laboratory Testing, Volume II: Permeability. Shear Strength and Compressibility Tests 3rd Edition*, Florida : CRC press

Horonjeff, R., McKelvey, F., Sproule, W., & Young, S. (2010). *Planning and Design of Airports (fifth edition)*. New York : McGraw Hill

Kementrian Perhubungan (1993). PM 36 Tahun 1993 tentang *Kriteria Klasifikasi Bandar Udara*. Jakarta : Kementrian Perhubungan

Kementrian Perhubungan (2019). PM 39 Tahun 2019 tentang *Tatanan Kebandarudaraan Nasional* . Jakarta : Kementrian Perhubungan

Khalid, N., Arshad, M. F., Mukri, M., Kamarudin, F., & Ghani, A. H. A. (2014). The California bearing ratio (CBR) value for banting soft soil subgrade stabilized using lime-pofa mixtures. *Electronic Journal of Geotechnical Engineering*, *19 A*, 155–163.

Liu, J., Ping, W. V., Liu, J., & Yang, Z. (2005). *Constructability of Stabilized Subgrade Layer Under High Groundwater Table*. Florida : Florida A & M University - Florida State Univesity

Napitupulu, M. S. A. (2016). *Dengan Menggunakan Abu Gunung Vulkanik Ditinjau Dari Ni lai California Bearing Ratio*.

Patel, V. J., Kumavat, H. R., Tapkire, G. V., & Patil, R. D. (2016). Road pavement design for heavy ground water table in Shirpur and surrounding area. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, *7*(1), 416–426. India

Ramadhani, Riva Rizki dan Ervina Ahyudanari, 2019. *Perencanaan Perkerasan dan Geometrik Runway 3 Bandara Internasional Soekarno-Hatta Dengan Pesawat Rencana Airbus Beluga XL Menggunakan COMFAA dan FAARFIELD* (Skripsi), Surabaya : Departemen Teknik Sipil

Ramadhan, Dicky dan Ervina Ahyudanari, 2018. *Analisis Struktur Perkerasan Lentur Landas Pacu*

Menggunakan Program Bantu (COMFAA , FAARFIELD, dan LEDFAA) - Studi Kasus Bandar Udara Internasional Juanda (Skripsi), Surabaya : Departemen Teknik Sipil

Rezky, Cok Nanda Late dan Ervina Ahyudanari, 2016. *Analisis Perbandingan Metode Desain Perkerasan Bandara antara Metode Grafis dan FAARFIELD* - Studi Kasus Bandara Juanda (Skripsi), Surabaya : Departemen Teknik Sipil

Salour, F., & Erlingsson, S. (2017). *The Influence of Groundwater Level on the Structural Behaviour of a Pavement Structure Using FWD*. (January 2013), 12–14. Florida : Departemen Of Transportation

Shafabakhsh, G., & Kashi, E. (2014). *Effect of Aircraft* Wheel Load and Configuration on Runway Damages. *Periodica Polytechnica. Civil Engineering*, Vol. 59, pp. 85–94.

LAMPIRAN

DAFTAR LAMPIRAN

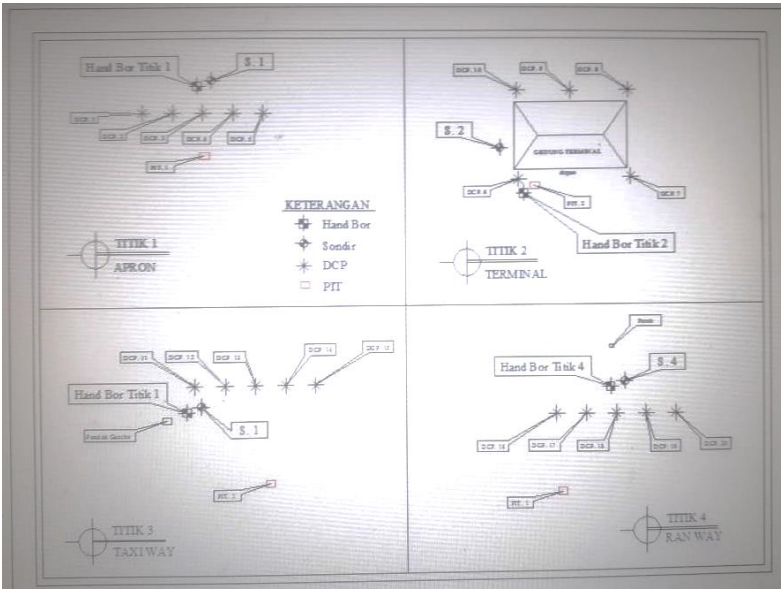
LAMPIRAN 1	: DATA CBR LAPANGAN HASIL PENGUJIAN
LAMPIRAN 2	: DATA PDRB, POPULASI BANDAR UDARA KELAS PENGUMPAN DENGAN LANDAS PACU 4C DAN 3C
LAMPIRAN 3	: DATA PENERBANGAN BANDARA PENGUMPAN DENGAN LANDAS PACU 4C DAN 3C
LAMPIRAN 4	: DATA PESAWAT
LAMPIRAN 5	: HASIL ANALISIS PROGRAM FAARFIELD
LAMPIRAN 6	: LAY OUT BANDARA PASER DAN POTONGAN MELINTANG PERKERASAN
LAMPIRAN 7	: GRAFIK HUBUNGAN TEBAL PERKERASAN DENGAN NILAI CBR

LAMPIRAN 1

Data CBR Tanah

Lampiran 1 – Data CBR Tanah

Pengujian DCP sebanyak 20 titik dengan rincian yaitu lokasi rencana apron sebanyak 4 titik, lokasi rencana terminal sebanyak 4 titik, lokasi rencana taxiway sebanyak 4 titik dan lokasi rencana runway sebanyak 4 titik.



Lampiran 1 – Data CBR Tanah

TITIK 16				
Tumbukan (N)	Bacaan Mistar (mm)	penetrasi kumulatif (mm)	DCP Kumulatif (mm/tumbukan)	CBR %
0	0	0	1.85	2.462
1	2	2.0		
2	2	4.0		
3	2	6.0		
4	2.5	8.5		
5	1.5	10.0		
6	1	11.0		
7	1	12.0		
8	1.5	13.5		
9	1.5	15.0		
10	2	17.0		
11	3	20.0		
12	2	22.0		
13	1	23.0		
14	1	24.0		
15	2	26.0		
16	1.5	27.5		
17	1.5	29.0		
18	2	31.0		
19	2	33.0		
20	2	35.0		
21	1	36.0		
22	1	37.0		
23	2	39.0		
24	2	41.0		
25	2.5	43.5		
26	3	46.5		
27	3.5	50.0		

Lampiran 1 – Data CBR Tanah

TITIK 17				
Tumbukan (N)	Bacaan Mistar (mm)	penetrasi kumulatif (mm)	DCP Kumulatif (mm/tumbukan)	CBR %
0	0	0	3.70	2.066
1	4	4.0		
2	2	6.0		
3	2	8.0		
4	2	10.0		
5	2	12.0		
6	1.5	13.5		
7	2	15.5		
8	4	19.5		
9	2	21.5		
10	2	23.5		
11	2.5	26.0		
12	2.5	28.5		
13	2.5	31.0		
14	2.5	33.5		
15	3	36.5		
16	3.5	40.0		
17	3	43.0		
18	4	47.0		
19	5.5	52.5		
20	10.5	63.0		
21	12	75.0		
22	8	83.0		
23	3	86.0		
24	2	88.0		
25	5	93.0		
26	5	98.0		
27	2	100.0		

Lampiran 1 – Data CBR Tanah

TITIK 18				
Tumbukan (N)	Bacaan Mistar (mm)	penetrasi kumulatif (mm)	DCP Kumulatif (mm/tumbukan)	CBR %
0	0	0	1.87	2.456
1	2	2.0		
2	2	4.0		
3	2	6.0		
4	1.5	7.5		
5	2.5	10.0		
6	2	12.0		
7	1	13.0		
8	1	14.0		
9	2	16.0		
10	2	18.0		
11	2	20.0		
12	2	22.0		
13	1	23.0		
14	1	24.0		
15	1	25.0		
16	1	26.0		
17	3.5	29.5		
18	2	31.5		
19	2	33.5		
20	1.5	35.0		
21	1.5	36.5		
22	1.5	38.0		
23	2.5	40.5		
24	2	42.5		
25	4	46.5		
26	2	48.5		
27	2	50.5		

Lampiran 1 – Data CBR Tanah

Titik 19				
Tumbukan (N)	Bacaan Mistar (mm)	penetrasi kumulatif (mm)	DCP Kumulatif (mm/tumbukan)	CBR %
0	0	0	1.13	2.744
1	1	1.0		
2	1	2.0		
3	1	3.0		
4	1	4.0		
5	1	5.0		
6	1	6.0		
7	1	7.0		
8	1.5	8.5		
9	0.5	9.0		
10	1	10.0		
11	0.5	10.5		
12	1	11.5		
13	1	12.5		
14	1	13.5		
15	1	14.5		
16	1.5	16.0		
17	1	17.0		
18	1	18.0		
19	2.5	20.5		
20	1	21.5		
21	1	22.5		
22	1.5	24.0		
23	1.5	25.5		
24	1	26.5		
25	1.5	28.0		
26	1.5	29.5		
27	1	30.5		

TITIK 20				
Tumbukan (N)	Bacaan Mistar (mm)	penetrasi kumulatif (mm)	DCP Kumulatif (mm/tumbukan)	CBR %
0	0	0	4.33	1.977
1	4	4.0		
2	3	7.0		
3	3	10.0		
4	3	13.0		
5	3.5	16.5		
6	4	20.5		
7	3	23.5		
8	3	26.5		
9	3.5	30.0		
10	5	35.0		
11	3.5	38.5		
12	5	43.5		
13	5	48.5		
14	4	52.5		
15	7	59.5		
16	9	68.5		
17	9	77.5		
18	3	80.5		
19	3	83.5		
20	3	86.5		
21	5	91.5		
22	3	94.5		
23	5	99.5		

Lampiran 1 – Data CBR Tanah

LAMPIRAN 2

Data PDRB, Populasi Bandar Udara Kelas Pengumpan Dengan Klasifikasi 4C Dan 3C

Tahun	Tempat	Populasi	PDRB	Jumlah Penumpang/tahun (BPS)	Jumlah Penumpang/tahun (Persamaan)	Nilai Koreksi	Koreksi Rata-rata
2012	Pinang Kampai	268022	18956	21.449	761.735	0,0282	
	Blimbingsari	1574528	42108	0	924.597	0,0000	0,0141
2013	Pinang Kampai	274089	21232	18.747	781.006	0,0240	
	Blimbingsari	1582586	47365	7.669	969.267	0,0079	0,0110
2014	Pinang Kampai	280109	23628	11.223	801.303	0,0140	
	Blimbingsari	1588082	53371	46.268	1.020.401	0,0453	0,0297
2015	Pinang Kampai	285967	24454	23.709	808.199	0,0293	
	Blimbingsari	1594083	60179	50.976	1.078.369	0,0473	0,0420
2016	Pinang Kampai	291908	27962	30.773	837.993	0,0367	
	Blimbingsari	1599811	66346	57.340	1.130.871	0,0507	0,0437
2017	Pinang Kampai	297638	30299	62.015	857.794	0,0723	
	Blimbingsari	1604897	72243	95.921	1.181.086	0,0812	0,0747
2018	Pinang Kampai	303292	32994	60.090	880.654	0,0682	
	Blimbingsari	1609677	78037	183.910	1.230.428	0,1495	0,1089

Lampiran 2 Data PDRB dan populasi landas pacu 3C

Tahun	Tempat	Populasi	PDRB	Jumlah Penumpang/tahun (BPS)	Jumlah Penumpang/tahun (Persamaan)	Nilai Koreksi	Koreksi Rata-rata
2012	Ousman Sadik	206873	2852	3926	625865,13	0,00627292	0,014489
	Tampa Padang	358527	7222	25968	659135,928	0,03939703	
	Larantuka	239314	2536	7275	622302,622	0,01169045	
	Naha-Tahuna	127878	2192	4570	622334,878	0,00734331	
	Batu Licin	295032	13422	5524	713764,591	0,00773925	
2013	Ousman Sadik	211682	3162	4602	628383,824	0,00732355	0,022814
	Tampa Padang	252262	6322	22891	654283,164	0,03498638	
	Larantuka	241590	2659	20503	623292,171	0,03289469	
	Naha-Tahuna	128423	2429	9859	624343,905	0,01579098	
	Batu Licin	306185	14262	16629	720639,476	0,02307534	

Lampiran 2 Data PDRB dan populasi landas pacu 3C

Tahun	Tempat	Populasi	PDRB	Jumlah Penumpang/tahun (BPS)	Jumlah Penumpang/tahun (Persamaan)	Nilai Koreksi	Koreksi Rata-rata
2014	Ousman Sadik	215791	3628	4186	632253,126	0,00662077	0,01961
	Tampa Padang	258984	7327	21691	662684,92	0,032732	
	Larantuka	244485	2787	12611	624307,916	0,02019997	
	Naha-Tahuna	129103	2702	9472	626656,71	0,01511513	
	Batu Licin	315815	15457	17084	730585,998	0,02338397	
2015	Ousman Sadik	219836	3987	5953	635210,549	0,0093717	0,029569
	Tampa Padang	265800	8216	42427	670093,742	0,06331502	
	Larantuka	246994	2916	24300	625342,486	0,03885871	
	Naha-Tahuna	129584	3028	12917	629427,34	0,02052183	
	Batu Licin	325115	16026	11601	735196,411	0,01577946	

Lampiran 2 Data PDRB dan populasi landas pacu 3C

Tahun	Tempat	Populasi	PDRB	Jumlah Penumpang/tahun (BPS)	Jumlah Penumpang/tahun (Persamaan)	Nilai Koreksi	Koreksi Rata-rata
2016	Ousman Sadik	223460	4359	6794	638290,186	0,01064406	0,042207
	Tampa Padang	272258	9090	64583	677384,031	0,09534178	
	Larantuka	248889	3046	36906	626401,954	0,05891744	
	Naha-Tahuna	130024	3364	19086	632284,445	0,03018578	
	Batu Licin	334314	16559	11793	739502,141	0,01594722	
2017	Ousman Sadik	227280	5139	17297	644848,179	0,02682337	0,06476
	Tampa Padang	279393	10050	88421	685390,563	0,1290082	
	Larantuka	251611	3182	44088	627490,615	0,07026081	
	Naha-Tahuna	130493	3663	20845	634824,865	0,03283583	
	Batu Licin	343193	17844	48671	750237,112	0,06487416	

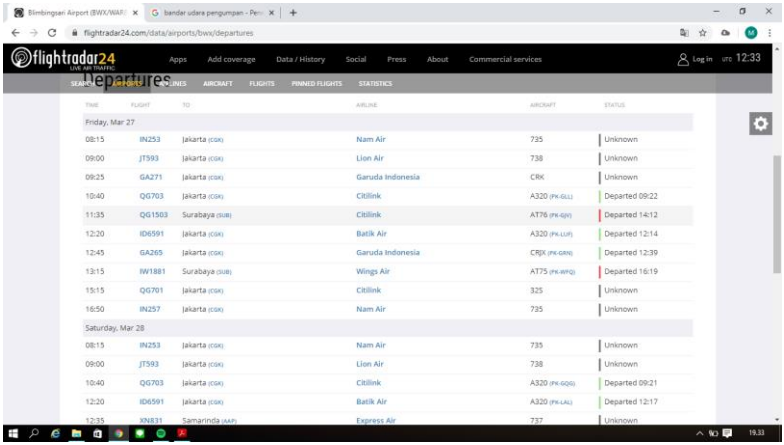
Lampiran 2 Data PDRB dan populasi landas pacu 3C

Tahun	Tempat	Populasi	PDRB	Jumlah Penumpang/tahun (BPS)	Jumlah Penumpang/tahun (Persamaan)	Nilai Koreksi	Koreksi Rata-rata
2018	Ousman Sadik	231217	6320	19227	654826,866	0,02936196	0,069358
	Tampa Padang	286389	11043	92104	693682,56	0,13277543	
	Larantuka	253818	3335	51992	628738,148	0,08269261	
	Naha-Tahuna	130833	3932	17347	637112,577	0,02722753	
	Batu Licin	351673	19042	56813	760239,892	0,07473036	

LAMPIRAN 3

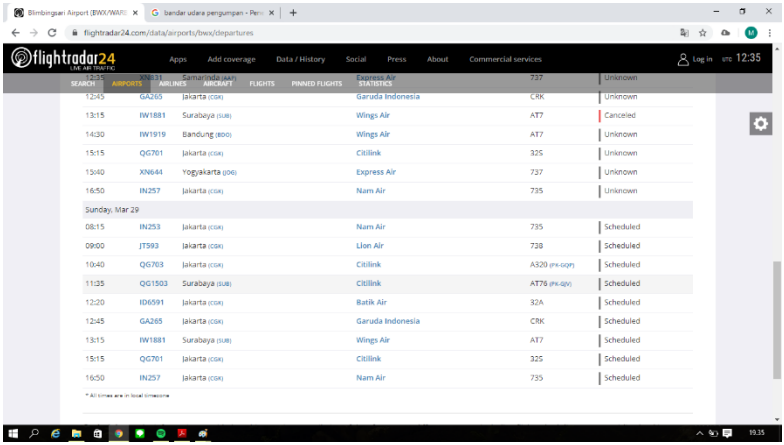
Data Penerbangan

Lampiran 3 – Data penerbangan Bandar Udara Blimbingsari (flightradar24)



Departures

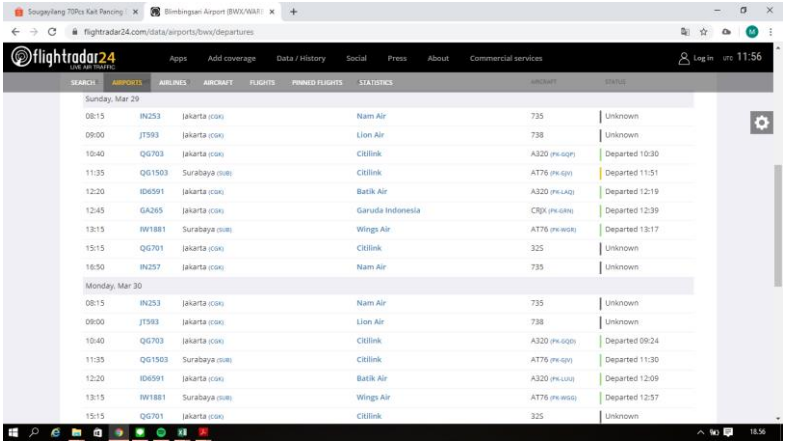
TIME	FLIGHT	TO	AIRLINE	AIRCRAFT	STATUS
Friday, Mar 27					
08:15	IN253	Jakarta (CGK)	Nam Air	735	Unknown
09:00	JT593	Jakarta (CGK)	Lion Air	738	Unknown
09:25	GA271	Jakarta (CGK)	Garuda Indonesia	CRK	Unknown
10:40	QG703	Jakarta (CGK)	Citilink	A320 (PK-GLL)	Departed 09:22
11:35	QG1503	Surabaya (SUB)	Citilink	AT76 (PK-GJV)	Departed 14:12
12:20	ID6591	Jakarta (CGK)	Batik Air	A320 (PK-LUP)	Departed 12:14
12:45	GA265	Jakarta (CGK)	Garuda Indonesia	CRJX (PK-GRN)	Departed 12:39
13:15	IW1881	Surabaya (SUB)	Wings Air	AT75 (PK-WFQ)	Departed 16:19
15:15	QG701	Jakarta (CGK)	Citilink	32S	Unknown
16:50	IN257	Jakarta (CGK)	Nam Air	735	Unknown
Saturday, Mar 28					
08:15	IN253	Jakarta (CGK)	Nam Air	735	Unknown
09:00	JT593	Jakarta (CGK)	Lion Air	738	Unknown
10:40	QG703	Jakarta (CGK)	Citilink	A320 (PK-GQG)	Departed 09:21
12:20	ID6591	Jakarta (CGK)	Batik Air	A320 (PK-LAL)	Departed 12:17
12:35	XN831	Samarinda (AAP)	Express Air	737	Unknown



TIME	FLIGHT	TO	AIRLINE	AIRCRAFT	STATUS
12:35	XN831	Samarinda (AAP)	Express Air	737	Unknown
12:45	GA265	Jakarta (CGK)	Garuda Indonesia	CRK	Unknown
13:15	IW1881	Surabaya (SUB)	Wings Air	AT7	Canceled
14:30	IW1919	Bandung (BDO)	Wings Air	AT7	Unknown
15:15	QG701	Jakarta (CGK)	Citilink	32S	Unknown
15:40	XN644	Yogyakarta (JOG)	Express Air	737	Unknown
16:50	IN257	Jakarta (CGK)	Nam Air	735	Unknown
Sunday, Mar 29					
08:15	IN253	Jakarta (CGK)	Nam Air	735	Scheduled
09:00	JT593	Jakarta (CGK)	Lion Air	738	Scheduled
10:40	QG703	Jakarta (CGK)	Citilink	A320 (PK-GQP)	Scheduled
11:35	QG1503	Surabaya (SUB)	Citilink	AT76 (PK-GJV)	Scheduled
12:20	ID6591	Jakarta (CGK)	Batik Air	32A	Scheduled
12:45	GA265	Jakarta (CGK)	Garuda Indonesia	CRK	Scheduled
13:15	IW1881	Surabaya (SUB)	Wings Air	AT7	Scheduled
15:15	QG701	Jakarta (CGK)	Citilink	32S	Scheduled
16:50	IN257	Jakarta (CGK)	Nam Air	735	Scheduled

* All times are in local timezone

Lampiran 3 – Data penerbangan Bandar Udara Blimbingsari (Flightradar24)



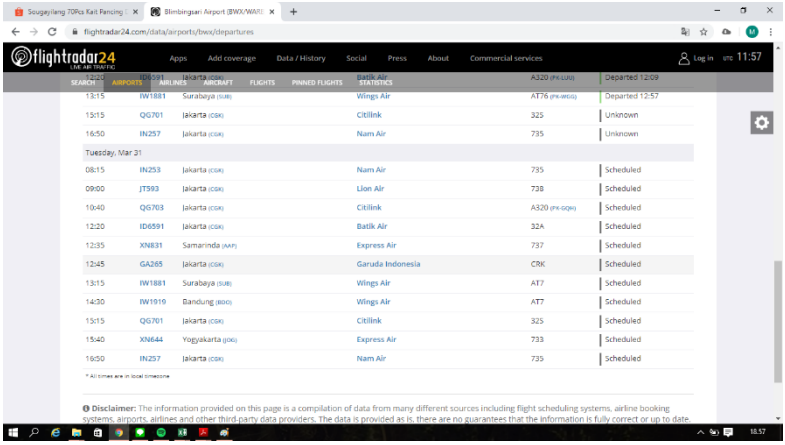
Sougayilang 70Pcs Kait Pancing | Blimbingsari Airport (BWX/WARI)

flightradar24.com/data/airports/bwx/departures

flightradar24 LIVE AIR TRAFFIC — Apps | Add coverage | Data / History | Social | Press | About | Commercial services | Log in | UTC 11:56

SEARCH | AIRPORTS | AIRLINES | AIRCRAFT | FLIGHTS | PINNED FLIGHTS | STATISTICS

Sunday, Mar 29					
08:15	IN253	Jakarta (CGK)	Nam Air	735	Unknown
09:00	JT593	Jakarta (CGK)	Lion Air	738	Unknown
10:40	QG703	Jakarta (CGK)	Citilink	A320 (PK-GQP)	Departed 10:30
11:35	QG1503	Surabaya (SUB)	Citilink	AT76 (PK-GJV)	Departed 11:51
12:20	ID6591	Jakarta (CGK)	Batik Air	A320 (PK-LAQ)	Departed 12:19
12:45	GA265	Jakarta (CGK)	Garuda Indonesia	CRJX (PK-GRN)	Departed 12:39
13:15	IW1881	Surabaya (SUB)	Wings Air	AT76 (PK-WGR)	Departed 13:17
15:15	QG701	Jakarta (CGK)	Citilink	325	Unknown
16:50	IN257	Jakarta (CGK)	Nam Air	735	Unknown
Monday, Mar 30					
08:15	IN253	Jakarta (CGK)	Nam Air	735	Unknown
09:00	JT593	Jakarta (CGK)	Lion Air	738	Unknown
10:40	QG703	Jakarta (CGK)	Citilink	A320 (PK-GQD)	Departed 09:24
11:35	QG1503	Surabaya (SUB)	Citilink	AT76 (PK-GJV)	Departed 11:30
12:20	ID6591	Jakarta (CGK)	Batik Air	A320 (PK-LUU)	Departed 12:09
13:15	IW1881	Surabaya (SUB)	Wings Air	AT76 (PK-WGG)	Departed 12:57
15:15	QG701	Jakarta (CGK)	Citilink	325	Unknown



Sougayilang 70Pcs Kait Pancing | Blimbingsari Airport (BWX/WARI)

flightradar24.com/data/airports/bwx/departures

flightradar24 LIVE AIR TRAFFIC — Apps | Add coverage | Data / History | Social | Press | About | Commercial services | Log in | UTC 11:57

SEARCH | AIRPORTS | AIRLINES | AIRCRAFT | FLIGHTS | PINNED FLIGHTS | STATISTICS

12:20	ID6591	Jakarta (CGK)	Batik Air	A320 (PK-LUU)	Departed 12:09
13:15	IW1881	Surabaya (SUB)	Wings Air	AT76 (PK-WGG)	Departed 12:57
15:15	QG701	Jakarta (CGK)	Citilink	325	Unknown
16:50	IN257	Jakarta (CGK)	Nam Air	735	Unknown
Tuesday, Mar 31					
08:15	IN253	Jakarta (CGK)	Nam Air	735	Scheduled
09:00	JT593	Jakarta (CGK)	Lion Air	738	Scheduled
10:40	QG703	Jakarta (CGK)	Citilink	A320 (PK-GQH)	Scheduled
12:20	ID6591	Jakarta (CGK)	Batik Air	32A	Scheduled
12:35	XN831	Samarinda (AAP)	Express Air	737	Scheduled
12:45	GA265	Jakarta (CGK)	Garuda Indonesia	CRK	Scheduled
13:15	IW1881	Surabaya (SUB)	Wings Air	AT7	Scheduled
14:30	IW1919	Bandung (BDO)	Wings Air	AT7	Scheduled
15:15	QG701	Jakarta (CGK)	Citilink	325	Scheduled
15:40	XN644	Yogyakarta (JOG)	Express Air	733	Scheduled
16:50	IN257	Jakarta (CGK)	Nam Air	735	Scheduled

* All times are in local timezone

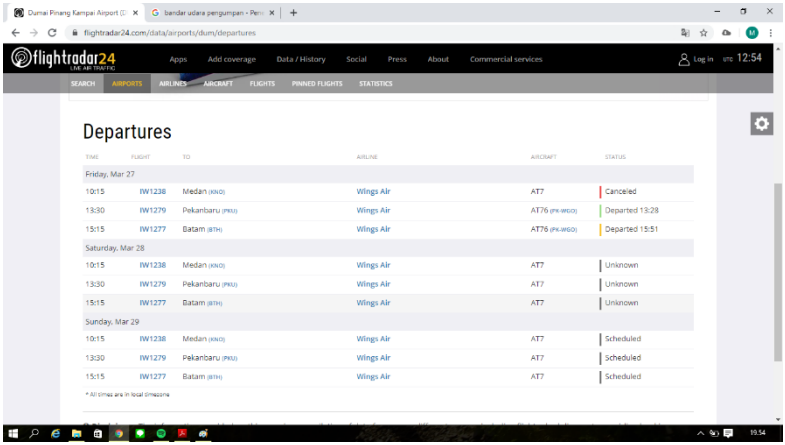
Disclaimer: The information provided on this page is a compilation of data from many different sources including flight scheduling systems, airline booking systems, airports, airlines and other third party data providers. The data is provided as is, there are no guarantees that the information is fully correct or up to date

Lampiran 3 – Data Penerbangan Bandar Udara Blimbingsari (Flightradar24)

TIME	FLIGHT	TO	AIRLINE	AIRCRAFT	STATUS
Thursday, Apr 02					
08:15	IN253	Jakarta (CGK)	Nam Air	735	Unknown
09:00	JT593	Jakarta (CGK)	Lion Air	738	Unknown
09:25	GA271	Jakarta (CGK)	Garuda Indonesia	CRK	Unknown
10:40	QG703	Jakarta (CGK)	Citilink	A320 (PK-GQC)	Departed 10:05
12:20	ID6591	Jakarta (CGK)	Batik Air	A320 (PK-LUO)	Departed 12:15
12:35	XN831	Samarinda (AAP)	Express Air	737	Unknown
12:45	GA265	Jakarta (CGK)	Garuda Indonesia	CRK	Canceled
13:15	IW1881	Surabaya (SUB)	Wings Air	AT7	Unknown
14:30	IW1919	Bandung (BDO)	Wings Air	AT7	Unknown
15:15	QG701	Jakarta (CGK)	Citilink	320	Unknown
15:40	XN644	Yogyakarta (JOG)	Express Air	733	Unknown
16:50	IN257	Jakarta (CGK)	Nam Air	735	Unknown
Friday, Apr 03					

Friday, Apr 03					
08:15	IN253	Jakarta (CGK)	Nam Air	735	Unknown
09:00	JT593	Jakarta (CGK)	Lion Air	738	Unknown
09:25	GA271	Jakarta (CGK)	Garuda Indonesia	CRK	Canceled
10:40	QG703	Jakarta (CGK)	Citilink	A320 (PK-GQR)	Departed 10:18
11:35	QG1503	Surabaya (SUB)	Citilink	AT76 (PK-GJV)	Estimated dep. 11:24
12:20	ID6591	Jakarta (CGK)	Batik Air	A320 (PK-LAM)	Scheduled
12:45	GA265	Jakarta (CGK)	Garuda Indonesia	CRK	Canceled
13:15	IW1881	Surabaya (SUB)	Wings Air	AT76 (PK-WGZ)	Scheduled
15:15	QG701	Jakarta (CGK)	Citilink	A320 (PK-GQR)	Scheduled
16:50	IN257	Jakarta (CGK)	Nam Air	735	Scheduled

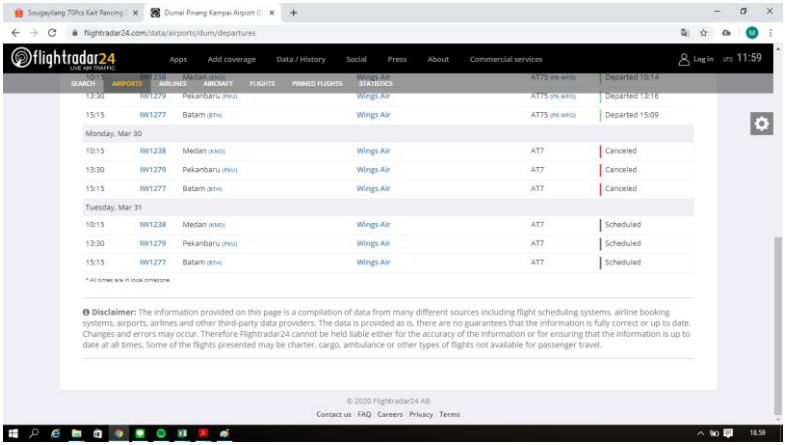
Lampiran 3 – Data penerbangan Bandar Udara Pinang Kampai Dumai (Flightradar24)



Departures

TIME	FLIGHT	TO	AIRLINE	AIRCRAFT	STATUS
Friday, Mar 27					
10:15	IW1238	Medan (KNO)	Wings Air	AT7	Canceled
13:30	IW1279	Pekanbaru (PKU)	Wings Air	AT76 (PK-WGO)	Departed 13:28
15:15	IW1277	Batam (BTH)	Wings Air	AT76 (PK-WGO)	Departed 15:51
Saturday, Mar 28					
10:15	IW1238	Medan (KNO)	Wings Air	AT7	Unknown
13:30	IW1279	Pekanbaru (PKU)	Wings Air	AT7	Unknown
15:15	IW1277	Batam (BTH)	Wings Air	AT7	Unknown
Sunday, Mar 29					
10:15	IW1238	Medan (KNO)	Wings Air	AT7	Scheduled
13:30	IW1279	Pekanbaru (PKU)	Wings Air	AT7	Scheduled
15:15	IW1277	Batam (BTH)	Wings Air	AT7	Scheduled

* All times are in local timezone



10:15	IW1238	Medan (KNO)	Wings Air	AT7 (PK-WFO)	Departed 10:14
13:30	IW1279	Pekanbaru (PKU)	Wings Air	AT75 (PK-WFO)	Departed 13:16
15:15	IW1277	Batam (BTH)	Wings Air	AT75 (PK-WFO)	Departed 15:09
Monday, Mar 30					
10:15	IW1238	Medan (KNO)	Wings Air	AT7	Canceled
13:30	IW1279	Pekanbaru (PKU)	Wings Air	AT7	Canceled
15:15	IW1277	Batam (BTH)	Wings Air	AT7	Canceled
Tuesday, Mar 31					
10:15	IW1238	Medan (KNO)	Wings Air	AT7	Scheduled
13:30	IW1279	Pekanbaru (PKU)	Wings Air	AT7	Scheduled
15:15	IW1277	Batam (BTH)	Wings Air	AT7	Scheduled

* All times are in local timezone

Disclaimer: The information provided on this page is a compilation of data from many different sources including flight scheduling systems, airline booking systems, airports, airlines and other third-party data providers. The data is provided as is, there are no guarantees that the information is fully correct or up to date. Changes and errors may occur. Therefore Flightradar24 cannot be held liable either for the accuracy of the information or for ensuring that the information is up to date at all times. Some of the flights presented may be charter, cargo, ambulance or other types of flights not available for passenger travel.

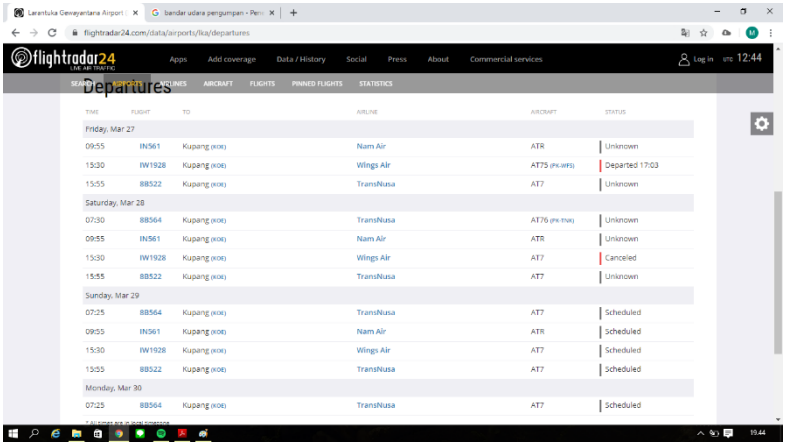
© 2020 Flightradar24 AB

Contact us | FAQ | Careers | Privacy | Terms

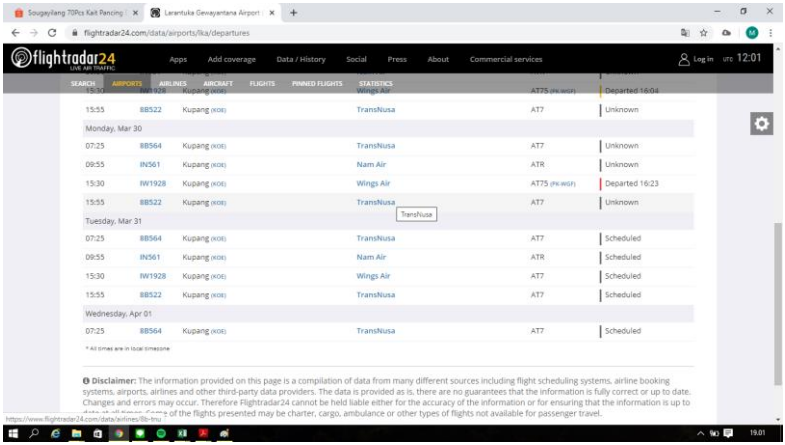
Lampiran 3 – Data penerbangan Bandar Udara Pinang Kampai Dumai (Flightradar24)

Thursday, Apr 02					
10:15	IW1238	Medan (KNO)	Wings Air	AT7	Unknown
13:30	IW1279	Pekanbaru (PKU)	Wings Air	AT7	Unknown
15:15	IW1277	Batam (BTH)	Wings Air	AT7	Unknown
Friday, Apr 03					
10:15	IW1238	Medan (KNO)	Wings Air	AT7	Canceled
13:30	IW1279	Pekanbaru (PKU)	Wings Air	AT75 (PK-WFW)	Estimated dep. 13:31
15:15	IW1277	Batam (BTH)	Wings Air	AT75 (PK-WFW)	Scheduled

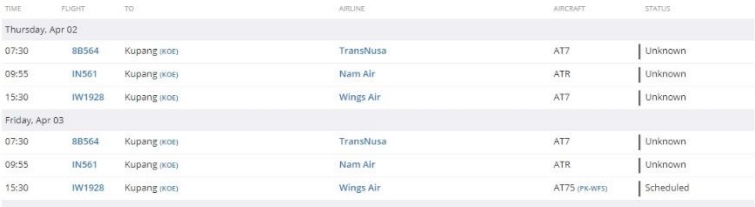
Lampiran 3 – Data penerbangan Bandar Udara Gewayantana-Larantuka (Flightradar24)



Lampiran 3 – Data penerbangan Bandar Udara Gewayantana-Larantuka (Flightradar24)

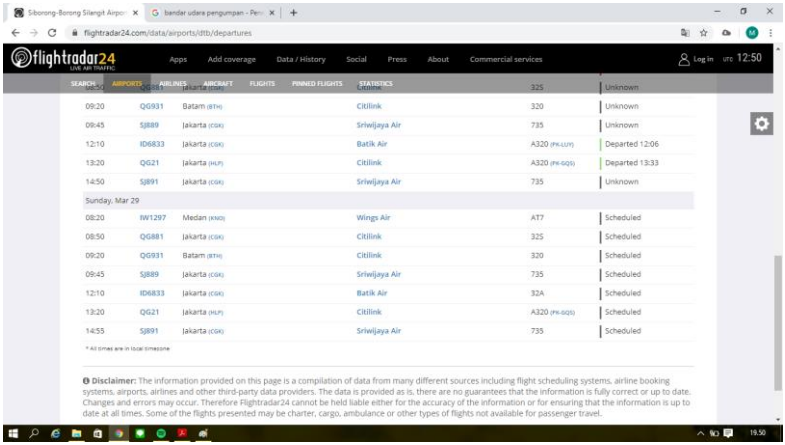


TIME	FLIGHT	TO	AIRLINE	AIRCRAFT	STATUS
15:30	NW1928	Kupang (KOE)	Wings Air	AT75 (PK-WGF)	Departed 16:04
15:55	8B522	Kupang (KOE)	TransNusa	AT7	Unknown
Monday, Mar 30					
07:25	8B564	Kupang (KOE)	TransNusa	AT7	Unknown
09:55	IN561	Kupang (KOE)	Nam Air	ATR	Unknown
15:30	IW1928	Kupang (KOE)	Wings Air	AT75 (PK-WGF)	Departed 16:23
15:55	8B522	Kupang (KOE)	TransNusa	AT7	Unknown
Tuesday, Mar 31					
07:25	8B564	Kupang (KOE)	TransNusa	AT7	Scheduled
09:55	IN561	Kupang (KOE)	Nam Air	ATR	Scheduled
15:30	IW1928	Kupang (KOE)	Wings Air	AT7	Scheduled
15:55	8B522	Kupang (KOE)	TransNusa	AT7	Scheduled
Wednesday, Apr 01					
07:25	8B564	Kupang (KOE)	TransNusa	AT7	Scheduled



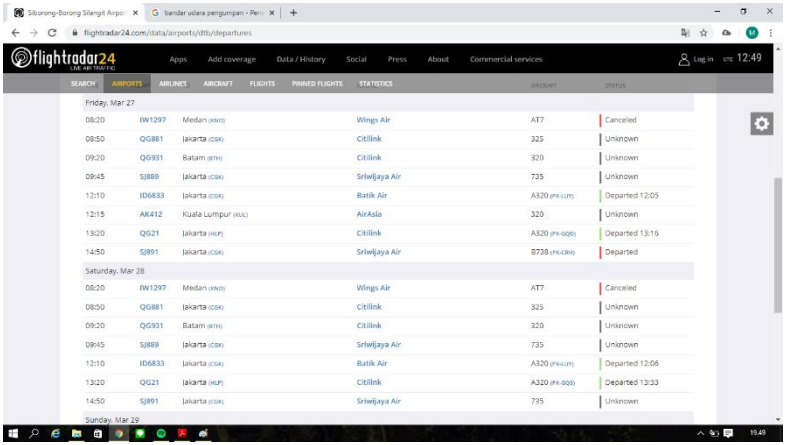
TIME	FLIGHT	TO	AIRLINE	AIRCRAFT	STATUS
Thursday, Apr 02					
07:30	8B564	Kupang (KOE)	TransNusa	AT7	Unknown
09:55	IN561	Kupang (KOE)	Nam Air	ATR	Unknown
15:30	IW1928	Kupang (KOE)	Wings Air	AT7	Unknown
Friday, Apr 03					
07:30	8B564	Kupang (KOE)	TransNusa	AT7	Unknown
09:55	IN561	Kupang (KOE)	Nam Air	ATR	Unknown
15:30	IW1928	Kupang (KOE)	Wings Air	AT75 (PK-WFS)	Scheduled

Lampiran 3 – Data penerbangan Bandar Udara Silangit Siborong Borong (Flightradar24)



flightradar24.com/data/airports/dtb/departures

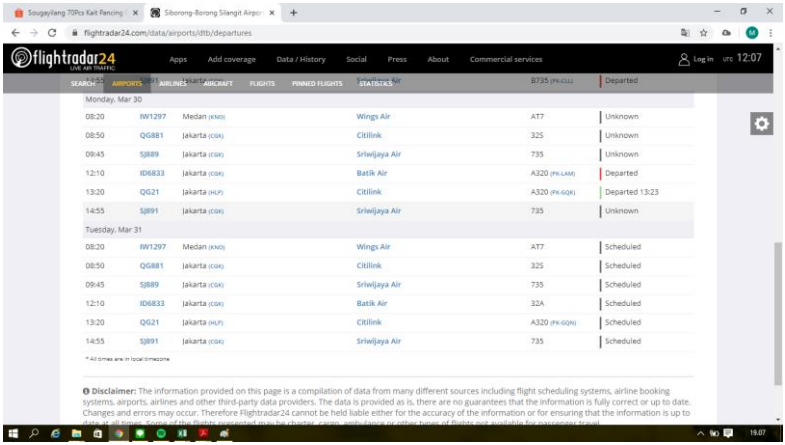
				325	Unknown
09:20	QG931	Batam (BTH)	Citilink	320	Unknown
09:45	SJ889	Jakarta (CGK)	Sriwijaya Air	735	Unknown
12:10	ID6833	Jakarta (CGK)	Batik Air	A320 (PK-LUY)	Departed 12:06
13:20	QG21	Jakarta (HLP)	Citilink	A320 (PK-GQS)	Departed 13:33
14:50	SJ891	Jakarta (CGK)	Sriwijaya Air	735	Unknown
Sunday, Mar 29					
08:20	IW1297	Medan (KNO)	Wings Air	AT7	Scheduled
08:50	QG881	Jakarta (CGK)	Citilink	325	Scheduled
09:20	QG931	Batam (BTH)	Citilink	320	Scheduled
09:45	SJ889	Jakarta (CGK)	Sriwijaya Air	735	Scheduled
12:10	ID6833	Jakarta (CGK)	Batik Air	32A	Scheduled
13:20	QG21	Jakarta (HLP)	Citilink	A320 (PK-GQS)	Scheduled
14:55	SJ891	Jakarta (CGK)	Sriwijaya Air	735	Scheduled



flightradar24.com/data/airports/dtb/departures

Friday, Mar 27					
08:20	IW1297	Medan (KNO)	Wings Air	AT7	Canceled
08:50	QG881	Jakarta (CGK)	Citilink	325	Unknown
09:20	QG931	Batam (BTH)	Citilink	320	Unknown
09:45	SJ889	Jakarta (CGK)	Sriwijaya Air	735	Unknown
12:10	ID6833	Jakarta (CGK)	Batik Air	A320 (PK-LUY)	Departed 12:05
12:15	AK412	Kuala Lumpur (KUL)	AirAsia	320	Unknown
13:20	QG21	Jakarta (HLP)	Citilink	A320 (PK-GQS)	Departed 13:16
14:50	SJ891	Jakarta (CGK)	Sriwijaya Air	B738 (PK-CRH)	Departed
Saturday, Mar 28					
08:20	IW1297	Medan (KNO)	Wings Air	AT7	Canceled
08:50	QG881	Jakarta (CGK)	Citilink	325	Unknown
09:20	QG931	Batam (BTH)	Citilink	320	Unknown
09:45	SJ889	Jakarta (CGK)	Sriwijaya Air	735	Unknown
12:10	ID6833	Jakarta (CGK)	Batik Air	A320 (PK-LUY)	Departed 12:06
13:20	QG21	Jakarta (HLP)	Citilink	A320 (PK-GQS)	Departed 13:33
14:50	SJ891	Jakarta (CGK)	Sriwijaya Air	735	Unknown
Sunday, Mar 29					

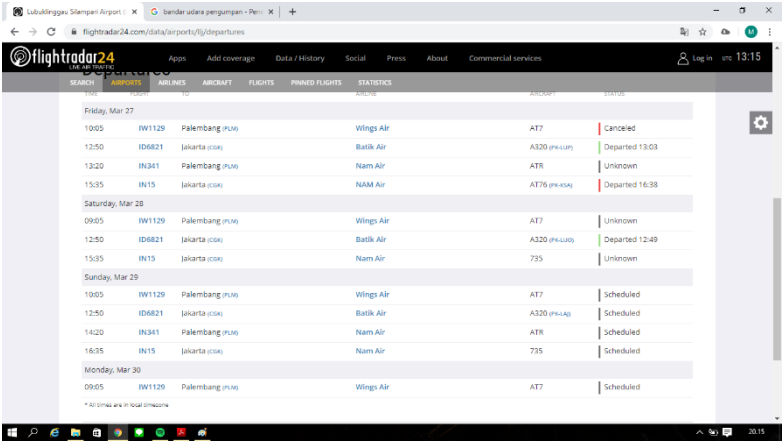
Lampiran 3 – Data penerbangan Bandar Udara Silangit Siborong Borong (Flightradar24)



Monday, Mar 30					
08:20	IW1297	Medan (KNO)	Wings Air	AT7	Unknown
08:50	QG881	Jakarta (CGK)	Citilink	325	Unknown
09:45	SJ889	Jakarta (CGK)	Sriwijaya Air	735	Unknown
12:10	ID6833	Jakarta (CGK)	Batik Air	A320 (PK-LAM)	Departed
13:20	QG21	Jakarta (HLP)	Citilink	A320 (PK-GQR)	Departed 13:23
14:55	SJ891	Jakarta (CGK)	Sriwijaya Air	735	Unknown
Tuesday, Mar 31					
08:20	IW1297	Medan (KNO)	Wings Air	AT7	Scheduled
08:50	QG881	Jakarta (CGK)	Citilink	325	Scheduled
09:45	SJ889	Jakarta (CGK)	Sriwijaya Air	735	Scheduled
12:10	ID6833	Jakarta (CGK)	Batik Air	32A	Scheduled
13:20	QG21	Jakarta (HLP)	Citilink	A320 (PK-GQN)	Scheduled
14:55	SJ891	Jakarta (CGK)	Sriwijaya Air	735	Scheduled

TIME	FLIGHT	TO	AIRLINE	AIRCRAFT	STATUS
Thursday, Apr 02					
08:20	IW1297	Medan (KNO)	Wings Air	AT7	Unknown
08:50	QG881	Jakarta (CGK)	Citilink	320	Unknown
09:45	SJ889	Jakarta (CGK)	Sriwijaya Air	735	Unknown
12:10	ID6833	Jakarta (CGK)	Batik Air	A320 (PK-LUW)	Departed 12:05
13:20	QG21	Jakarta (HLP)	Citilink	A320 (PK-GQM)	Departed 13:16
14:55	SJ891	Jakarta (CGK)	Sriwijaya Air	B735 (PK-CLH)	Departed
Friday, Apr 03					
08:20	IW1297	Medan (KNO)	Wings Air	AT75 (PK-WFI)	Departed 08:10
08:50	QG881	Jakarta (CGK)	Citilink	320	Unknown
09:45	SJ889	Jakarta (CGK)	Sriwijaya Air	735	Unknown
12:10	ID6833	Jakarta (CGK)	Batik Air	A320 (PK-LUP)	Scheduled
13:15	AK412	Kuala Lumpur (KUL)	AirAsia	320	Scheduled
13:20	QG21	Jakarta (HLP)	Citilink	A320 (PK-GQL)	Scheduled
14:55	SJ891	Jakarta (CGK)	Sriwijaya Air	735	Scheduled

Lampiran 3 – Data penerbangan Bandar Udara Silampari (Flightradar24)



Lubuklinggau Silampari Airport (... | bandar udara pergumpan - Pen...

flightradar24.com/data/airports/lij/departures

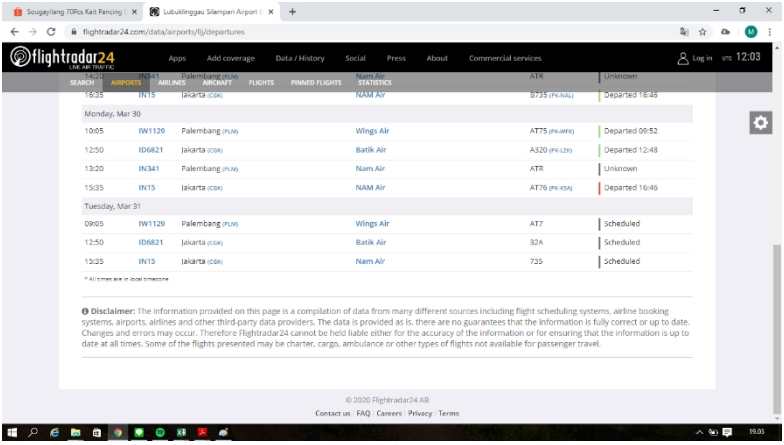
flightradar24 — Apps | Add coverage | Data / History | Social | Press | About | Commercial services | Log in | UTC 13:15

SEARCH | AIRPORTS | AIRLINES | AIRCRAFT | FLIGHTS | PINNED FLIGHTS | STATISTICS

Departures

Friday, Mar 27					
10:05	IW1129	Palembang (PLM)	Wings Air	AT7	Canceled
12:50	ID6821	Jakarta (CGK)	Batik Air	A320 (PK-LUP)	Departed 13:03
13:20	IN341	Palembang (PLM)	Nam Air	ATR	Unknown
15:35	IN15	Jakarta (CGK)	NAM Air	AT76 (PK-KSA)	Departed 16:38
Saturday, Mar 28					
09:05	IW1129	Palembang (PLM)	Wings Air	AT7	Unknown
12:50	ID6821	Jakarta (CGK)	Batik Air	A320 (PK-LUO)	Departed 12:49
15:35	IN15	Jakarta (CGK)	Nam Air	735	Unknown
Sunday, Mar 29					
10:05	IW1129	Palembang (PLM)	Wings Air	AT7	Scheduled
12:50	ID6821	Jakarta (CGK)	Batik Air	A320 (PK-LAJ)	Scheduled
14:20	IN341	Palembang (PLM)	Nam Air	ATR	Scheduled
16:35	IN15	Jakarta (CGK)	Nam Air	735	Scheduled
Monday, Mar 30					
09:05	IW1129	Palembang (PLM)	Wings Air	AT7	Scheduled

* All times are in local timezone



Sougayilang 70Pcs Kait Pancing | Lubuklinggau Silampari Airport (...

flightradar24.com/data/airports/lij/departures

flightradar24 — Apps | Add coverage | Data / History | Social | Press | About | Commercial services | Log in | UTC 12:03

SEARCH | AIRPORTS | AIRLINES | AIRCRAFT | FLIGHTS | PINNED FLIGHTS | STATISTICS

14:20	IN341	Palembang (PLM)	Nam Air	ATR	Unknown
16:35	IN15	Jakarta (CGK)	NAM Air	B735 (PK-NAL)	Departed 16:46
Monday, Mar 30					
10:05	IW1129	Palembang (PLM)	Wings Air	AT75 (PK-WFK)	Departed 09:52
12:50	ID6821	Jakarta (CGK)	Batik Air	A320 (PK-LZN)	Departed 12:48
13:20	IN341	Palembang (PLM)	Nam Air	ATR	Unknown
15:35	IN15	Jakarta (CGK)	NAM Air	AT76 (PK-KSA)	Departed 16:46
Tuesday, Mar 31					
09:05	IW1129	Palembang (PLM)	Wings Air	AT7	Scheduled
12:50	ID6821	Jakarta (CGK)	Batik Air	32A	Scheduled
15:35	IN15	Jakarta (CGK)	Nam Air	735	Scheduled

* All times are in local timezone

Disclaimer: The information provided on this page is a compilation of data from many different sources including flight scheduling systems, airline booking systems, airports, airlines and other third-party data providers. The data is provided as is, there are no guarantees that the information is fully correct or up to date. Changes and errors may occur. Therefore Flightradar24 cannot be held liable either for the accuracy of the information or for ensuring that the information is up to date at all times. Some of the flights presented may be charter, cargo, ambulance or other types of flights not available for passenger travel.

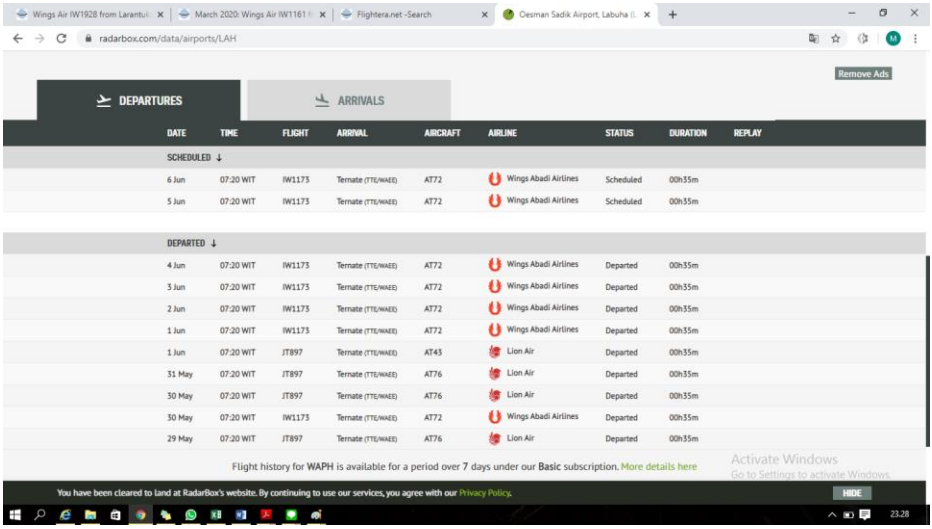
© 2020 Flightradar24 AB

Contact us | FAQ | Careers | Privacy | Terms

Lampiran 3 – Data penerbangan Bandar Udara Silampari (Flightradar24)

TIME	FLIGHT	TO	AIRLINE	AIRCRAFT	STATUS
Thursday, Apr 02					
10:05	IW1129	Palembang (PLM)	Wings Air	AT7	Unknown
12:45	IN15	Jakarta (CGK)	Nam Air	735	Unknown
12:50	ID6821	Jakarta (CGK)	Batik Air	A320 (PK-LAS)	Departed 12:49
Friday, Apr 03					
10:05	IW1129	Palembang (PLM)	Wings Air	AT7	Canceled
12:45	IN15	Jakarta (CGK)	Nam Air	735	Scheduled
12:50	ID6821	Jakarta (CGK)	Batik Air	A320 (PK-LAS)	Scheduled
14:20	IN341	Palembang (PLM)	Nam Air	ATR	Scheduled

Lampiran 3 – Data penerbangan Bandar Oesman Sadik (AirNav)



radarbox.com/data/airports/LAH

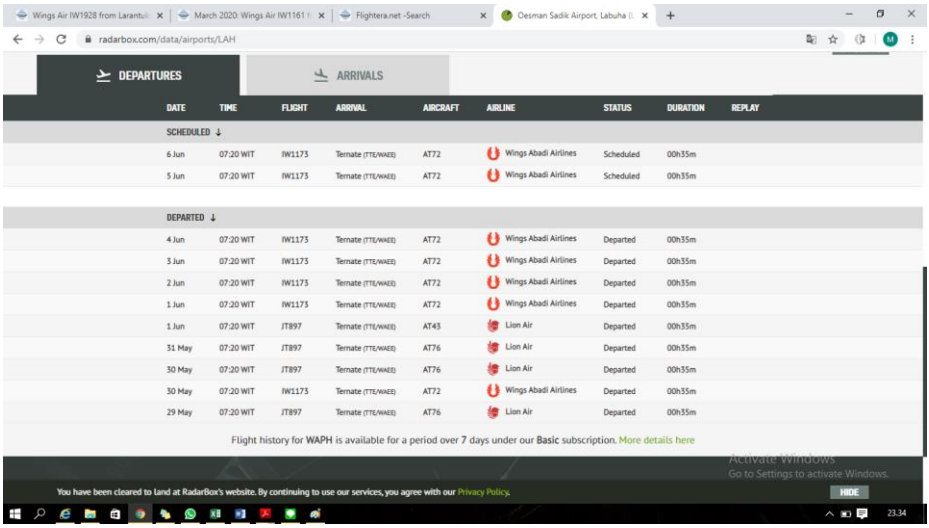
DEPARTURES | ARRIVALS

DATE	TIME	FLIGHT	ARRIVAL	AIRCRAFT	AIRLINE	STATUS	DURATION	REPLAY
SCHEDULED ↓								
6 Jun	07:20 WIT	IW1173	Ternate (TTE/WAEE)	AT72	Wings Abadi Airlines	Scheduled	00h35m	
5 Jun	07:20 WIT	IW1173	Ternate (TTE/WAEE)	AT72	Wings Abadi Airlines	Scheduled	00h35m	
DEPARTED ↓								
4 Jun	07:20 WIT	IW1173	Ternate (TTE/WAEE)	AT72	Wings Abadi Airlines	Departed	00h35m	
3 Jun	07:20 WIT	IW1173	Ternate (TTE/WAEE)	AT72	Wings Abadi Airlines	Departed	00h35m	
2 Jun	07:20 WIT	IW1173	Ternate (TTE/WAEE)	AT72	Wings Abadi Airlines	Departed	00h35m	
1 Jun	07:20 WIT	IW1173	Ternate (TTE/WAEE)	AT72	Wings Abadi Airlines	Departed	00h35m	
1 Jun	07:20 WIT	JT897	Ternate (TTE/WAEE)	AT43	Lion Air	Departed	00h35m	
31 May	07:20 WIT	JT897	Ternate (TTE/WAEE)	AT76	Lion Air	Departed	00h35m	
30 May	07:20 WIT	JT897	Ternate (TTE/WAEE)	AT76	Lion Air	Departed	00h35m	
30 May	07:20 WIT	IW1173	Ternate (TTE/WAEE)	AT72	Wings Abadi Airlines	Departed	00h35m	
29 May	07:20 WIT	JT897	Ternate (TTE/WAEE)	AT76	Lion Air	Departed	00h35m	

Flight history for WAPH is available for a period over 7 days under our Basic subscription. More details here

Remove Ads
Activate Windows
Go to Settings to activate Windows.
You have been cleared to land at RadarBox's website. By continuing to use our services, you agree with our Privacy Policy.
HIDE

Lampiran 3 – Data penerbangan Bandar Oesman Sadik (AirNav)

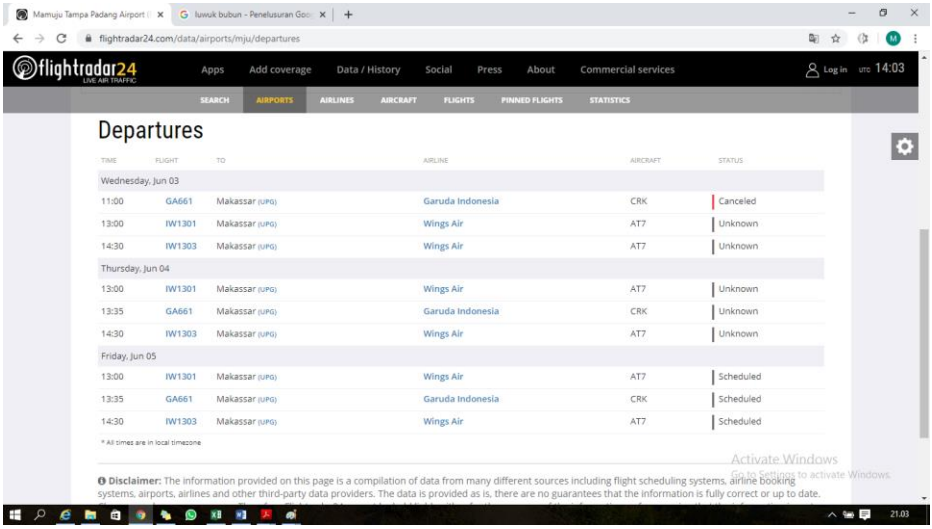


DEPARTURES | ARRIVALS

DATE	TIME	FLIGHT	ARRIVAL	AIRCRAFT	AIRLINE	STATUS	DURATION	REPLAY
SCHEDULED ↓								
6 Jun	07:20 WIT	IW1173	Ternate (TTE/WAEE)	AT72	Wings Abadi Airlines	Scheduled	00h35m	
5 Jun	07:20 WIT	IW1173	Ternate (TTE/WAEE)	AT72	Wings Abadi Airlines	Scheduled	00h35m	
DEPARTED ↓								
4 Jun	07:20 WIT	IW1173	Ternate (TTE/WAEE)	AT72	Wings Abadi Airlines	Departed	00h35m	
3 Jun	07:20 WIT	IW1173	Ternate (TTE/WAEE)	AT72	Wings Abadi Airlines	Departed	00h35m	
2 Jun	07:20 WIT	IW1173	Ternate (TTE/WAEE)	AT72	Wings Abadi Airlines	Departed	00h35m	
1 Jun	07:20 WIT	IW1173	Ternate (TTE/WAEE)	AT72	Wings Abadi Airlines	Departed	00h35m	
1 Jun	07:20 WIT	JT897	Ternate (TTE/WAEE)	AT43	Lion Air	Departed	00h35m	
31 May	07:20 WIT	JT897	Ternate (TTE/WAEE)	AT76	Lion Air	Departed	00h35m	
30 May	07:20 WIT	JT897	Ternate (TTE/WAEE)	AT76	Lion Air	Departed	00h35m	
30 May	07:20 WIT	IW1173	Ternate (TTE/WAEE)	AT72	Wings Abadi Airlines	Departed	00h35m	
29 May	07:20 WIT	JT897	Ternate (TTE/WAEE)	AT76	Lion Air	Departed	00h35m	

Flight history for WAPH is available for a period over 7 days under our Basic subscription. More details here

Lampiran 3 – Data penerbangan Bandar Udara Muko - Muko (Flightradar24)



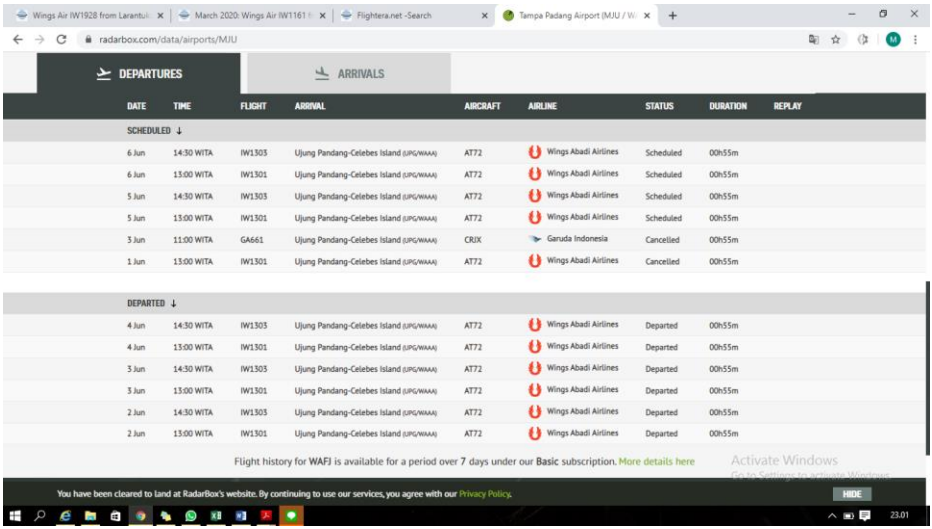
Departures

TIME	FLIGHT	TO	AIRLINE	AIRCRAFT	STATUS
Wednesday, Jun 03					
11:00	GA661	Makassar (UPG)	Garuda Indonesia	CRK	Canceled
13:00	IW1301	Makassar (UPG)	Wings Air	AT7	Unknown
14:30	IW1303	Makassar (UPG)	Wings Air	AT7	Unknown
Thursday, Jun 04					
13:00	IW1301	Makassar (UPG)	Wings Air	AT7	Unknown
13:35	GA661	Makassar (UPG)	Garuda Indonesia	CRK	Unknown
14:30	IW1303	Makassar (UPG)	Wings Air	AT7	Unknown
Friday, Jun 05					
13:00	IW1301	Makassar (UPG)	Wings Air	AT7	Scheduled
13:35	GA661	Makassar (UPG)	Garuda Indonesia	CRK	Scheduled
14:30	IW1303	Makassar (UPG)	Wings Air	AT7	Scheduled

* All times are in local timezone

Disclaimer: The information provided on this page is a compilation of data from many different sources including flight scheduling systems, airline booking systems, airports, airlines and other third-party data providers. The data is provided as is, there are no guarantees that the information is fully correct or up to date.

Lampiran 3 – Data penerbangan Bandar Udara Tampa Padang (AirNav)



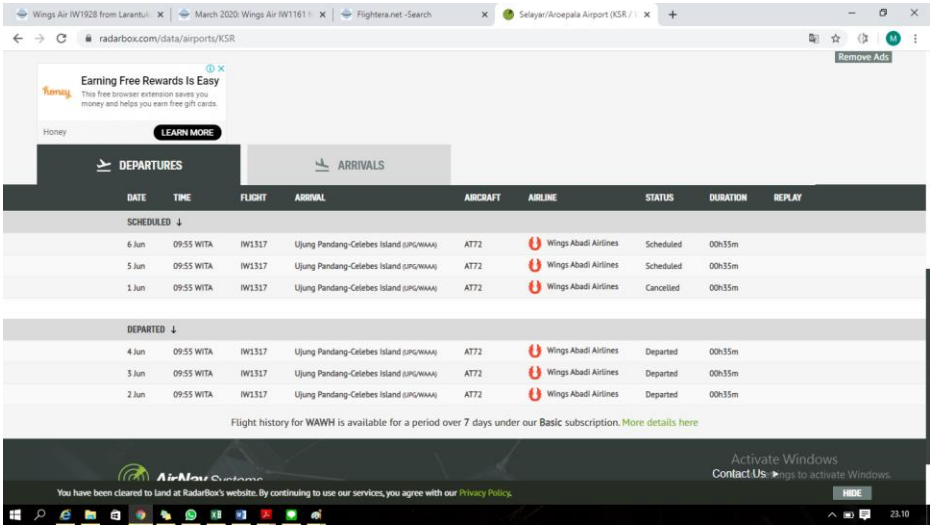
radarbox.com/data/airports/MJU

DEPARTURES | ARRIVALS

DATE	TIME	FLIGHT	ARRIVAL	AIRCRAFT	AIRLINE	STATUS	DURATION	REPLAY
SCHEDULED ↓								
6 Jun	14:30 WITA	IW1303	Ujung Pandang-Celebes Island (UPG/WAAA)	AT72	Wings Abadi Airlines	Scheduled	00h55m	
6 Jun	13:00 WITA	IW1301	Ujung Pandang-Celebes Island (UPG/WAAA)	AT72	Wings Abadi Airlines	Scheduled	00h55m	
5 Jun	14:30 WITA	IW1303	Ujung Pandang-Celebes Island (UPG/WAAA)	AT72	Wings Abadi Airlines	Scheduled	00h55m	
5 Jun	13:00 WITA	IW1301	Ujung Pandang-Celebes Island (UPG/WAAA)	AT72	Wings Abadi Airlines	Scheduled	00h55m	
3 Jun	11:00 WITA	GA661	Ujung Pandang-Celebes Island (UPG/WAAA)	CRJX	Garuda Indonesia	Cancelled	00h55m	
1 Jun	13:00 WITA	IW1301	Ujung Pandang-Celebes Island (UPG/WAAA)	AT72	Wings Abadi Airlines	Cancelled	00h55m	
DEPARTED ↓								
4 Jun	14:30 WITA	IW1303	Ujung Pandang-Celebes Island (UPG/WAAA)	AT72	Wings Abadi Airlines	Departed	00h55m	
4 Jun	13:00 WITA	IW1301	Ujung Pandang-Celebes Island (UPG/WAAA)	AT72	Wings Abadi Airlines	Departed	00h55m	
3 Jun	14:30 WITA	IW1303	Ujung Pandang-Celebes Island (UPG/WAAA)	AT72	Wings Abadi Airlines	Departed	00h55m	
3 Jun	13:00 WITA	IW1301	Ujung Pandang-Celebes Island (UPG/WAAA)	AT72	Wings Abadi Airlines	Departed	00h55m	
2 Jun	14:30 WITA	IW1303	Ujung Pandang-Celebes Island (UPG/WAAA)	AT72	Wings Abadi Airlines	Departed	00h55m	
2 Jun	13:00 WITA	IW1301	Ujung Pandang-Celebes Island (UPG/WAAA)	AT72	Wings Abadi Airlines	Departed	00h55m	

Flight history for WAFJ is available for a period over 7 days under our Basic subscription. More details here

Lampiran 3 – Data penerbangan Bandar Udara Aroepala (AirNav)



radarbox.com/data/airports/KSR

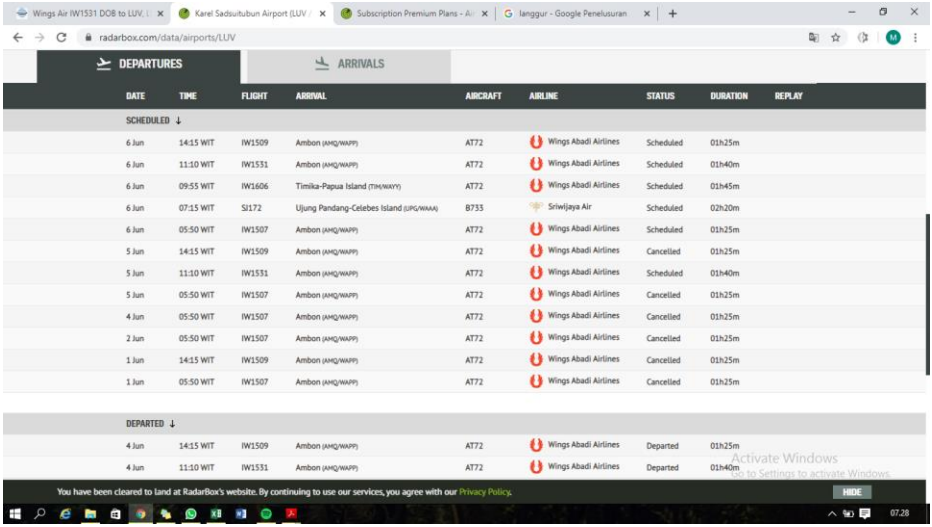
Earning Free Rewards Is Easy
This free browser extension saves you money and helps you earn free gift cards.
Honey LEARN MORE

DEPARTURES | ARRIVALS

DATE	TIME	FLIGHT	ARRIVAL	AIRCRAFT	AIRLINE	STATUS	DURATION	REPLAY
SCHEDULED ↓								
6 Jun	09:55 WITA	IW1317	Ujung Pandang-Celebes Island (UPG/WAAA)	AT72	Wings Abadi Airlines	Scheduled	00h35m	
5 Jun	09:55 WITA	IW1317	Ujung Pandang-Celebes Island (UPG/WAAA)	AT72	Wings Abadi Airlines	Scheduled	00h35m	
1 Jun	09:55 WITA	IW1317	Ujung Pandang-Celebes Island (UPG/WAAA)	AT72	Wings Abadi Airlines	Cancelled	00h35m	
DEPARTED ↓								
4 Jun	09:55 WITA	IW1317	Ujung Pandang-Celebes Island (UPG/WAAA)	AT72	Wings Abadi Airlines	Departed	00h35m	
3 Jun	09:55 WITA	IW1317	Ujung Pandang-Celebes Island (UPG/WAAA)	AT72	Wings Abadi Airlines	Departed	00h35m	
2 Jun	09:55 WITA	IW1317	Ujung Pandang-Celebes Island (UPG/WAAA)	AT72	Wings Abadi Airlines	Departed	00h35m	

Flight history for WAWH is available for a period over 7 days under our Basic subscription. More details here

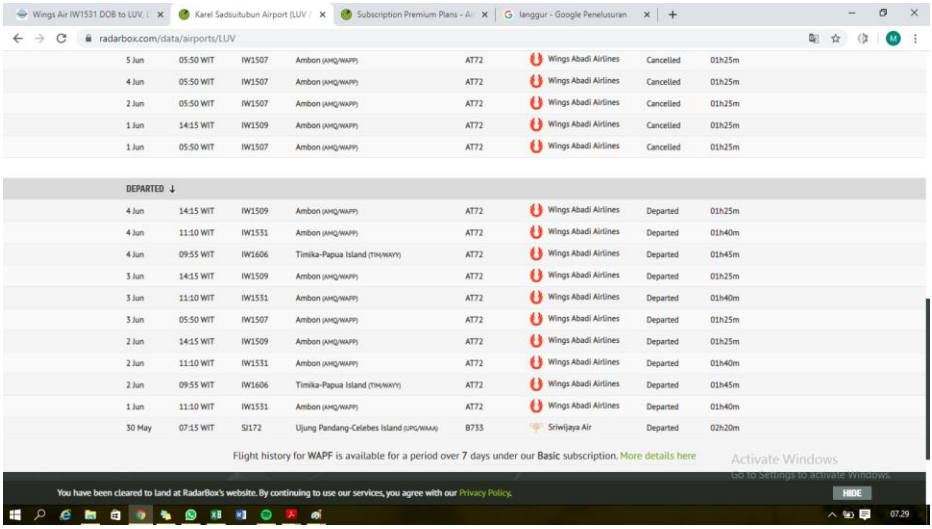
Lampiran 3 – Data penerbangan Bandar Udara Karel Sadsuitubun (AirNav)



DEPARTURES | ARRIVALS

DATE	TIME	FLIGHT	ARRIVAL	AIRCRAFT	AIRLINE	STATUS	DURATION	REPLAY
SCHEDULED ↓								
6 Jun	14:15 WIT	IW1509	Ambon (AMQ/WAPP)	AT72	Wings Abadi Airlines	Scheduled	01h25m	
6 Jun	11:10 WIT	IW1531	Ambon (AMQ/WAPP)	AT72	Wings Abadi Airlines	Scheduled	01h40m	
6 Jun	09:55 WIT	IW1606	Timika-Papua Island (TIM/WAYY)	AT72	Wings Abadi Airlines	Scheduled	01h45m	
6 Jun	07:15 WIT	SJ172	Ujung Pandang-Celebes Island (UPG/WAAA)	B733	Sriwijaya Air	Scheduled	02h20m	
6 Jun	05:50 WIT	IW1507	Ambon (AMQ/WAPP)	AT72	Wings Abadi Airlines	Scheduled	01h25m	
5 Jun	14:15 WIT	IW1509	Ambon (AMQ/WAPP)	AT72	Wings Abadi Airlines	Cancelled	01h25m	
5 Jun	11:10 WIT	IW1531	Ambon (AMQ/WAPP)	AT72	Wings Abadi Airlines	Scheduled	01h40m	
5 Jun	05:50 WIT	IW1507	Ambon (AMQ/WAPP)	AT72	Wings Abadi Airlines	Cancelled	01h25m	
4 Jun	05:50 WIT	IW1507	Ambon (AMQ/WAPP)	AT72	Wings Abadi Airlines	Cancelled	01h25m	
2 Jun	05:50 WIT	IW1507	Ambon (AMQ/WAPP)	AT72	Wings Abadi Airlines	Cancelled	01h25m	
1 Jun	14:15 WIT	IW1509	Ambon (AMQ/WAPP)	AT72	Wings Abadi Airlines	Cancelled	01h25m	
1 Jun	05:50 WIT	IW1507	Ambon (AMQ/WAPP)	AT72	Wings Abadi Airlines	Cancelled	01h25m	
DEPARTED ↓								
4 Jun	14:15 WIT	IW1509	Ambon (AMQ/WAPP)	AT72	Wings Abadi Airlines	Departed	01h25m	
4 Jun	11:10 WIT	IW1531	Ambon (AMQ/WAPP)	AT72	Wings Abadi Airlines	Departed	01h40m	

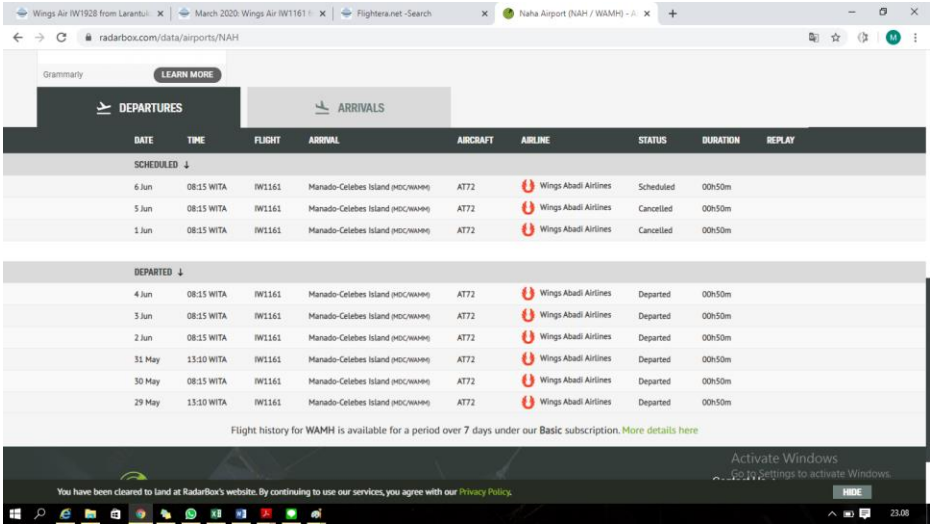
Lampiran 3 – Data penerbangan Bandar Udara Karel Sadsuitubun (AirNav)



5 Jun	05:50 WIT	IW1507	Ambon (AMQ/WAPP)	AT72	Wings Abadi Airlines	Cancelled	01h25m	
4 Jun	05:50 WIT	IW1507	Ambon (AMQ/WAPP)	AT72	Wings Abadi Airlines	Cancelled	01h25m	
2 Jun	05:50 WIT	IW1507	Ambon (AMQ/WAPP)	AT72	Wings Abadi Airlines	Cancelled	01h25m	
1 Jun	14:15 WIT	IW1509	Ambon (AMQ/WAPP)	AT72	Wings Abadi Airlines	Cancelled	01h25m	
1 Jun	05:50 WIT	IW1507	Ambon (AMQ/WAPP)	AT72	Wings Abadi Airlines	Cancelled	01h25m	
DEPARTED ↓								
4 Jun	14:15 WIT	IW1509	Ambon (AMQ/WAPP)	AT72	Wings Abadi Airlines	Departed	01h25m	
4 Jun	11:10 WIT	IW1531	Ambon (AMQ/WAPP)	AT72	Wings Abadi Airlines	Departed	01h40m	
4 Jun	09:55 WIT	IW1606	Timika-Papua Island (TIM/WAYY)	AT72	Wings Abadi Airlines	Departed	01h45m	
3 Jun	14:15 WIT	IW1509	Ambon (AMQ/WAPP)	AT72	Wings Abadi Airlines	Departed	01h25m	
3 Jun	11:10 WIT	IW1531	Ambon (AMQ/WAPP)	AT72	Wings Abadi Airlines	Departed	01h40m	
3 Jun	05:50 WIT	IW1507	Ambon (AMQ/WAPP)	AT72	Wings Abadi Airlines	Departed	01h25m	
2 Jun	14:15 WIT	IW1509	Ambon (AMQ/WAPP)	AT72	Wings Abadi Airlines	Departed	01h25m	
2 Jun	11:10 WIT	IW1531	Ambon (AMQ/WAPP)	AT72	Wings Abadi Airlines	Departed	01h40m	
2 Jun	09:55 WIT	IW1606	Timika-Papua Island (TIM/WAYY)	AT72	Wings Abadi Airlines	Departed	01h45m	
1 Jun	11:10 WIT	IW1531	Ambon (AMQ/WAPP)	AT72	Wings Abadi Airlines	Departed	01h40m	
30 May	07:15 WIT	SJ172	Ujung Pandang-Celebes Island (UPG/WAAA)	B733	Sriwijaya Air	Departed	02h20m	

Flight history for WAPF is available for a period over 7 days under our Basic subscription. More details here

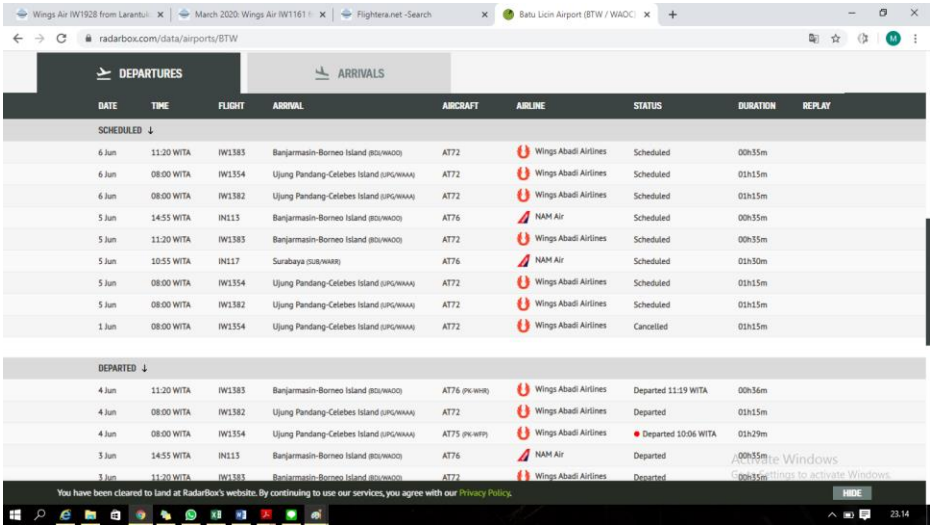
Lampiran 3 – Data penerbangan Bandar Udara Naha-Tahuna (AirNav)



DEPARTURES | ARRIVALS

DATE	TIME	FLIGHT	ARRIVAL	AIRCRAFT	AIRLINE	STATUS	DURATION	REPLAY
SCHEDULED ↓								
6 Jun	08:15 WITA	IW1161	Manado-Celebes Island (MDC/WAMM)	AT72	Wings Abadi Airlines	Scheduled	00h50m	
5 Jun	08:15 WITA	IW1161	Manado-Celebes Island (MDC/WAMM)	AT72	Wings Abadi Airlines	Cancelled	00h50m	
1 Jun	08:15 WITA	IW1161	Manado-Celebes Island (MDC/WAMM)	AT72	Wings Abadi Airlines	Cancelled	00h50m	
DEPARTED ↓								
4 Jun	08:15 WITA	IW1161	Manado-Celebes Island (MDC/WAMM)	AT72	Wings Abadi Airlines	Departed	00h50m	
3 Jun	08:15 WITA	IW1161	Manado-Celebes Island (MDC/WAMM)	AT72	Wings Abadi Airlines	Departed	00h50m	
2 Jun	08:15 WITA	IW1161	Manado-Celebes Island (MDC/WAMM)	AT72	Wings Abadi Airlines	Departed	00h50m	
31 May	13:10 WITA	IW1161	Manado-Celebes Island (MDC/WAMM)	AT72	Wings Abadi Airlines	Departed	00h50m	
30 May	08:15 WITA	IW1161	Manado-Celebes Island (MDC/WAMM)	AT72	Wings Abadi Airlines	Departed	00h50m	
29 May	13:10 WITA	IW1161	Manado-Celebes Island (MDC/WAMM)	AT72	Wings Abadi Airlines	Departed	00h50m	

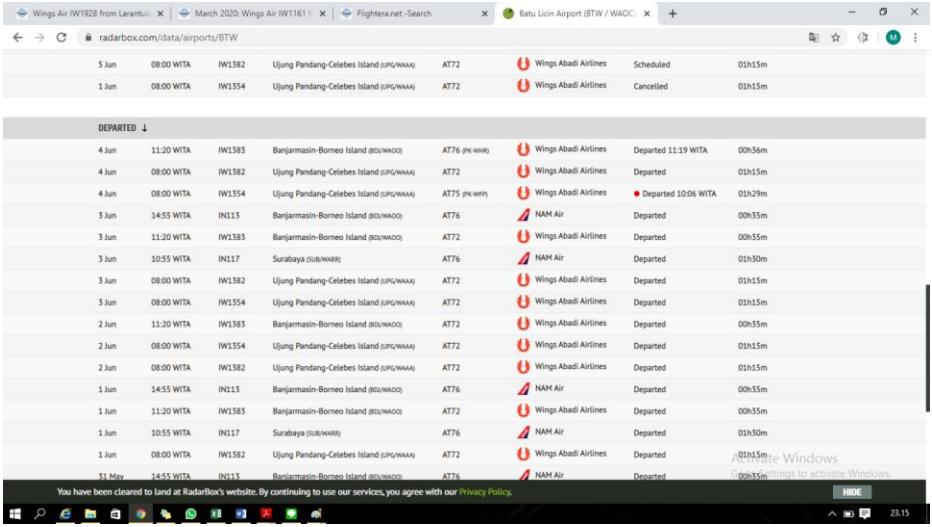
Lampiran 3 – Data penerbangan Bandar Udara Batu Licin (AirNav)



DEPARTURES | ARRIVALS

DATE	TIME	FLIGHT	ARRIVAL	AIRCRAFT	AIRLINE	STATUS	DURATION	REPLAY
SCHEDULED ↓								
6 Jun	11:20 WITA	IW1383	Banjarmasin-Borneo Island (BDJ/WAOO)	AT72	Wings Abadi Airlines	Scheduled	00h35m	
6 Jun	08:00 WITA	IW1354	Ujung Pandang-Celebes Island (UPG/WAAA)	AT72	Wings Abadi Airlines	Scheduled	01h15m	
6 Jun	08:00 WITA	IW1382	Ujung Pandang-Celebes Island (UPG/WAAA)	AT72	Wings Abadi Airlines	Scheduled	01h15m	
5 Jun	14:55 WITA	IN113	Banjarmasin-Borneo Island (BDJ/WAOO)	AT76	NAM Air	Scheduled	00h35m	
5 Jun	11:20 WITA	IW1383	Banjarmasin-Borneo Island (BDJ/WAOO)	AT72	Wings Abadi Airlines	Scheduled	00h35m	
5 Jun	10:55 WITA	IN117	Surabaya (SUB/WARR)	AT76	NAM Air	Scheduled	01h30m	
5 Jun	08:00 WITA	IW1354	Ujung Pandang-Celebes Island (UPG/WAAA)	AT72	Wings Abadi Airlines	Scheduled	01h15m	
5 Jun	08:00 WITA	IW1382	Ujung Pandang-Celebes Island (UPG/WAAA)	AT72	Wings Abadi Airlines	Scheduled	01h15m	
1 Jun	08:00 WITA	IW1354	Ujung Pandang-Celebes Island (UPG/WAAA)	AT72	Wings Abadi Airlines	Cancelled	01h15m	
DEPARTED ↓								
4 Jun	11:20 WITA	IW1383	Banjarmasin-Borneo Island (BDJ/WAOO)	AT76 (PK-WHR)	Wings Abadi Airlines	Departed 11:19 WITA	00h36m	
4 Jun	08:00 WITA	IW1382	Ujung Pandang-Celebes Island (UPG/WAAA)	AT72	Wings Abadi Airlines	Departed	01h15m	
4 Jun	08:00 WITA	IW1354	Ujung Pandang-Celebes Island (UPG/WAAA)	AT75 (PK-WFP)	Wings Abadi Airlines	Departed 10:06 WITA	01h29m	
3 Jun	14:55 WITA	IN113	Banjarmasin-Borneo Island (BDJ/WAOO)	AT76	NAM Air	Departed	00h35m	
3 Jun	11:20 WITA	IW1383	Banjarmasin-Borneo Island (BDJ/WAOO)	AT72	Wings Abadi Airlines	Departed	00h35m	

Lampiran 3 – Data penerbangan Bandar Udara Batu Licin (AirNav)



5 Jun	08:00 WITA	IW1382	Ujung Pandang-Celebes Island (UPG/WAAA)	AT72	Wings Abadi Airlines	Scheduled	01h15m
1 Jun	08:00 WITA	IW1354	Ujung Pandang-Celebes Island (UPG/WAAA)	AT72	Wings Abadi Airlines	Cancelled	01h15m

DEPARTED ↓

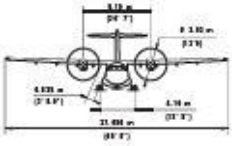
4 Jun	11:20 WITA	IW1383	Banjarmasin-Borneo Island (BDJ/WADD)	AT76 (PK-WHR)	Wings Abadi Airlines	Departed 11:19 WITA	00h36m
4 Jun	08:00 WITA	IW1382	Ujung Pandang-Celebes Island (UPG/WAAA)	AT72	Wings Abadi Airlines	Departed	01h15m
4 Jun	08:00 WITA	IW1354	Ujung Pandang-Celebes Island (UPG/WAAA)	AT75 (PK-WFP)	Wings Abadi Airlines	Departed 10:06 WITA	01h29m
3 Jun	14:55 WITA	IN113	Banjarmasin-Borneo Island (BDJ/WADD)	AT76	NAM Air	Departed	00h35m
3 Jun	11:20 WITA	IW1383	Banjarmasin-Borneo Island (BDJ/WADD)	AT72	Wings Abadi Airlines	Departed	00h35m
3 Jun	10:55 WITA	IN117	Surabaya (SUB/WARR)	AT76	NAM Air	Departed	01h30m
3 Jun	08:00 WITA	IW1382	Ujung Pandang-Celebes Island (UPG/WAAA)	AT72	Wings Abadi Airlines	Departed	01h15m
3 Jun	08:00 WITA	IW1354	Ujung Pandang-Celebes Island (UPG/WAAA)	AT72	Wings Abadi Airlines	Departed	01h15m
2 Jun	11:20 WITA	IW1383	Banjarmasin-Borneo Island (BDJ/WADD)	AT72	Wings Abadi Airlines	Departed	00h35m
2 Jun	08:00 WITA	IW1354	Ujung Pandang-Celebes Island (UPG/WAAA)	AT72	Wings Abadi Airlines	Departed	01h15m
2 Jun	08:00 WITA	IW1382	Ujung Pandang-Celebes Island (UPG/WAAA)	AT72	Wings Abadi Airlines	Departed	01h15m
1 Jun	14:55 WITA	IN113	Banjarmasin-Borneo Island (BDJ/WADD)	AT76	NAM Air	Departed	00h35m
1 Jun	11:20 WITA	IW1383	Banjarmasin-Borneo Island (BDJ/WADD)	AT72	Wings Abadi Airlines	Departed	00h35m
1 Jun	10:55 WITA	IN117	Surabaya (SUB/WARR)	AT76	NAM Air	Departed	01h30m
1 Jun	08:00 WITA	IW1382	Ujung Pandang-Celebes Island (UPG/WAAA)	AT72	Wings Abadi Airlines	Departed	01h15m
31 May	14:55 WITA	IN113	Banjarmasin-Borneo Island (BDJ/WADD)	AT76	NAM Air	Departed	00h35m

LAMPIRAN 4

Data Pesawat

ATR 72-500

THE REFERENCE IN REGIONAL AIR TRANSPORT



STANDARD CONFIGURATION

68 seats at 31" pitch

Engines	
PRATT & WHITNEY CANADA	PW127 F/M
Take-off power	2,475 SHP
Take-off power - One engine	2,750 SHP
Max continuous	2,500 SHP
Max climb	2,192 SHP
Max cruise	2,132 SHP
Propellers	
Hamilton Standard	568F
Blades: 6; Diameter: 3.93 m - 12.9 ft	
Weights	
Max takeoff weight (basic)	22,000 kg - 48,501 lb
Max takeoff weight (option 1)	22,500 kg - 49,603 lb
Max takeoff weight (option 2)	22,800 kg - 50,265 lb
Max landing weight (basic)	21,850 kg - 48,170 lb
Max landing weight (option)	22,350 kg - 49,272 lb
Max zero fuel weight (basic)	20,000 kg - 44,092 lb
Max zero fuel weight (option 1)	20,500 kg - 45,194 lb
Max zero fuel weight (option 2)	20,800 kg - 45,856 lb
Operational empty weight (Tech. Spec.)	12,950 kg - 28,549 lb
Operational empty weight (Typical Inservice)	13,600 kg - 29,982 lb
Max payload (at typical inservice OEW)	7,200 kg - 15,873 lb
Max fuel load	5,000 kg - 11,023 lb

Airfield performance	
TAKEOFF DISTANCE:	
• Basic (MTOW - ISA - SL)	1,224 m - 4,016 ft
• Option 1 (MTOW - ISA - SL)	1,289 m - 4,229 ft
• Option 2 (MTOW - ISA - SL)	1,333 m - 4,373 ft
• At TOW for 300 Nm - Max pax - SL - ISA	1,163 m - 3,815 ft
• At TOW for 300 Nm - Max pax - 3,000 ft - ISA +10	1,399 m - 4,590 ft
TAKEOFF SPEED (V2 min @ MTOW)	115 KCAS
LANDING FIELD LENGTH (JAR)	
• Basic MLW - SL	898 m - 2,946 ft
• Option (MLW - SL)	915 m - 3,002 ft
• At LW (max pax + reserves) - SL	862 m - 2,828 ft
• Reference speed at landing	113 KIAS
En-route performance	
Optimum climb speed	170 KCAS
Rate of climb (ISA, SL, MTOW)	1,374 ft/min
Max Cruise speed (95% MTOW - ISA - Optimum FL)	275 KTAS - 510 km/h
Fuel flow at cruise speed	762 kg/h - 1,680 lb/h
Range with max pax	785 Nm
200 Nm Black Fuel	617 kg - 1,360 lb
CO2 Emission	1,944 kg - 4,285 lb
300 Nm Black Fuel	858 kg - 1,892 lb
CO2 Emission	2,703 kg - 5,958 lb

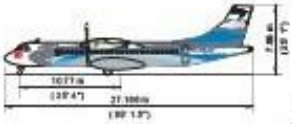
NB: en-route performance computed assuming Max Optional TOW, Typical Inservice OEW, 6-8 PAX@95 Kg, JAR fuel reserves, last time allowance: 4 min.

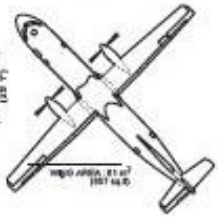
[illegible] Marketing September 2014
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]

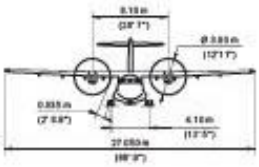
© ATR. All rights reserved. Confidential and proprietary document.
[illegible]

ATR 72-600

UNMATCHED LEADERSHIP

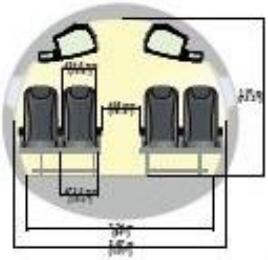






STANDARD CONFIGURATION

70 seats at 30" pitch



Engines	
Take-off power	2,475 SHP
Take-off power - One engine	2,750 SHP
Max continuous	2,500 SHP
Max climb	2,192 SHP
Max cruise	2,132 SHP
Propellers	
Hamilton Standard	568F
Blades: 6; Diameter: 3.93 m - 12.9 ft	
Weights	
Max take-off weight (basic)	22,800 kg - 50,265 lb
Max take-off weight (option)	23,000 kg - 50,705 lb
Max landing weight (basic)	22,350 kg - 49,272 lb
Max zero fuel weight (basic)	20,800 kg - 45,855 lb
Max zero fuel weight (option)	21,000 kg - 46,296 lb
Operational empty weight (Tech. Spec.)	13,311 kg - 29,346 lb
Operational empty weight (Typical in-service)	13,500 kg - 29,762 lb
Max payload (at typical in-service OEW)	7,500 kg - 16,534 lb
Max fuel load	5,000 kg - 11,023 lb

NB: en-route performance computed assuming Max Optional TOW, Typical in-service OEW, 70PAX@95 Kg, JAR fuel reserves, taxi fuel allowance: 4 min.

Airfield performance	
TAKE-OFF DISTANCE:	
• Basic (MTOW - ISA - SL)	1,333 m - 4,373 ft
• Option (MTOW - ISA - SL)	1,367 m - 4,485 ft
• At TOW for 300 Nm - Max pax - SL - ISA	1,175 m - 3,855 ft
• At TOW for 300 Nm - Max pax - 3,000 ft - ISA +10	1,410 m - 4,626 ft
TAKE-OFF SPEED (V2 min @ MTOW)	116 KCAS
LANDING FIELD LENGTH (JAR25)	
• Basic (MLW - SL)	914 m - 2,299 ft
• At LW (max pax + reserves) - SL	863 m - 2,832 ft
• Reference speed at landing	113 KIAS
En-route performance	
Optimum climb speed	170 KCAS
Rate of climb (ISA, SL, MTOW)	1,355 ft/min
Max Cruise speed (95% MTOW - ISA - Optimum FL)	275 KTAS - 510 km/h
Fuel flow at cruise speed	762 kg/h - 1,680 lb/h
Range with max pax (70 seats)	825 Nm
200 Nm Block Fuel CO2 Emission 200 Nm Block Time	618 kg - 1,363 lb 1,947 kg - 4,292 lb 55.6 min
300 Nm Block Fuel CO2 Emission 300 Nm Block Time	859 kg - 1,894 lb 2,706 kg - 5,966 lb 78.0 min

© ATR - All rights reserved. Confidential document not to be copied.

This document contains information which is the property of ATR. Its contents must not be disclosed to any person or entity without the express written consent of ATR. This document and its contents shall not be used for any purpose other than that for which it is supplied.
ATR - Avions de Transport Régional - 1, allée Pierre Nadot - 31712 Blagnac Cedex - France - Phone: +33 (0)5 62 21 62 21
www.atr-aircraft.com
Photo credit: ATR - Pierre Nadot - Photolibrary - Engineering Photo Communication

CHARACTERISTICS	UNITS	MODEL 737-500				
		CFM56-3B1 ENGINES (18,500 LB SLST)			CFM56-3B1 ENGINES (20,000 LB SLST)	
MAX DESIGN	POUNDS	116,000	125,000	134,000	125,000	136,500
TAXI WEIGHT	KILOGRAMS	52,617	56,699	60,781	56,699	61,915
MAX DESIGN	POUNDS	115,500	124,500	133,500	133,500	136,000
TAKEOFF WEIGHT	KILOGRAMS	52,390	56,472	60,555	60,555	61,689
MAX DESIGN	POUNDS	110,000	110,000	110,000	110,000	110,000
LANDING WEIGHT	KILOGRAMS	49,895	49,895	49,895	49,895	49,895
MAX DESIGN	POUNDS	102,500	102,500	102,500	102,500	103,000
ZERO FUEL WEIGHT	KILOGRAMS	46,493	46,493	46,493	46,493	46,720
OPERATING	POUNDS	69,030	69,030	69,030	69,030	69,030
EMPTY WEIGHT (1)	KILOGRAMS	31,312	31,312	31,312	31,312	31,312
MAX STRUCTURAL	POUNDS	33,470	33,470	33,470	33,470	33,470
PAYLOAD	KILOGRAMS	15,182	15,182	15,182	15,182	15,182
SEATING CAPACITY	TWO-CLASS	108: 8 FIRST CLASS AND 100 ECONOMY				
	ALL-ECONOMY	122 AT SIX ABREAST; FAA EXIT LIMIT: 149				
MAX CARGO VOLUME	CUBIC FEET	822	683 (2)	595 (3)	671 (4)	546 (5)
- LOWER DECK	CUBIC METERS	23.3	19.3 (2)	16.8 (3)	19.0 (4)	15.5 (5)
USABLE FUEL	US GALLONS	5,311	5,701 (2)	6,121 (3)	5,803 (4)	6,295 (5)
	LITERS	20,102	21,578 (2)	23,168 (3)	21,964 (4)	23,827 (5)
	POUNDS	35,584	38,197 (2)	41,011 (3)	38,880 (4)	42,177 (5)
	KILOGRAMS	16,141	17,326 (2)	18,602 (3)	17,636 (4)	19,131 (5)

NOTES: (1) OPERATING EMPTY WEIGHT FOR BASELINE MIXED CLASS CONFIGURATION. CONSULT WITH AIRLINE FOR SPECIFIC WEIGHTS AND CONFIGURATIONS.
(2) AIRPLANE WITH 390 GAL (1,475 L) AUXILIARY FUEL TANK IN AFT CARGO COMPARTMENT
(3) AIRPLANE WITH 810 GAL (3,065 L) AUXILIARY FUEL TANK IN AFT CARGO COMPARTMENT
(4) AIRPLANE WITH 500 GAL (1,893 L) AUXILIARY FUEL TANK IN AFT CARGO COMPARTMENT
(5) AIRPLANE WITH 1,000 GAL (3,785 L) AUXILIARY FUEL TANK IN AFT CARGO COMPARTMENT

2.1.8 GENERAL CHARACTERISTICS
MODEL 737-500

CHARACTERISTICS	UNITS	MODEL 737-700, -700 WITH WINGLETS -700C		
MAX DESIGN TAXI WEIGHT	POUNDS	133,500	153,500	155,000
	KILOGRAMS	60,554	69,627	70,307
MAX DESIGN TAKEOFF WEIGHT	POUNDS	133,000	153,000	154,500
	KILOGRAMS	60,328	69,400	70,080
MAX DESIGN LANDING WEIGHT	POUNDS	128,000	128,000	129,200
	KILOGRAMS	58,060	58,060	58,604
MAX DESIGN ZERO FUEL WEIGHT	POUNDS	120,500	120,500	121,700
	KILOGRAMS	54,658	54,658	55,202
OPERATING EMPTY WEIGHT (1)	POUNDS	83,000	83,000	83,000
	KILOGRAMS	37,648	37,648	37,648
MAX STRUCTURAL PAYLOAD	POUNDS	37,500	37,500	38,700
	KILOGRAMS	17,010	17,010	17,554
SEATING CAPACITY (1)	TWO-CLASS	128	128	128
	ALL-ECONOMY	148	148	148
MAX CARGO - LOWER DECK	CUBIC FEET	1002	1002	1002
	CUBIC METERS	28.4	28.4	28.4
USABLE FUEL	US GALLONS	6875	6875	6875
	LITERS	26,022	26,022	26,022
	POUNDS	46,063	46,063	46,063
	KILOGRAMS	20,894	20,894	20,894

NOTE: (1) OPERATING EMPTY WEIGHT FOR BASELINE MIXED CLASS CONFIGURATION. CONSULT WITH AIRLINE FOR SPECIFIC WEIGHTS AND CONFIGURATIONS.

LAMPIRAN 5

Hasil Analisis Faarfield

1. ATR 72 – 500 Klasifikasi Landas Pacu 4C Sebelum Stabilisasi

ATR72-500 ACAggrega~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-209 Cr Ag	150,0	282,14
-->	P-154 UnCr Ag	557,0	78,90
	Subgrade	CBR = 2,0	20,45

HMA CDF = 0,06; Sub CDF = 1,00; Str Life (SG) = 20,0 yrs; t = 807,0 mm

ATR72-500 ACAggrega~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-209 Cr Ag	150,0	278,08
-->	P-154 UnCr Ag	543,8	79,35
	Subgrade	CBR = 2,1	21,37

N = 2; HMA CDF = 0,07; Sublayers; Subgrade CDF = 1,00; t = 793,8 mm

ATR72-500 ACAggrega~01 Des. Life = 20

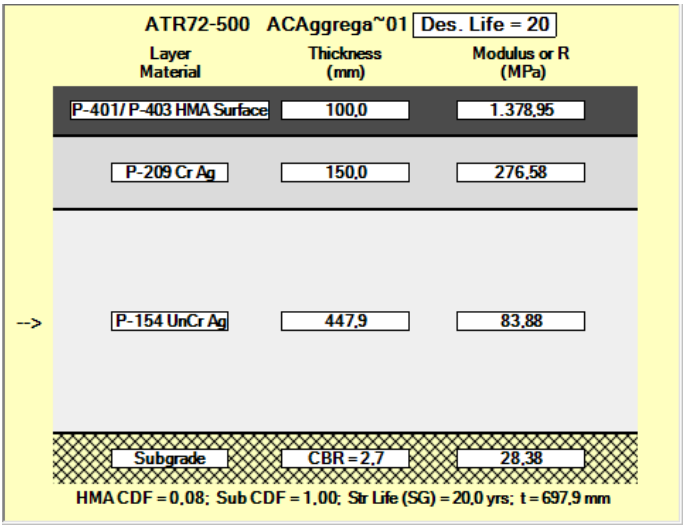
	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-209 Cr Ag	150,0	272,24
-->	P-154 UnCr Ag	486,8	82,27
	Subgrade	CBR = 2,5	25,40

HMA CDF = 0,08; Sub CDF = 1,00; Str Life (SG) = 20,0 yrs; t = 736,8 mm

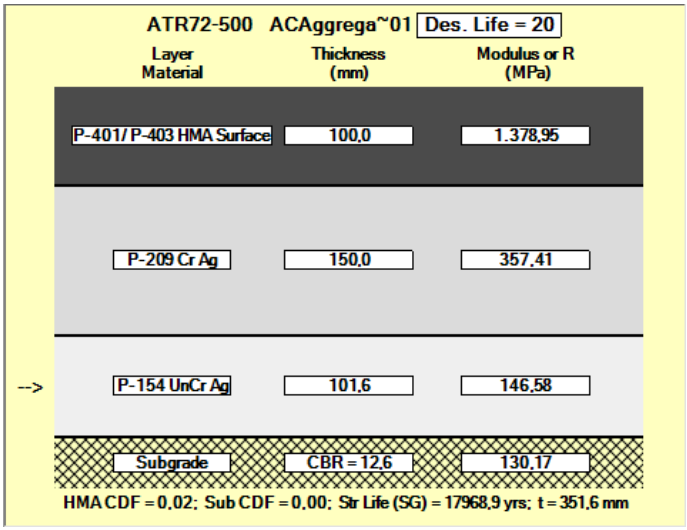
ATR72-500 ACAggrega~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-209 Cr Ag	150,0	272,34
-->	P-154 UnCr Ag	485,9	82,31
	Subgrade	CBR = 2,5	25,46

HMA CDF = 0,08; Sub CDF = 1,00; Str Life (SG) = 20,0 yrs; t = 735,9 mm



2. ATR 72 – 500 Klasifikasi Landas Pacu 4C Setelah Stabilisasi Bottom Ash



ATR72-500 ACAggrega~01 Des. Life = 20

Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
P-209 Cr Ag	150,0	364,71
--> P-154 UnCr Ag	101,6	150,73
Subgrade	CBR = 13,2	136,02

HMA CDF = 0,02; Sub CDF = 0,00; Str Life (SG) = 17968,9 yrs; t = 351,6 mm

ATR72-500 ACAggrega~01 Des. Life = 20

Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
P-209 Cr Ag	150,0	393,92
--> P-154 UnCr Ag	101,6	167,78
Subgrade	CBR = 15,6	161,70

HMA CDF = 0,01; Sub CDF = 0,00; Str Life (SG) = 17968,9 yrs; t = 351,6 mm

ATR72-500 ACAggrega~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-209 Cr Ag	150,0	394,34
-->	P-154 UnCr Ag	101,6	168,03
	Subgrade	CBR = 15,7	162,09

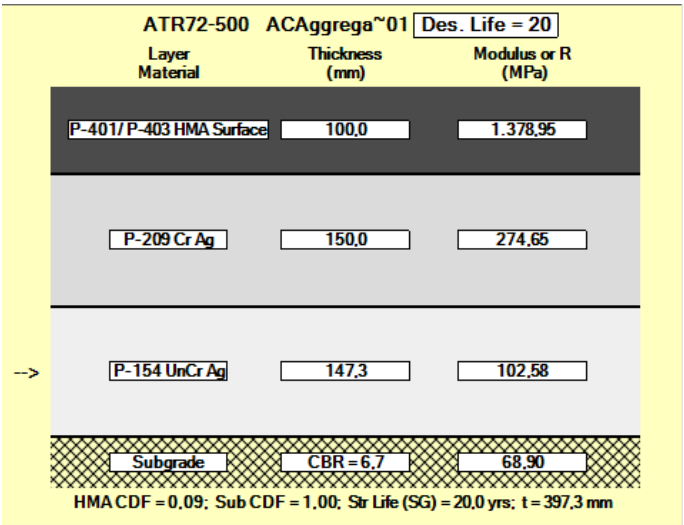
HMA CDF = 0,01; Sub CDF = 0,00; Str Life (SG) = 17968,9 yrs; t = 351,6 mm

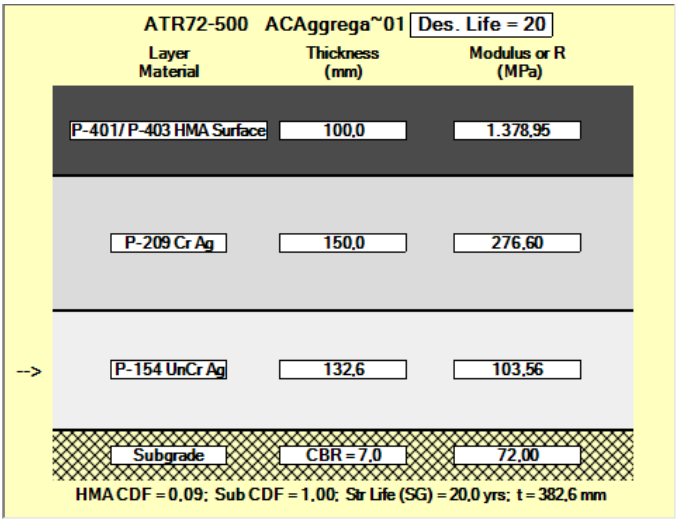
ATR72-500 ACAggrega~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-209 Cr Ag	150,0	412,97
-->	P-154 UnCr Ag	101,6	179,29
	Subgrade	CBR = 17,5	180,67

HMA CDF = 0,01; Sub CDF = 0,00; Str Life (SG) = 17968,9 yrs; t = 351,6 mm

3. ATR 72 – 500 Klasifikasi Landas Pacu 4C Setelah Stabilisasi POFA





ATR72-500 ACAggrega~01 Des. Life = 20

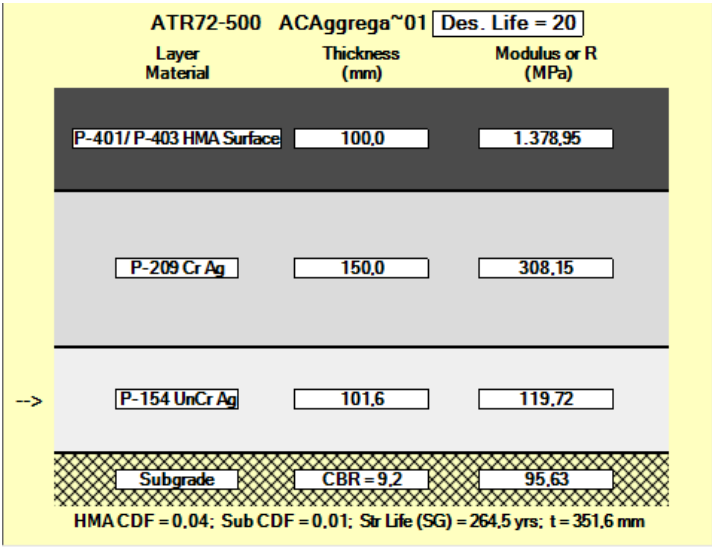
	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-209 Cr Ag	150,0	291,01
-->	P-154 UnCr Ag	101,6	110,84
	Subgrade	CBR = 8,3	85,38

HMA CDF = 0,07; Sub CDF = 0,31; Str Life (SG) = 42,1 yrs; t = 351,6 mm

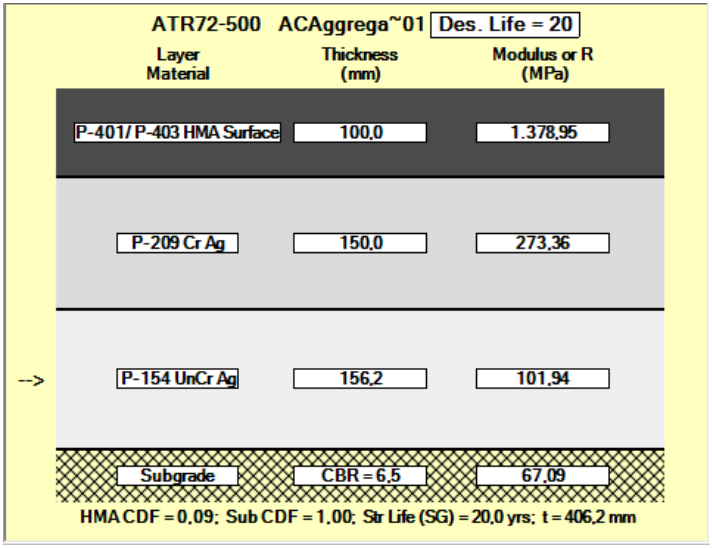
ATR72-500 ACAggrega~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-209 Cr Ag	150,0	291,73
-->	P-154 UnCr Ag	101,6	111,21
	Subgrade	CBR = 8,3	85,80

HMA CDF = 0,05; Sub CDF = 0,20; Str Life (SG) = 53,8 yrs; t = 351,6 mm



4. ATR 72 – 500 Klasifikasi Landas Pacu 4C Setelah Stabilisasi Semen



ATR72-500 ACAggrega~01 Des. Life = 20

Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
P-209 Cr Ag	150,0	275,46
--> P-154 UnCr Ag	141,5	102,98
Subgrade	CBR = 6,8	70,11

HMA CDF = 0,09; Sub CDF = 1,00; Str Life (SG) = 20,0 yrs; t = 391,5 mm

ATR72-500 ACAggrega~01 Des. Life = 20

Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
P-209 Cr Ag	150,0	287,43
--> P-154 UnCr Ag	101,6	109,01
Subgrade	CBR = 8,1	83,35

HMA CDF = 0,05; Sub CDF = 0,36; Str Life (SG) = 38,1 yrs; t = 351,6 mm

ATR72-500 ACAggrega~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-209 Cr Ag	150,0	287,78
-->	P-154 UnCr Ag	101,6	109,19
	Subgrade	CBR = 8,1	83,54

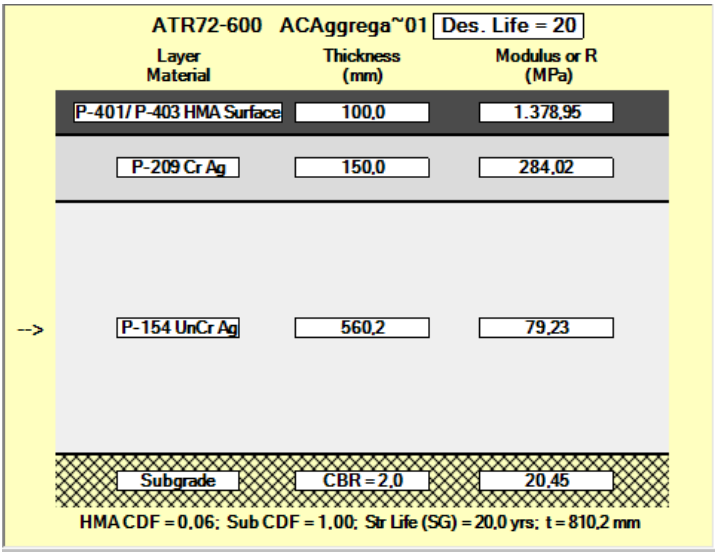
HMA CDF = 0,05; Sub CDF = 0,35; Str Life (SG) = 39,1 yrs; t = 351,6 mm

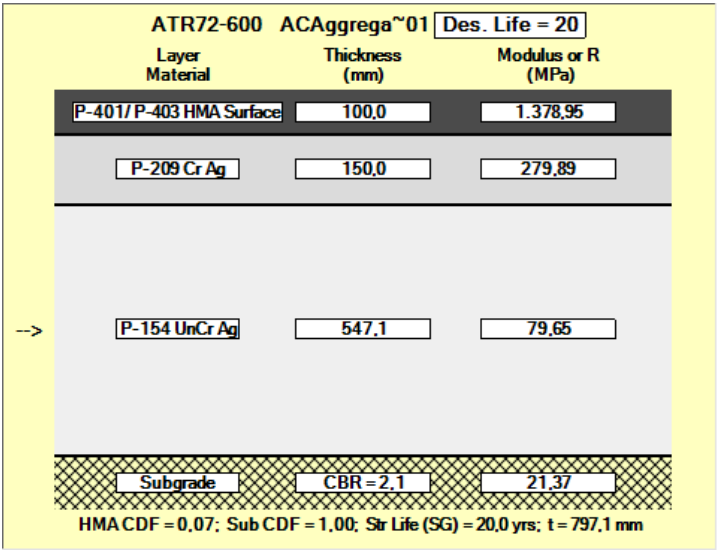
ATR72-500 ACAggrega~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-209 Cr Ag	150,0	304,07
-->	P-154 UnCr Ag	101,6	117,59
	Subgrade	CBR = 9,0	93,12

HMA CDF = 0,04; Sub CDF = 0,03; Str Life (SG) = 168,5 yrs; t = 351,6 mm

5. ATR 72 – 600 Klasifikasi Landas Pacu 4C Sebelum Stabilisasi





ATR72-600 ACAggrega~01 Des. Life = 20

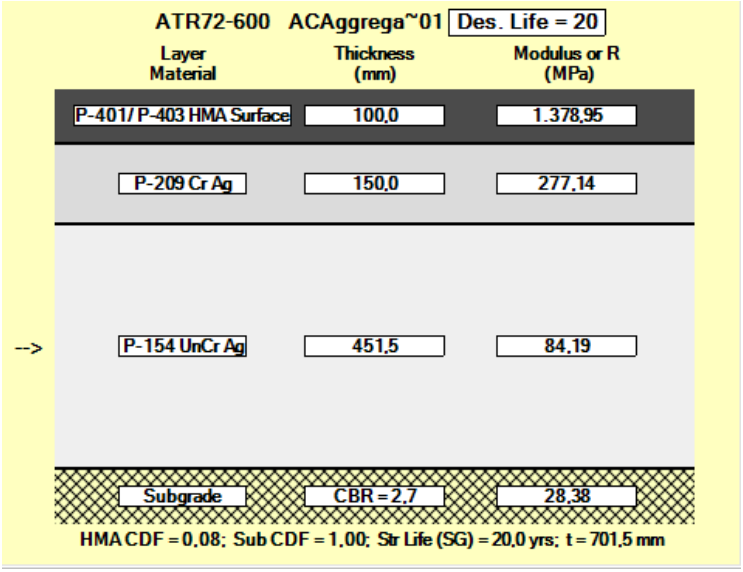
	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-209 Cr Ag	150,0	272,73
-->	P-154 UnCr Ag	490,5	82,56
	Subgrade	CBR = 2,5	25,40

HMA CDF = 0,08; Sub CDF = 1,00; Str Life (SG) = 20,0 yrs; t = 740,5 mm

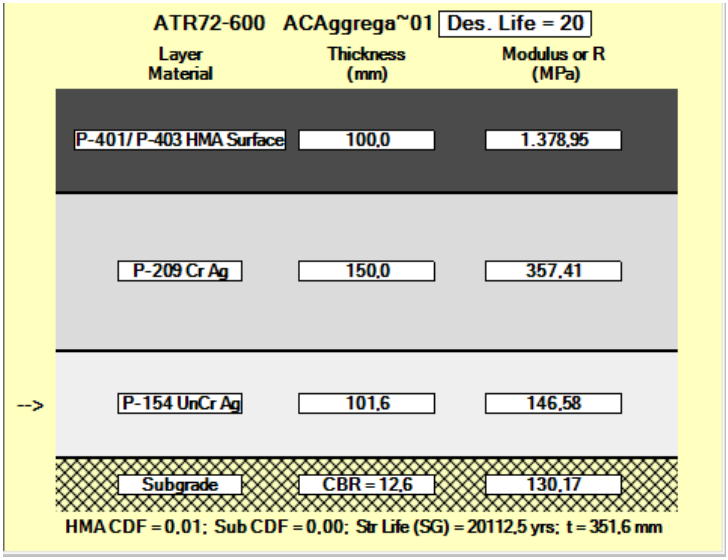
ATR72-600 ACAggrega~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-209 Cr Ag	150,0	272,84
-->	P-154 UnCr Ag	489,6	82,60
	Subgrade	CBR = 2,5	25,46

HMA CDF = 0,08; Sub CDF = 1,00; Str Life (SG) = 20,0 yrs; t = 739,6 mm



6. ATR 72 – 600 Klasifikasi Landas Pacu 4C Setelah Stabilisasi Bottom Ash



ATR72-600 ACAggrega~01 Des. Life = 20

Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
P-209 Cr Ag	150,0	364,71
--> P-154 UnCr Ag	101,6	150,73
Subgrade	CBR = 13,2	136,02

HMA CDF = 0,01; Sub CDF = 0,00; Str Life (SG) = 20112,5 yrs; t = 351,6 mm

ATR72-600 ACAggrega~01 Des. Life = 20

Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
P-209 Cr Ag	150,0	393,92
--> P-154 UnCr Ag	101,6	167,78
Subgrade	CBR = 15,6	161,70

HMA CDF = 0,01; Sub CDF = 0,00; Str Life (SG) = 20112,5 yrs; t = 351,6 mm

ATR72-600 ACAggrega~01 Des. Life = 20

Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
P-209 Cr Ag	150,0	394,34
--> P-154 UnCr Ag	101,6	168,03
Subgrade	CBR = 15,7	162,09

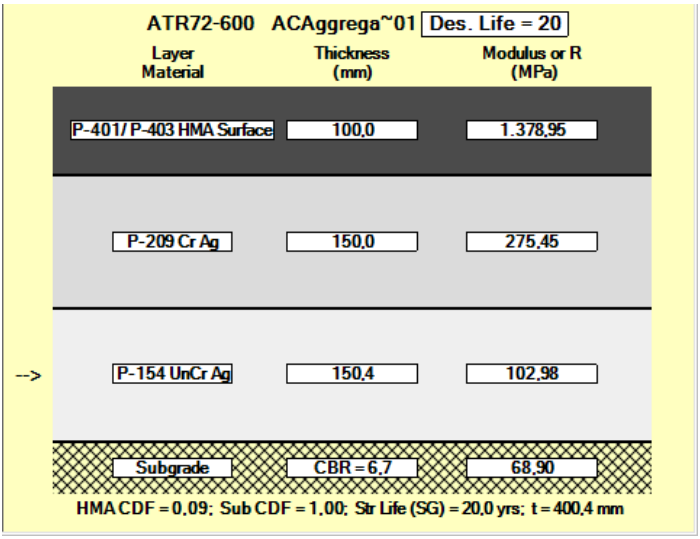
HMA CDF = 0,01; Sub CDF = 0,00; Str Life (SG) = 20112,5 yrs; t = 351,6 mm

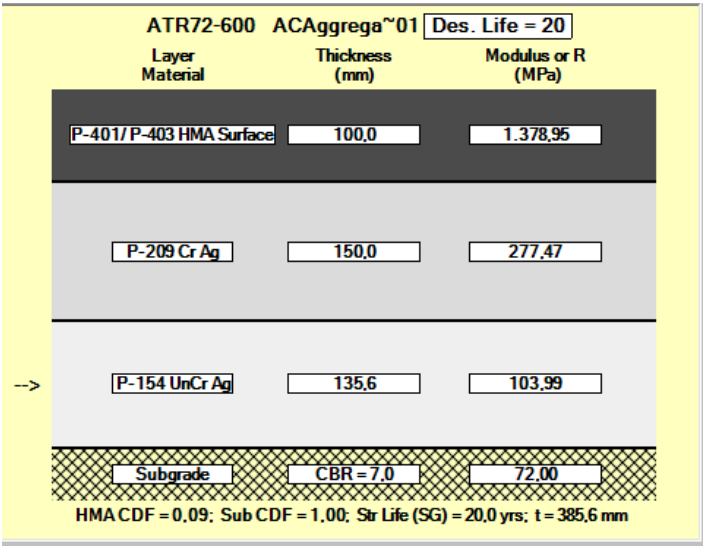
ATR72-600 ACAggrega~01 Des. Life = 20

Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
P-209 Cr Ag	150,0	412,97
--> P-154 UnCr Ag	101,6	179,29
Subgrade	CBR = 17,5	180,67

HMA CDF = 0,01; Sub CDF = 0,00; Str Life (SG) = 20112,5 yrs; t = 351,6 mm

7. ATR 72 – 600 Klasifikasi Landas Pacu 4C Setelah Stabilisasi POFA





ATR72-600 ACAggrega~01 Des. Life = 20

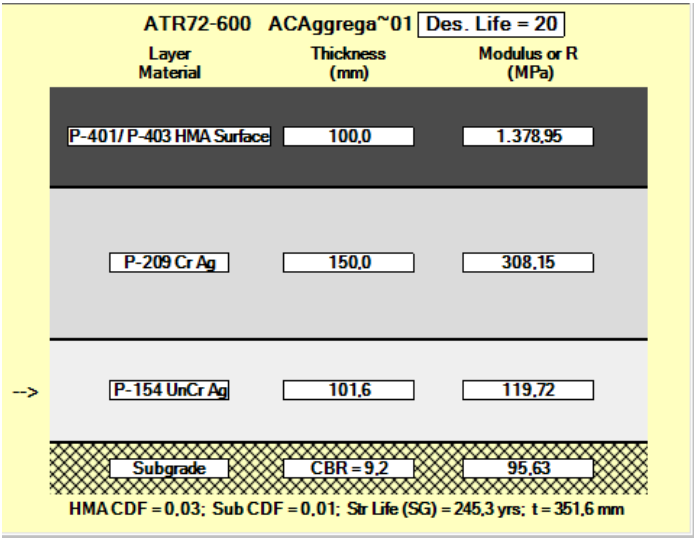
	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-209 Cr Ag	150,0	291,37
-->	P-154 UnCr Ag	101,6	111,02
	Subgrade	CBR = 8,3	85,59

HMA CDF = 0,04; Sub CDF = 0,21; Str Life (SG) = 52,1 yrs; t = 351,6 mm

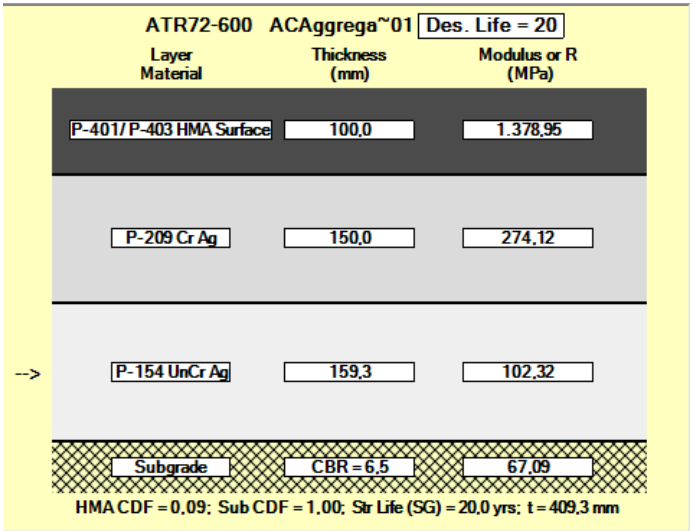
ATR72-600 ACAggrega~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-209 Cr Ag	150,0	291,73
-->	P-154 UnCr Ag	101,6	111,21
	Subgrade	CBR = 8,3	85,80

HMA CDF = 0,04; Sub CDF = 0,20; Str Life (SG) = 53,6 yrs; t = 351,6 mm



8. ATR 72 – 600 Klasifikasi Landas Pacu 4C Setelah Stabilisasi Semen



ATR72-600 ACAggrega~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-209 Cr Ag	150,0	276,28
-->	P-154 UnCr Ag	144,5	103,39
	Subgrade	CBR = 6,8	70,11

HMA CDF = 0,09; Sub CDF = 1,00; Str Life (SG) = 20,0 yrs; t = 394,5 mm

ATR72-600 ACAggrega~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-209 Cr Ag	150,0	287,43
-->	P-154 UnCr Ag	101,6	109,01
	Subgrade	CBR = 8,1	83,35

HMA CDF = 0,05; Sub CDF = 0,36; Str Life (SG) = 38,5 yrs; t = 351,6 mm

ATR72-600 ACAggrega~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-209 Cr Ag	150,0	287,43
-->	P-154 UnCr Ag	101,6	109,01
	Subgrade	CBR = 8,1	83,35

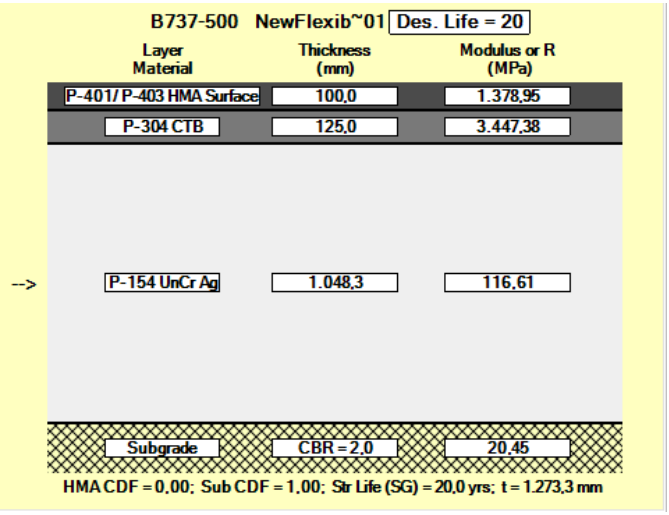
HMA CDF = 0,05; Sub CDF = 0,36; Str Life (SG) = 38,5 yrs; t = 351,6 mm

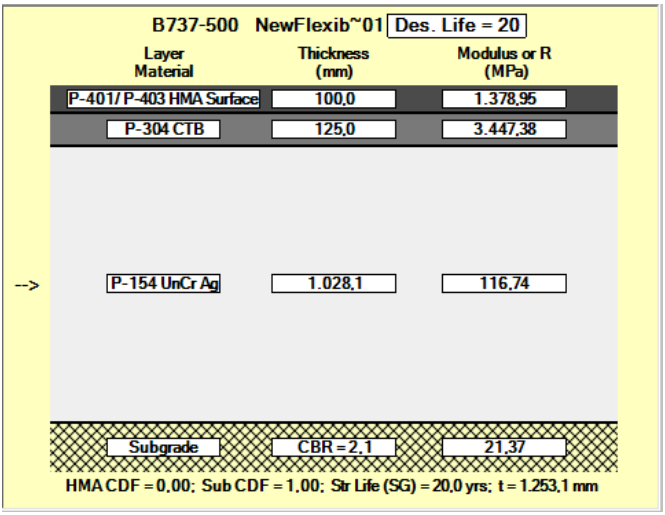
ATR72-600 ACAggrega~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-209 Cr Ag	150,0	304,07
-->	P-154 UnCr Ag	101,6	117,59
	Subgrade	CBR = 9,0	93,12

HMA CDF = 0,03; Sub CDF = 0,03; Str Life (SG) = 159,8 yrs; t = 351,6 mm

9. B 737 – 500 Klasifikasi Landas Pacu 4C Sebelum Stabilisasi





B737-500 NewFlexib~01 Des. Life = 20

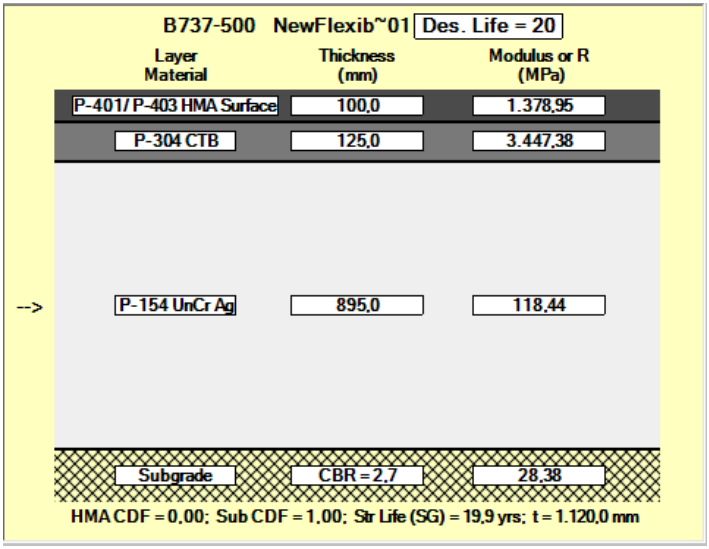
	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-304 CTB	125,0	3.447,38
-->	P-154 UnCr Ag	948,4	117,58
	Subgrade	CBR = 2,5	25,40

HMA CDF = 0,00; Sub CDF = 1,00; Str Life (SG) = 20,0 yrs; t = 1.173,4 mm

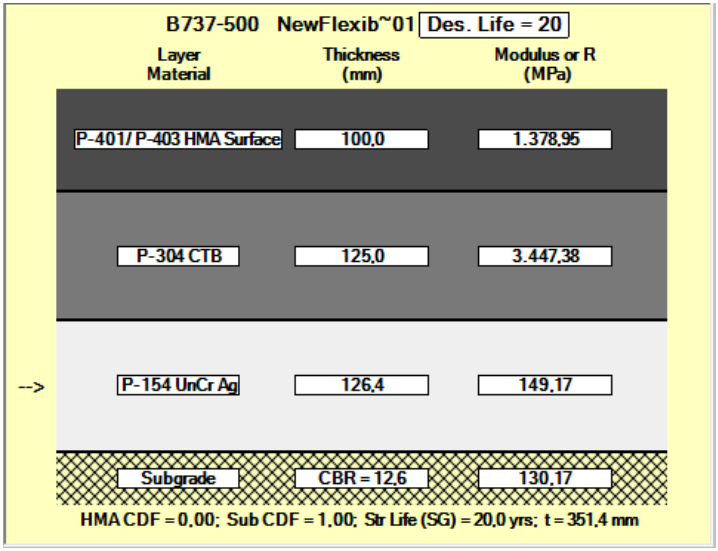
B737-500 NewFlexib~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-304 CTB	125,0	3.447,38
-->	P-154 UnCr Ag	947,2	117,60
	Subgrade	CBR = 2,5	25,46

HMA CDF = 0,00; Sub CDF = 1,00; Str Life (SG) = 20,0 yrs; t = 1.172,2 mm



10. B 737 – 500 Klasifikasi Landas Pacu 4C Stabilisasi Bottom Ash



B737-500 NewFlexib~01 Des. Life = 20

Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
P-304 CTB	125,0	3.447,38
--> P-154 UnCr Ag	112,8	151,84
Subgrade	CBR = 13,2	136,02

HMA CDF = 0,00; Sub CDF = 1,00; Str Life (SG) = 20,0 yrs; t = 337,8 mm

B737-500 NewFlexib~01 Des. Life = 20

Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
P-304 CTB	125,0	3.447,38
--> P-154 UnCr Ag	101,6	167,78
Subgrade	CBR = 15,6	161,70

HMA CDF = 0,00; Sub CDF = 0,14; Str Life (SG) = 65,3 yrs; t = 326,6 mm

B737-500 NewFlexib~01 Des. Life = 20

Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
P-304 CTB	125,0	3.447,38
--> P-154 UnCr Ag	101,6	168,03
Subgrade	CBR = 15,7	162,09

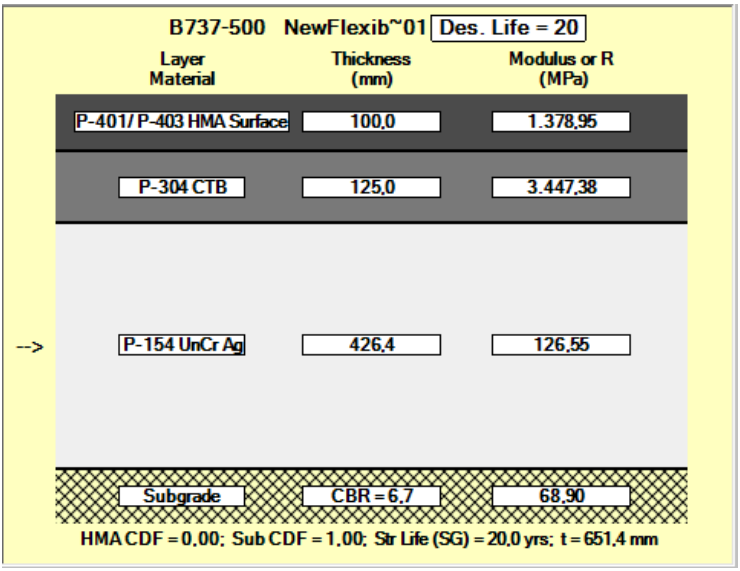
HMA CDF = 0,00; Sub CDF = 0,14; Str Life (SG) = 66,9 yrs; t = 326,6 mm

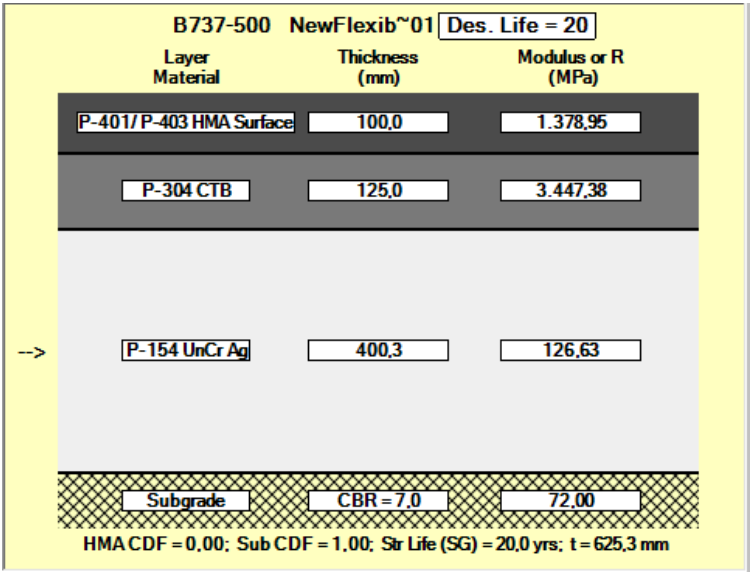
B737-500 NewFlexib~01 Des. Life = 20

Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
P-304 CTB	125,0	3.447,38
--> P-154 UnCr Ag	101,6	179,29
Subgrade	CBR = 17,5	180,67

HMA CDF = 0,00; Sub CDF = 0,01; Str Life (SG) = 233,7 yrs; t = 326,6 mm

11. B 737 – 500 Klasifikasi Landas Pacu 4C Stabilisasi POFA





B737-500 NewFlexib~01 Des. Life = 20

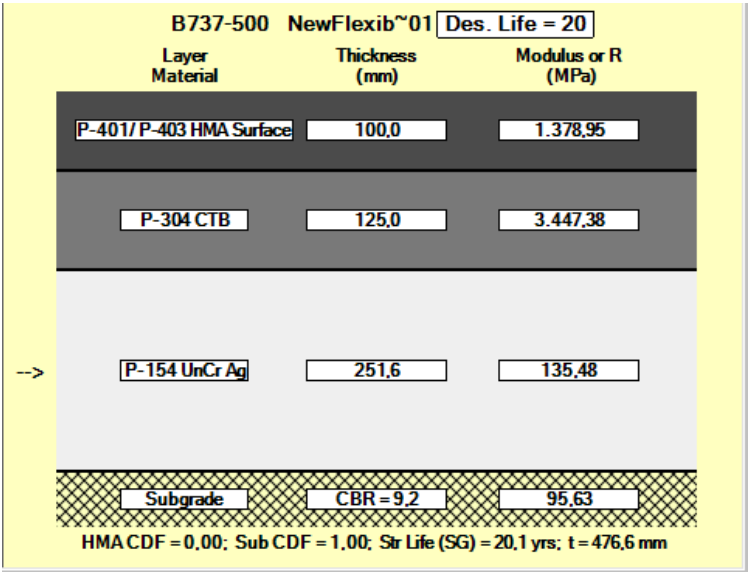
	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-304 CTB	125,0	3.447,38
-->	P-154 UnCr Ag	305,1	131,18
	Subgrade	CBR = 8,3	85,59

HMA CDF = 0,00; Sub CDF = 1,00; Str Life (SG) = 20,0 yrs; t = 530,1 mm

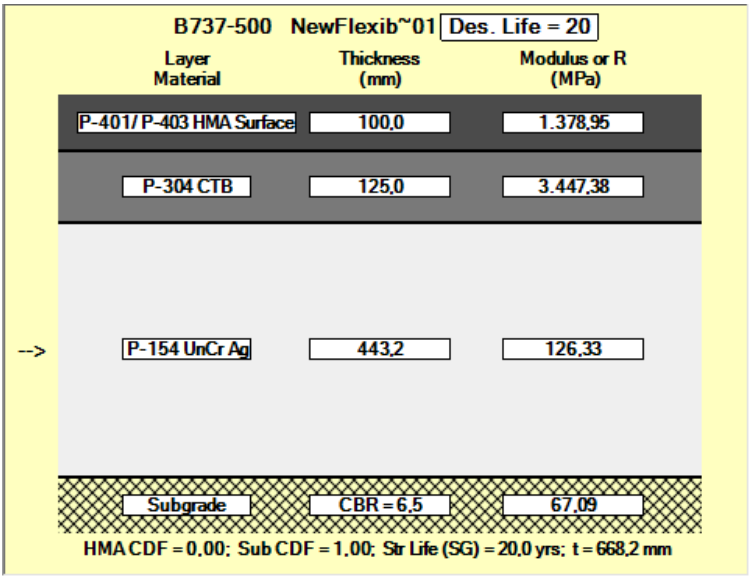
B737-500 NewFlexib~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-304 CTB	125,0	3.447,38
-->	P-154 UnCr Ag	303,9	131,29
	Subgrade	CBR = 8,3	85,80

HMA CDF = 0,00; Sub CDF = 1,00; Str Life (SG) = 20,0 yrs; t = 528,9 mm



12. B 737 – 500 Klasifikasi Landas Pacu 4C Stabilisasi Semen



B737-500 NewFlexib~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-304 CTB	125,0	3.447,38
-->	P-154 UnCr Ag	415,2	126,68
	Subgrade	CBR = 6,8	70,11

HMA CDF = 0,00; Sub CDF = 1,00; Str Life (SG) = 20,0 yrs; t = 640,2 mm

B737-500 NewFlexib~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-304 CTB	125,0	3.447,38
-->	P-154 UnCr Ag	318,2	129,54
	Subgrade	CBR = 8,1	83,35

HMA CDF = 0,00; Sub CDF = 1,00; Str Life (SG) = 20,0 yrs; t = 543,2 mm

B737-500 NewFlexib~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-304 CTB	125,0	3.447,38
-->	P-154 UnCr Ag	317,1	129,67
	Subgrade	CBR = 8,1	83,54

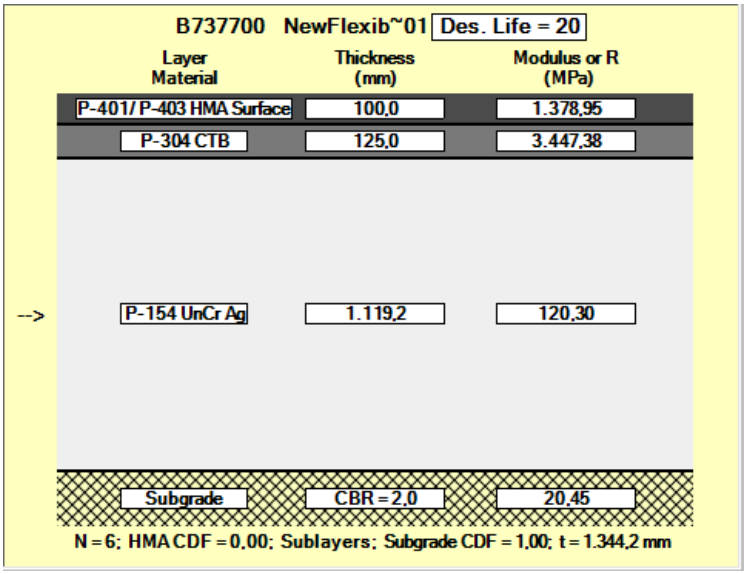
HMA CDF = 0,00; Sub CDF = 1,00; Str Life (SG) = 20,0 yrs; t = 542,1 mm

B737-500 NewFlexib~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-304 CTB	125,0	3.447,38
-->	P-154 UnCr Ag	264,3	134,46
	Subgrade	CBR = 9,0	93,12

HMA CDF = 0,00; Sub CDF = 1,00; Str Life (SG) = 20,0 yrs; t = 489,3 mm

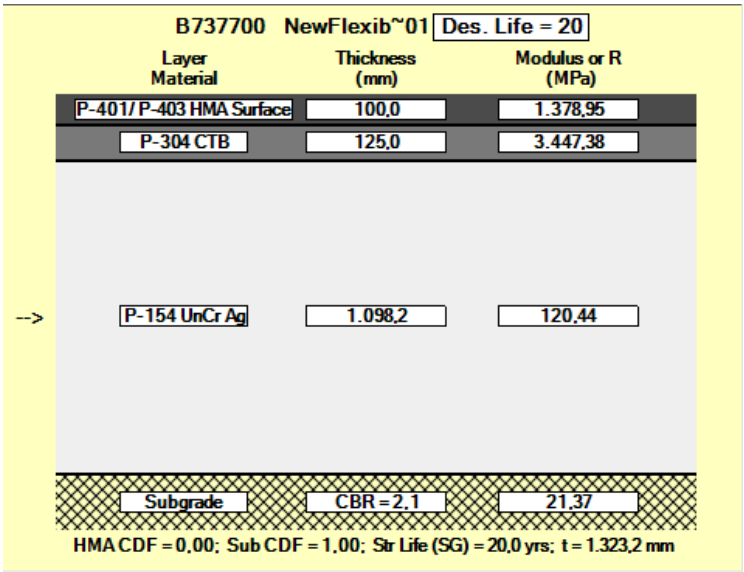
13. B 737 – 700 Klasifikasi Landas Pacu 4C Sebelum Stabilisasi



B737700 NewFlexib~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-304 CTB	125,0	3.447,38
-->	P-154 UnCr Ag	1.119,2	120,30
	Subgrade	CBR = 2,0	20,45

N = 6; HMA CDF = 0,00; Sublayers; Subgrade CDF = 1,00; t = 1.344,2 mm



B737700 NewFlexib~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-304 CTB	125,0	3.447,38
-->	P-154 UnCr Ag	1.098,2	120,44
	Subgrade	CBR = 2,1	21,37

HMA CDF = 0,00; Sub CDF = 1,00; Str Life (SG) = 20,0 yrs; t = 1.323,2 mm

B737700 NewFlexib~01 Des. Life = 20

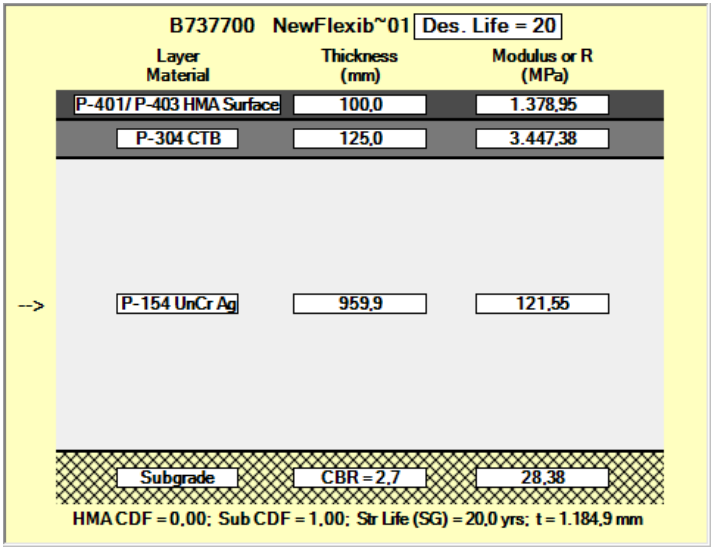
	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-304 CTB	125,0	3.447,38
-->	P-154 UnCr Ag	1.014,5	120,99
	Subgrade	CBR = 2,5	25,40

HMA CDF = 0,00; Sub CDF = 1,00; Str Life (SG) = 20,0 yrs; t = 1.239,5 mm

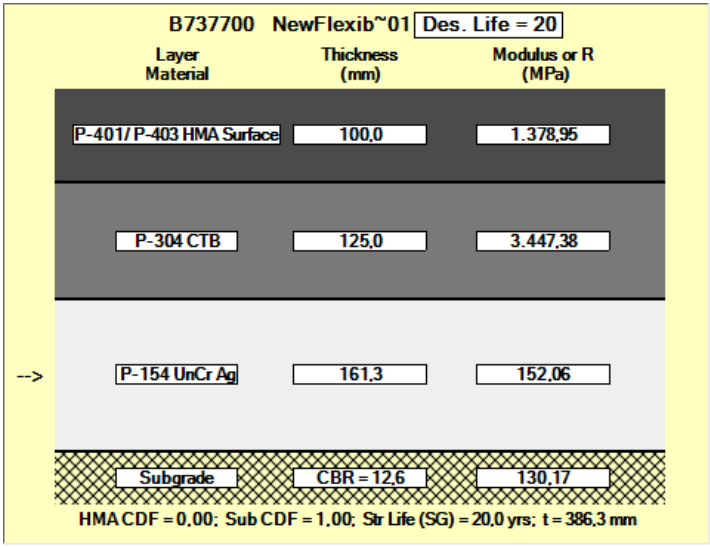
B737700 NewFlexib~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-304 CTB	125,0	3.447,38
-->	P-154 UnCr Ag	1.013,4	121,00
	Subgrade	CBR = 2,5	25,46

HMA CDF = 0,00; Sub CDF = 1,00; Str Life (SG) = 20,0 yrs; t = 1.238,4 mm



14. B 737 – 700 Klasifikasi Landas Pacu 4C Setelah Stabilisasi Bottom Ash



B737700 NewFlexib~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-304 CTB	125,0	3.447,38
-->	P-154 UnCr Ag	146,7	154,63
	Subgrade	CBR = 13,2	136,02

HMA CDF = 0,00; Sub CDF = 1,00; Str Life (SG) = 20,0 yrs; t = 371,7 mm

B737700 NewFlexib~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-304 CTB	125,0	3.447,38
-->	P-154 UnCr Ag	101,6	167,78
	Subgrade	CBR = 15,6	161,70

HMA CDF = 0,00; Sub CDF = 0,76; Str Life (SG) = 24,0 yrs; t = 326,6 mm

B737700 NewFlexib~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-304 CTB	125,0	3.447,38
-->	P-154 UnCr Ag	101,6	168,03
	Subgrade	CBR = 15,7	162,09

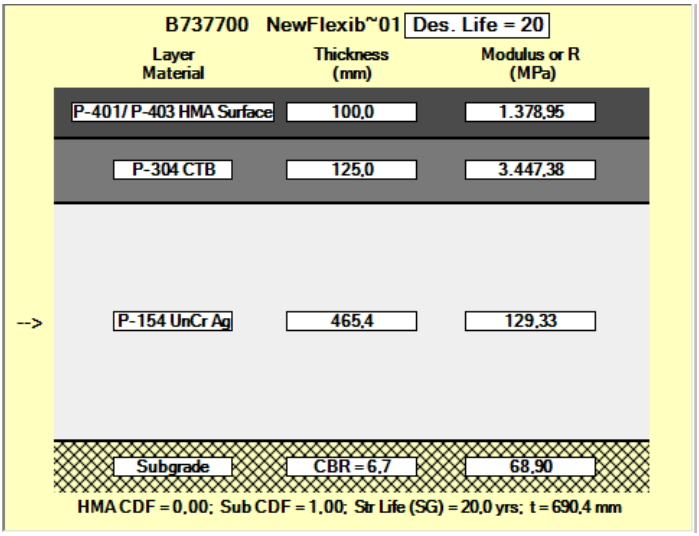
HMA CDF = 0,00; Sub CDF = 0,74; Str Life (SG) = 24,4 yrs; t = 326,6 mm

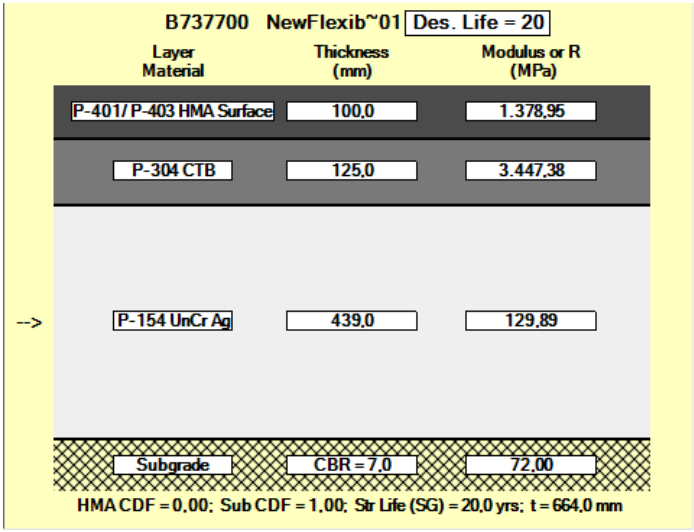
B737700 NewFlexib~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-304 CTB	125,0	3.447,38
-->	P-154 UnCr Ag	101,6	179,29
	Subgrade	CBR = 17,5	180,67

HMA CDF = 0,00; Sub CDF = 0,16; Str Life (SG) = 62,2 yrs; t = 326,6 mm

14. B 737 – 700 Klasifikasi Landas Pacu 4C Setelah Stabilisasi POFA





B737700 NewFlexib~01 Des. Life = 20

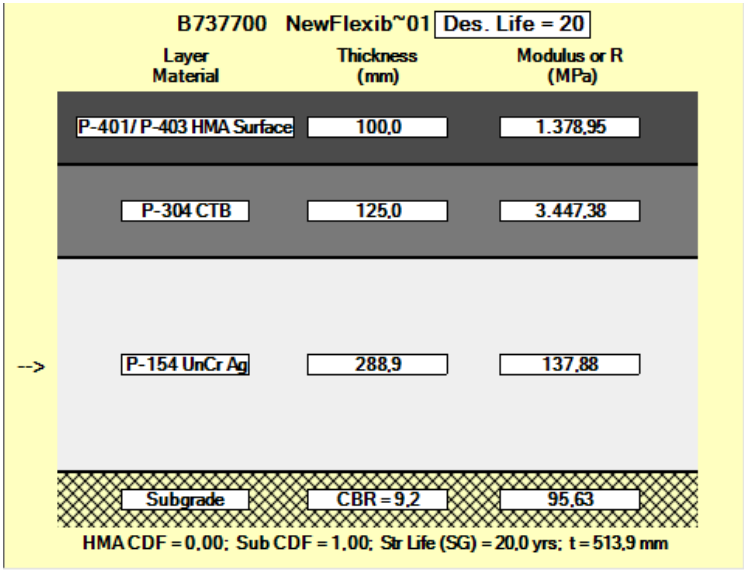
	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-304 CTB	125,0	3.447,38
-->	P-154 UnCr Ag	345,7	132,26
	Subgrade	CBR = 8,3	85,59

HMA CDF = 0,00; Sub CDF = 1,00; Str Life (SG) = 20,1 yrs; t = 570,7 mm

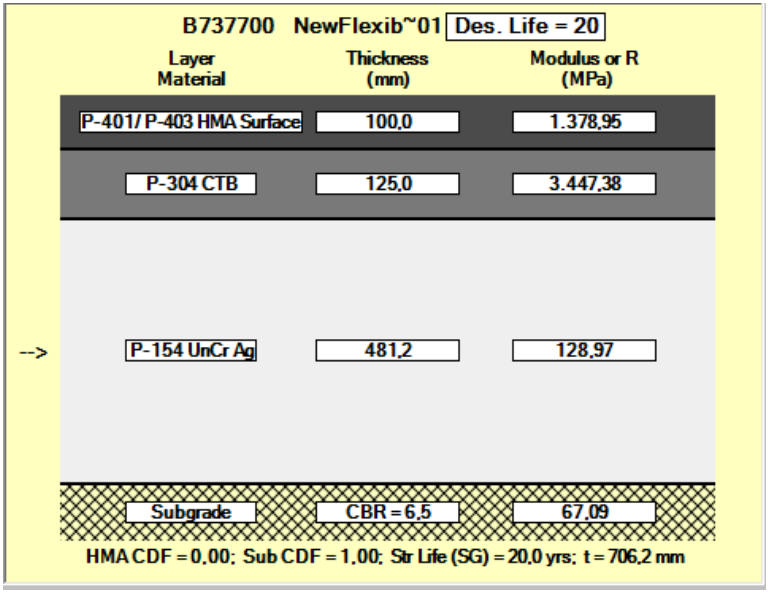
B737700 NewFlexib~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-304 CTB	125,0	3.447,38
-->	P-154 UnCr Ag	344,3	132,35
	Subgrade	CBR = 8,3	85,80

HMA CDF = 0,00; Sub CDF = 1,00; Str Life (SG) = 20,0 yrs; t = 569,3 mm



16. B 737 – 700 Klasifikasi Landas Pacu 4C Setelah Stabilisasi Semen



B737700 NewFlexib~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-304 CTB	125,0	3.447,38
-->	P-154 UnCr Ag	455,0	129,55
	Subgrade	CBR = 6,8	70,11

HMA CDF = 0,00; Sub CDF = 1,00; Str Life (SG) = 20,0 yrs; t = 680,0 mm

B737700 NewFlexib~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-304 CTB	125,0	3.447,38
-->	P-154 UnCr Ag	359,4	131,33
	Subgrade	CBR = 8,1	83,35

HMA CDF = 0,00; Sub CDF = 1,00; Str Life (SG) = 20,0 yrs; t = 584,4 mm

B737700 NewFlexib~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-304 CTB	125,0	3.447,38
-->	P-154 UnCr Ag	358,0	131,39
	Subgrade	CBR = 8,1	83,54

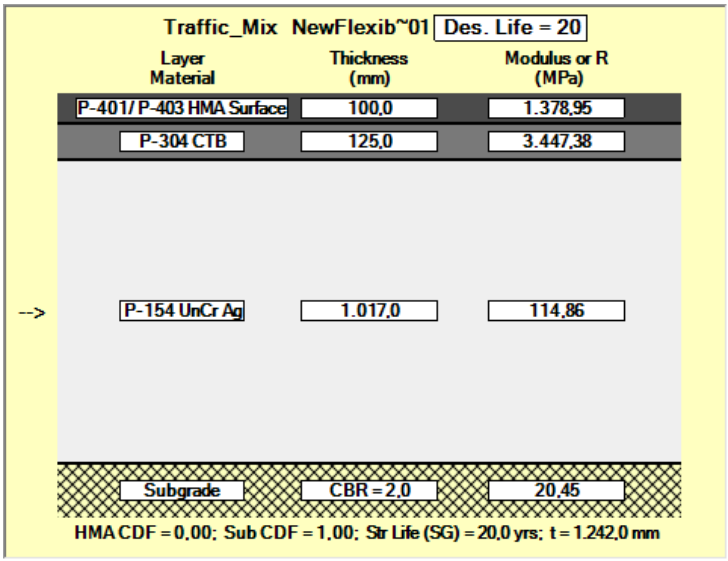
HMA CDF = 0,00; Sub CDF = 1,00; Str Life (SG) = 20,0 yrs; t = 583,0 mm

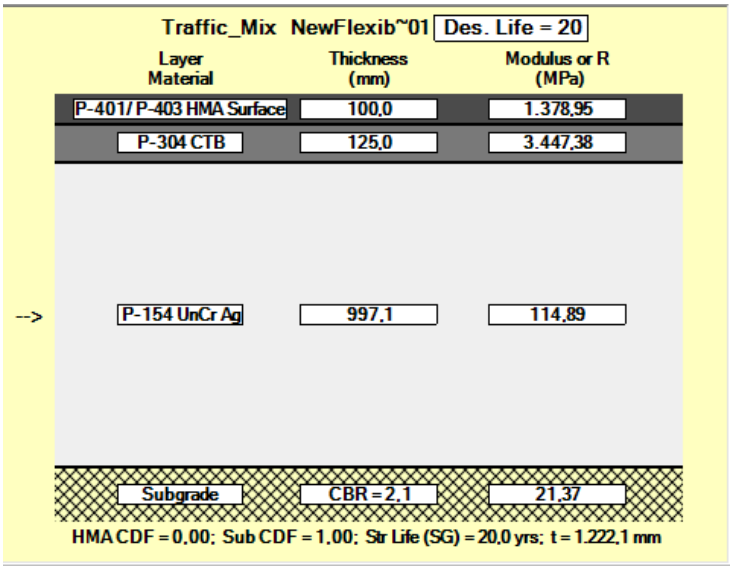
B737700 NewFlexib~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-304 CTB	125,0	3.447,38
-->	P-154 UnCr Ag	302,4	136,83
	Subgrade	CBR = 9,0	93,12

HMA CDF = 0,00; Sub CDF = 1,00; Str Life (SG) = 20,0 yrs; t = 527,4 mm

17. *Traffic Mix* Klasifikasi Landas Pacu 4C Sebelum Stabilisasi





Traffic_Mix NewFlexib~01 Des. Life = 20

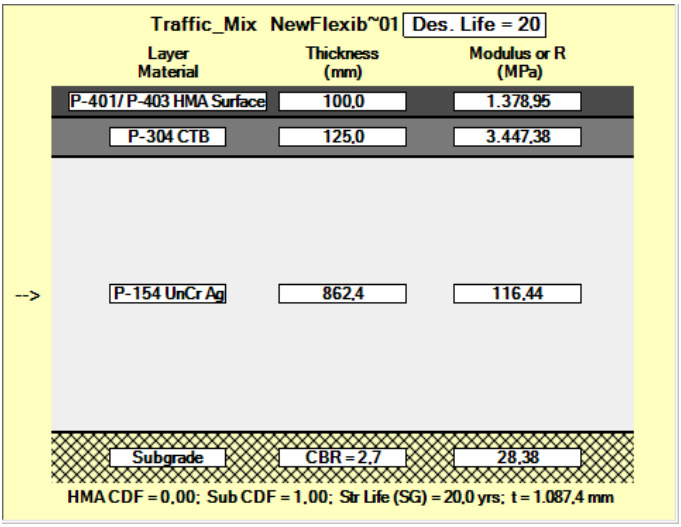
	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-304 CTB	125,0	3.447,38
-->	P-154 UnCr Ag	915,1	116,08
	Subgrade	CBR = 2,5	25,40

HMA CDF = 0,00; Sub CDF = 1,00; Str Life (SG) = 20,0 yrs; t = 1.140,1 mm

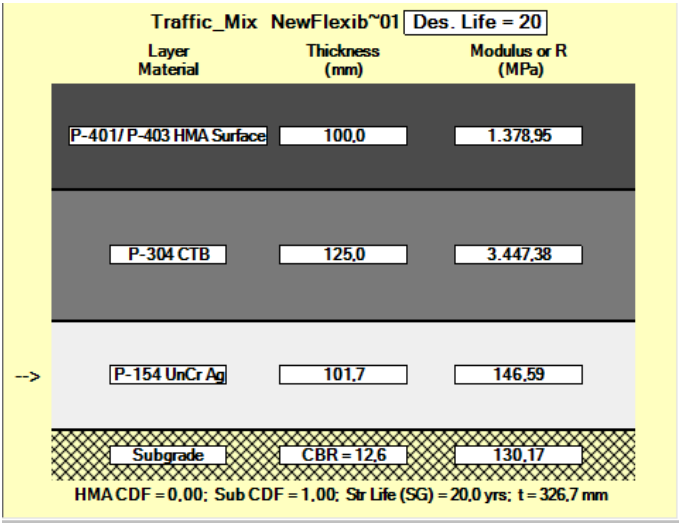
Traffic_Mix NewFlexib~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-304 CTB	125,0	3.447,38
-->	P-154 UnCr Ag	914,0	116,10
	Subgrade	CBR = 2,5	25,46

HMA CDF = 0,00; Sub CDF = 1,00; Str Life (SG) = 20,0 yrs; t = 1.139,0 mm



18. *Traffic Mix* Klasifikasi Landas Pacu 4C Setelah Stabilisasi Bottom Ash



Traffic_Mix NewFlexib~01 Des. Life = 20

Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
P-304 CTB	125,0	3.447,38
--> P-154 UnCr Ag	101,6	150,73
Subgrade	CBR = 13,2	136,02

HMA CDF = 0,00; Sub CDF = 0,65; Str Life (SG) = 26,4 yrs; t = 326,6 mm

Traffic_Mix NewFlexib~01 Des. Life = 20

Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
P-304 CTB	125,0	3.447,38
--> P-154 UnCr Ag	101,6	167,78
Subgrade	CBR = 15,6	161,70

HMA CDF = 0,00; Sub CDF = 0,08; Str Life (SG) = 93,4 yrs; t = 326,6 mm

Traffic_Mix NewFlexib~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-304 CTB	125,0	3.447,38
-->	P-154 UnCr Ag	101,6	168,03
	Subgrade	CBR = 15,7	162,09

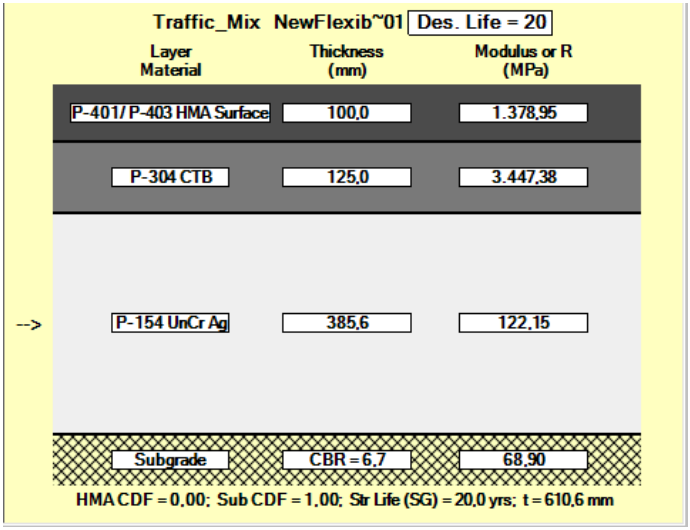
HMA CDF = 0,00; Sub CDF = 0,07; Str Life (SG) = 95,3 yrs; t = 326,6 mm

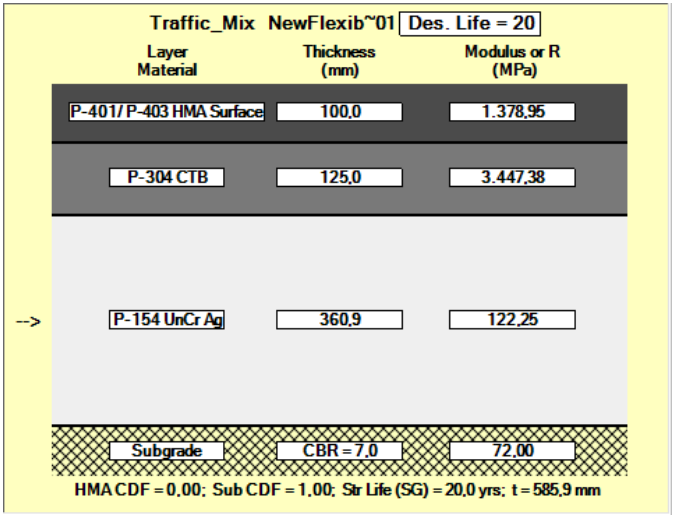
Traffic_Mix NewFlexib~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-304 CTB	125,0	3.447,38
-->	P-154 UnCr Ag	101,6	179,29
	Subgrade	CBR = 17,5	180,67

HMA CDF = 0,00; Sub CDF = 0,01; Str Life (SG) = 263,4 yrs; t = 326,6 mm

19. *Traffic Mix* Klasifikasi Landas Pacu 4C Setelah Stabilisasi POFA





Traffic_Mix NewFlexib~01 Des. Life = 20

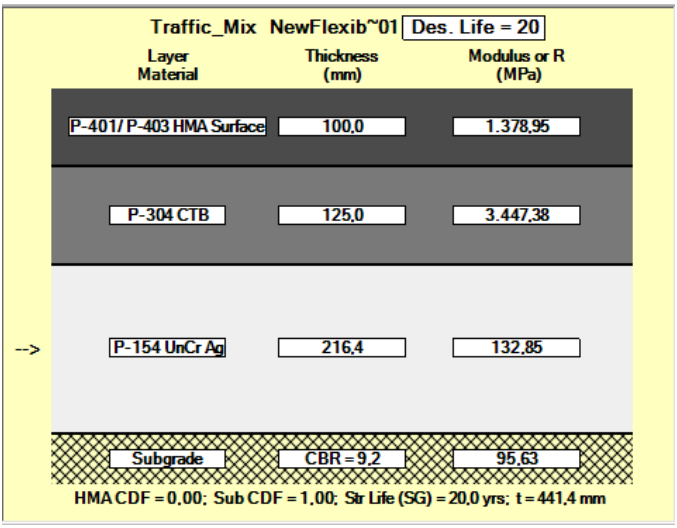
	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-304 CTB	125,0	3.447,38
-->	P-154 UnCr Ag	270,1	128,96
	Subgrade	CBR = 8,3	85,59

HMA CDF = 0,00; Sub CDF = 1,00; Str Life (SG) = 20,0 yrs; t = 495,1 mm

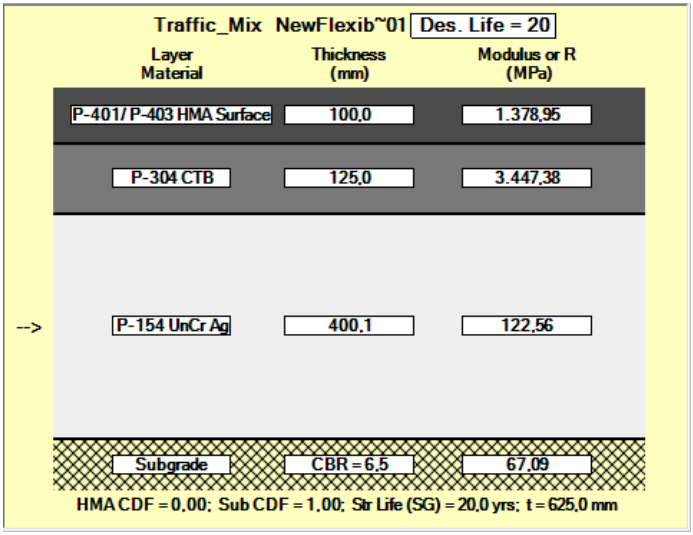
Traffic_Mix NewFlexib~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-304 CTB	125,0	3.447,38
-->	P-154 UnCr Ag	268,9	129,04
	Subgrade	CBR = 8,3	85,80

HMA CDF = 0,00; Sub CDF = 1,00; Str Life (SG) = 20,0 yrs; t = 493,9 mm



19. *Traffic Mix* Klasifikasi Landas Pacu 4C Setelah Stabilisasi Semen



Traffic_Mix NewFlexib~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-304 CTB	125,0	3.447,38
-->	P-154 UnCr Ag	375,9	122,07
	Subgrade	CBR = 6,8	70,11

HMA CDF = 0,00; Sub CDF = 1,00; Str Life (SG) = 20,0 yrs; t = 600,9 mm

Traffic_Mix NewFlexib~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-304 CTB	125,0	3.447,38
-->	P-154 UnCr Ag	283,1	127,99
	Subgrade	CBR = 8,1	83,35

HMA CDF = 0,00; Sub CDF = 1,00; Str Life (SG) = 20,0 yrs; t = 508,1 mm

Traffic_Mix NewFlexib~01 Des. Life = 20

Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
P-304 CTB	125,0	3.447,38
--> P-154 UnCr Ag	281,9	128,07
Subgrade	CBR = 8,1	83,54

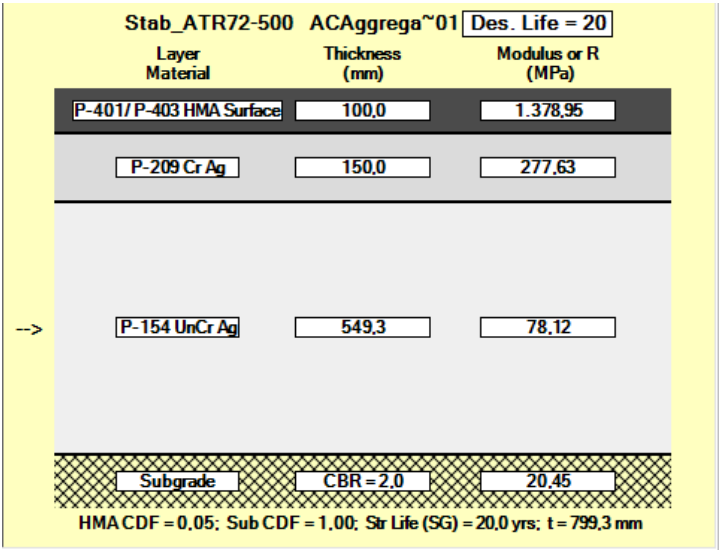
HMA CDF = 0,00; Sub CDF = 1,00; Str Life (SG) = 20,0 yrs; t = 506,9 mm

Traffic_Mix NewFlexib~01 Des. Life = 20

Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
P-304 CTB	125,0	3.447,38
--> P-154 UnCr Ag	228,9	131,92
Subgrade	CBR = 9,0	93,12

HMA CDF = 0,00; Sub CDF = 1,00; Str Life (SG) = 20,0 yrs; t = 453,9 mm

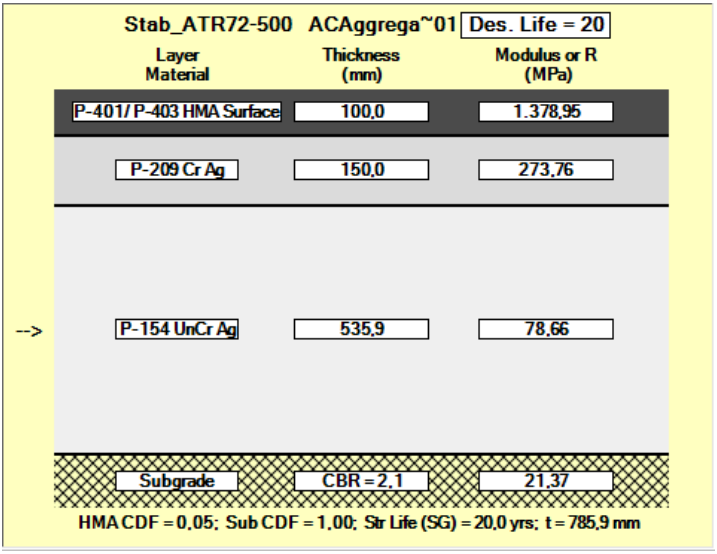
21. ATR 72-500 Klasifikasi Landas Pacu 3C Sebelum Stabilisasi



Stab_ATR72-500 ACAggrega~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-209 Cr Ag	150,0	277,63
-->	P-154 UnCr Ag	549,3	78,12
	Subgrade	CBR = 2,0	20,45

HMA CDF = 0,05; Sub CDF = 1,00; Str Life (SG) = 20,0 yrs; t = 799,3 mm



Stab_ATR72-500 ACAggrega~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-209 Cr Ag	150,0	273,76
-->	P-154 UnCr Ag	535,9	78,66
	Subgrade	CBR = 2,1	21,37

HMA CDF = 0,05; Sub CDF = 1,00; Str Life (SG) = 20,0 yrs; t = 785,9 mm

Stab_ATR72-500 ACAggrega~01 Des. Life = 20

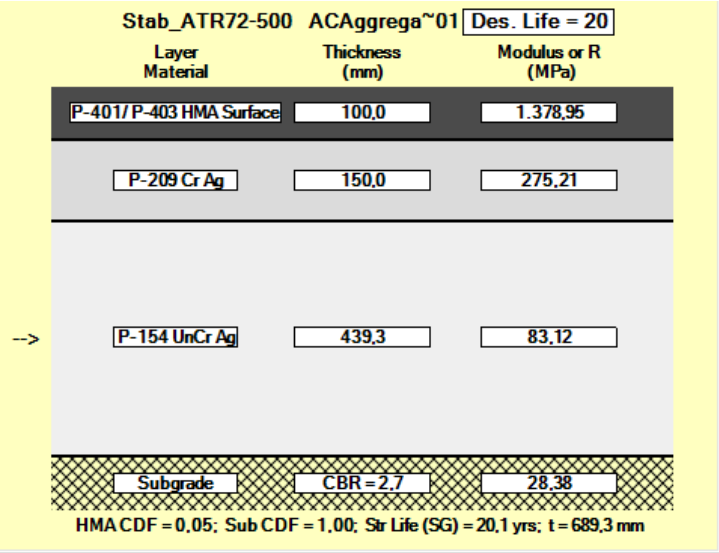
	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-209 Cr Ag	150,0	271,01
-->	P-154 UnCr Ag	477,9	81,57
	Subgrade	CBR = 2,5	25,40

HMA CDF = 0,06; Sub CDF = 1,00; Str Life (SG) = 20,0 yrs; t = 727,9 mm

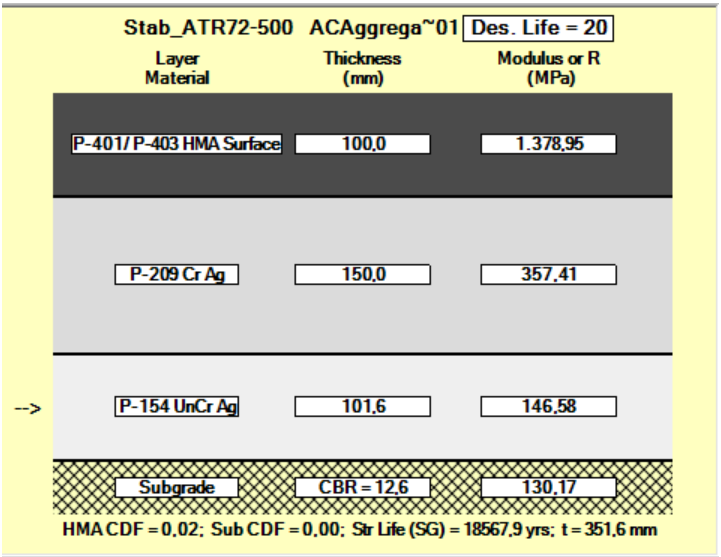
Stab_ATR72-500 ACAggrega~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-209 Cr Ag	150,0	271,11
-->	P-154 UnCr Ag	477,0	81,60
	Subgrade	CBR = 2,5	25,46

HMA CDF = 0,06; Sub CDF = 1,00; Str Life (SG) = 20,0 yrs; t = 727,0 mm



22. ATR 72-500 Klasifikasi Landas Pacu 3C Setelah Stabilisasi Bottom Ash



Stab_ATR72-500 ACAggrega~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-209 Cr Ag	150,0	364,71
-->	P-154 UnCr Ag	101,6	150,73
	Subgrade	CBR = 13,2	136,02

HMA CDF = 0,01; Sub CDF = 0,00; Str Life (SG) = 18567,9 yrs; t = 351,6 mm

Stab_ATR72-500 ACAggrega~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-209 Cr Ag	150,0	393,92
-->	P-154 UnCr Ag	101,6	167,78
	Subgrade	CBR = 15,6	161,70

HMA CDF = 0,01; Sub CDF = 0,00; Str Life (SG) = 18567,9 yrs; t = 351,6 mm

Stab_ATR72-500 ACAggrega~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-209 Cr Ag	150,0	394,34
-->	P-154 UnCr Ag	101,6	168,03
	Subgrade	CBR = 15,7	162,09

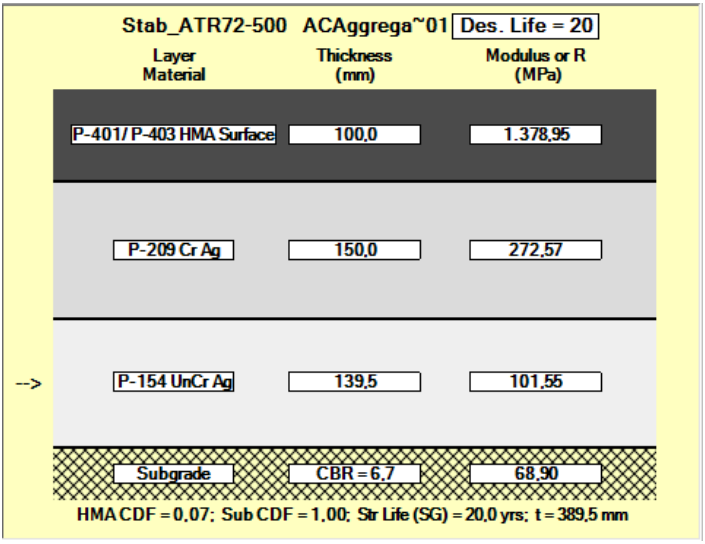
HMA CDF = 0,01; Sub CDF = 0,00; Str Life (SG) = 18567,9 yrs; t = 351,6 mm

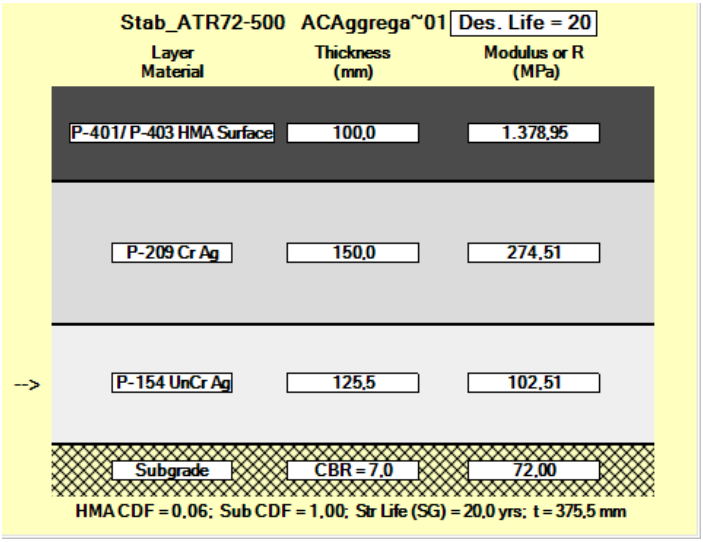
Stab_ATR72-500 ACAggrega~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-209 Cr Ag	150,0	412,97
-->	P-154 UnCr Ag	101,6	179,29
	Subgrade	CBR = 17,5	180,67

HMA CDF = 0,01; Sub CDF = 0,00; Str Life (SG) = 18567,9 yrs; t = 351,6 mm

23. ATR 72-500 Klasifikasi Landas Pacu 3C Setelah Stabilisasi POFA





Stab_ATR72-500 ACAggrega~01 Des. Life = 20

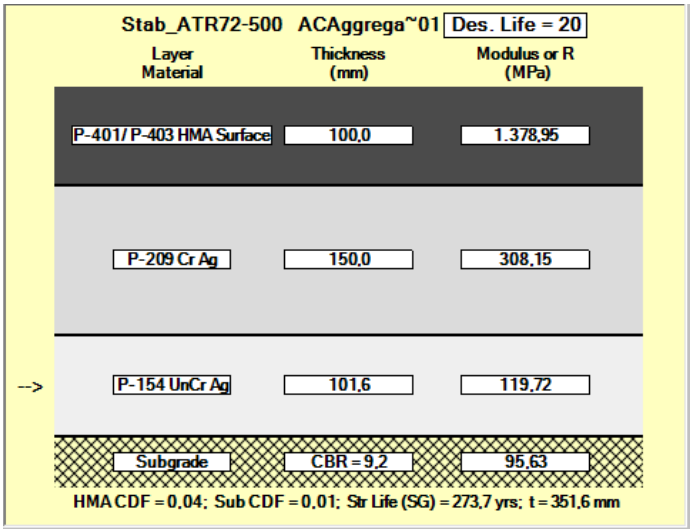
Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
P-209 Cr Ag	150,0	291,37
--> P-154 UnCr Ag	101,6	111,02
Subgrade	CBR = 8,3	85,59

HMA CDF = 0,05; Sub CDF = 0,20; Str Life (SG) = 54,2 yrs; t = 351,6 mm

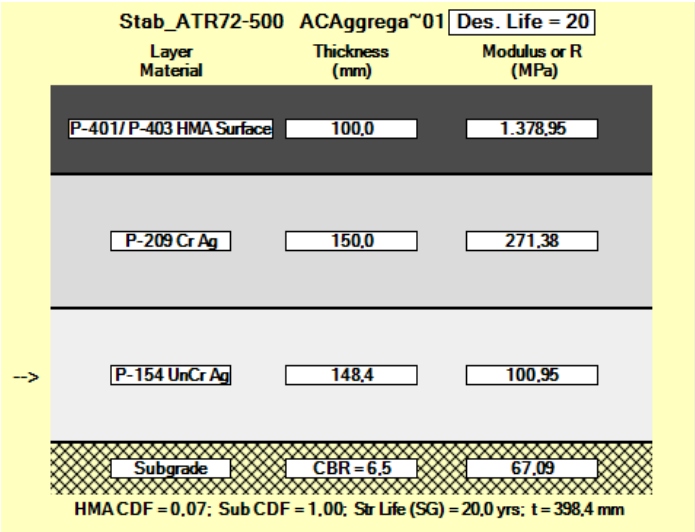
Stab_ATR72-500 ACAggrega~01 Des. Life = 20

Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
P-209 Cr Ag	150,0	291,73
--> P-154 UnCr Ag	101,6	111,21
Subgrade	CBR = 8,3	85,80

HMA CDF = 0,05; Sub CDF = 0,19; Str Life (SG) = 55,9 yrs; t = 351,6 mm



24. ATR 72-500 Klasifikasi Landas Pacu 3C Setelah Stabilisasi Semen



Stab_ATR72-500 ACAggrega~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-209 Cr Ag	150,0	273,29
-->	P-154 UnCr Ag	133,7	101,90
	Subgrade	CBR = 6,8	70,11

HMA CDF = 0,07; Sub CDF = 1,00; Str Life (SG) = 20,0 yrs; t = 383,7 mm

Stab_ATR72-500 ACAggrega~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-209 Cr Ag	150,0	287,43
-->	P-154 UnCr Ag	101,6	109,01
	Subgrade	CBR = 8,1	83,35

HMA CDF = 0,05; Sub CDF = 0,34; Str Life (SG) = 39,6 yrs; t = 351,6 mm

Stab_ATR72-500 ACAggrega~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-209 Cr Ag	150,0	287,78
-->	P-154 UnCr Ag	101,6	109,19
	Subgrade	CBR = 8,1	83,54

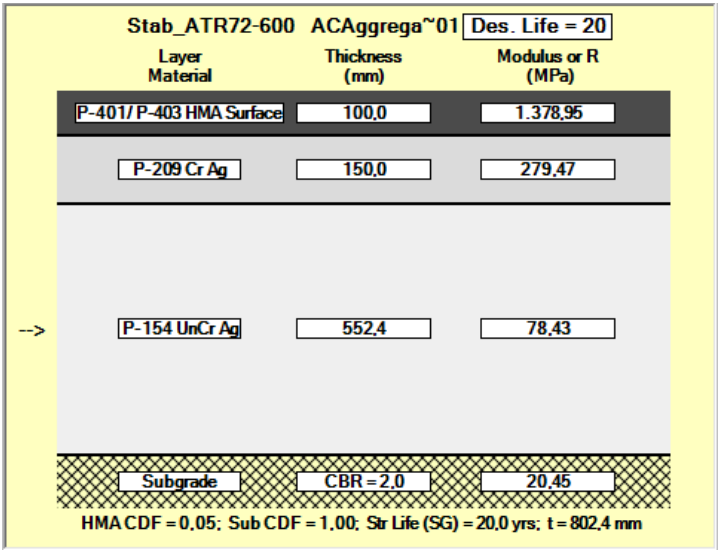
HMA CDF = 0,05; Sub CDF = 0,32; Str Life (SG) = 40,7 yrs; t = 351,6 mm

Stab_ATR72-500 ACAggrega~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-209 Cr Ag	150,0	304,07
-->	P-154 UnCr Ag	101,6	117,59
	Subgrade	CBR = 9,0	93,12

HMA CDF = 0,04; Sub CDF = 0,02; Str Life (SG) = 174,4 yrs; t = 351,6 mm

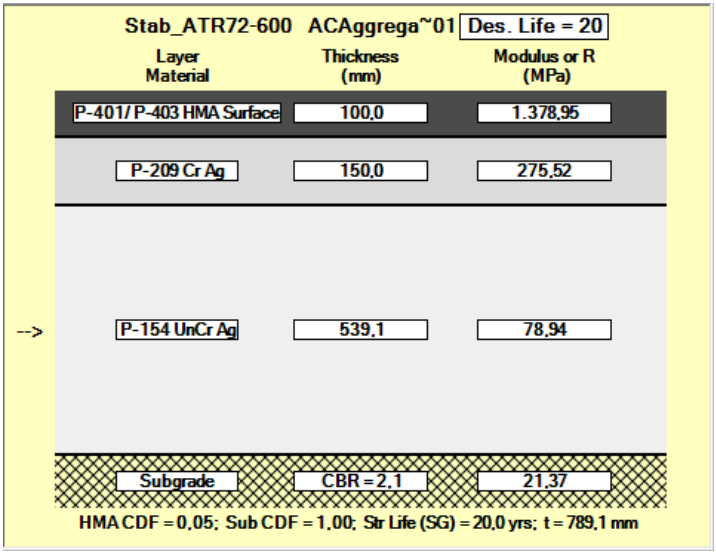
25. ATR 72-600 Klasifikasi Landas Pacu 3C Sebelum Stabilisasi



Stab_ATR72-600 ACAggrega~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-209 Cr Ag	150,0	279,47
-->	P-154 UnCr Ag	552,4	78,43
	Subgrade	CBR = 2,0	20,45

HMA CDF = 0,05; Sub CDF = 1,00; Str Life (SG) = 20,0 yrs; t = 802,4 mm



Stab_ATR72-600 ACAggrega~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-209 Cr Ag	150,0	275,52
-->	P-154 UnCr Ag	539,1	78,94
	Subgrade	CBR = 2,1	21,37

HMA CDF = 0,05; Sub CDF = 1,00; Str Life (SG) = 20,0 yrs; t = 789,1 mm

Stab_ATR72-600 ACAggrega~01 Des. Life = 20

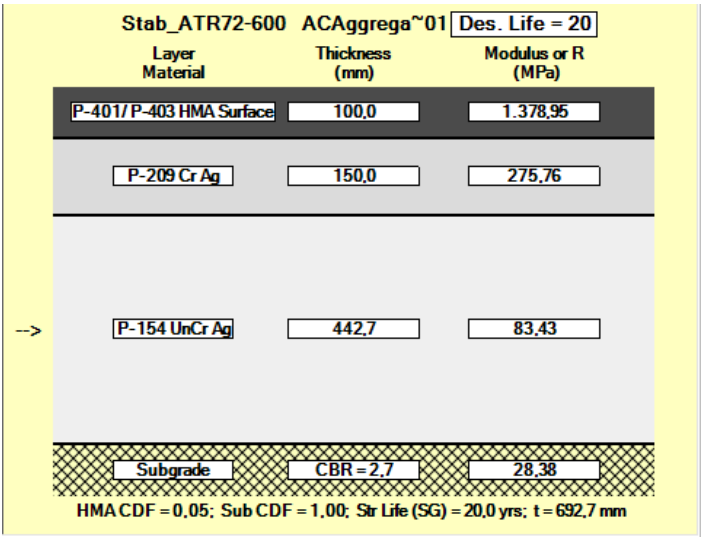
	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-209 Cr Ag	150,0	271,52
-->	P-154 UnCr Ag	481,5	81,86
	Subgrade	CBR = 2,5	25,40

HMA CDF = 0,06; Sub CDF = 1,00; Str Life (SG) = 20,0 yrs; t = 731,5 mm

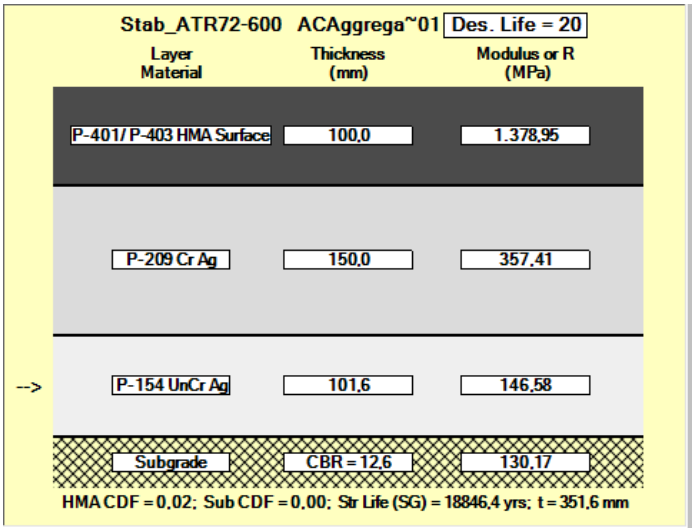
Stab_ATR72-600 ACAggrega~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-209 Cr Ag	150,0	271,62
-->	P-154 UnCr Ag	480,7	81,89
	Subgrade	CBR = 2,5	25,46

HMA CDF = 0,06; Sub CDF = 1,00; Str Life (SG) = 20,0 yrs; t = 730,7 mm



26. ATR 72-600 Klasifikasi Landas Pacu 3C Setelah Stabilisasi Bottom Ash



Stab_ATR72-600 ACAggrega~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-209 Cr Ag	150,0	364,71
-->	P-154 UnCr Ag	101,6	150,73
	Subgrade	CBR = 13,2	136,02

HMA CDF = 0,01; Sub CDF = 0,00; Str Life (SG) = 18846,4 yrs; t = 351,6 mm

Stab_ATR72-600 ACAggrega~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-209 Cr Ag	150,0	393,92
-->	P-154 UnCr Ag	101,6	167,78
	Subgrade	CBR = 15,6	161,70

HMA CDF = 0,01; Sub CDF = 0,00; Str Life (SG) = 18846,4 yrs; t = 351,6 mm

Stab_ATR72-600 ACAggrega~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-209 Cr Ag	150,0	394,34
-->	P-154 UnCr Ag	101,6	168,03
	Subgrade	CBR = 15,7	162,09

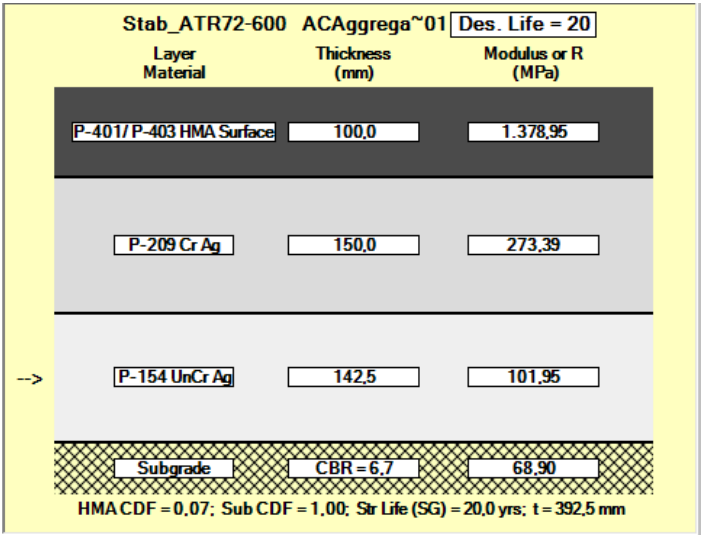
HMA CDF = 0,01; Sub CDF = 0,00; Str Life (SG) = 18846,4 yrs; t = 351,6 mm

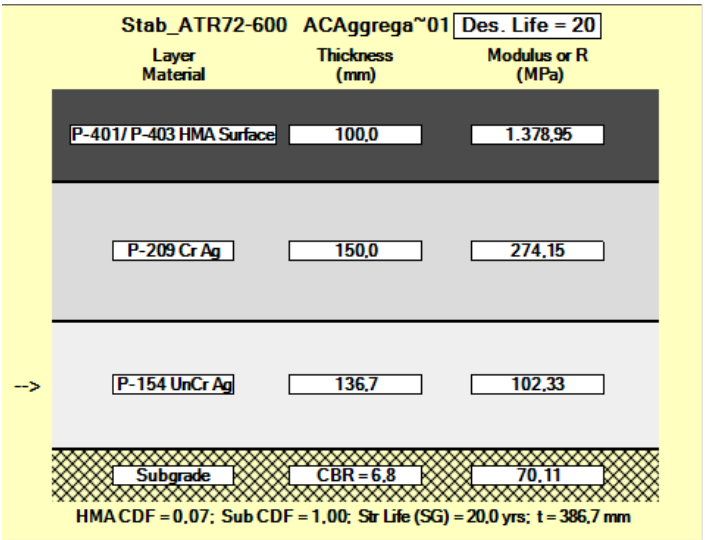
Stab_ATR72-600 ACAggrega~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-209 Cr Ag	150,0	412,97
-->	P-154 UnCr Ag	101,6	179,29
	Subgrade	CBR = 17,5	180,67

HMA CDF = 0,01; Sub CDF = 0,00; Str Life (SG) = 18846,4 yrs; t = 351,6 mm

27. ATR 72-600 Klasifikasi Landas Pacu 3C Setelah Stabilisasi POFA





Stab_ATR72-600 ACAggrega~01 Des. Life = 20

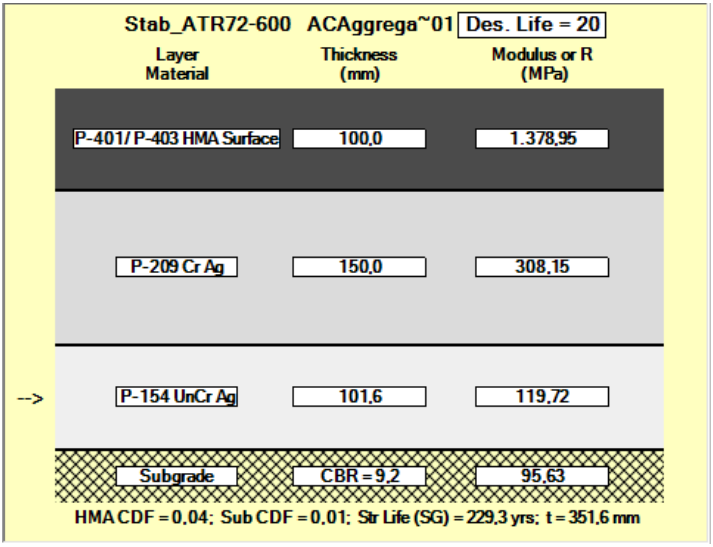
	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-209 Cr Ag	150,0	291,37
-->	P-154 UnCr Ag	101,6	111,02
	Subgrade	CBR = 8,3	85,59

HMA CDF = 0,05; Sub CDF = 0,24; Str Life (SG) = 48,3 yrs; t = 351,6 mm

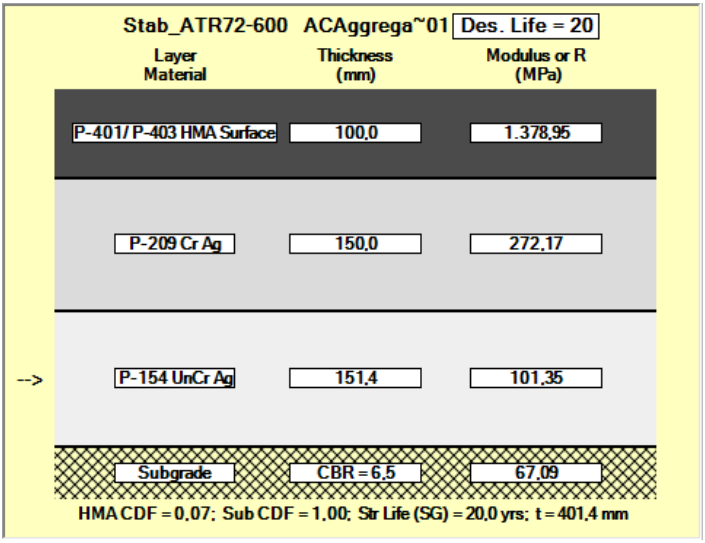
Stab_ATR72-600 ACAggrega~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-209 Cr Ag	150,0	291,73
-->	P-154 UnCr Ag	101,6	111,21
	Subgrade	CBR = 8,3	85,80

HMA CDF = 0,05; Sub CDF = 0,23; Str Life (SG) = 49,7 yrs; t = 351,6 mm



28. ATR 72-600 Klasifikasi Landas Pacu 3C Setelah Stabilisasi Semen



Stab_ATR72-600 ACAggrega~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-209 Cr Ag	150,0	274,14
-->	P-154 UnCr Ag	136,7	102,33
	Subgrade	CBR = 6,8	70,11

N = 2; Subgrade CDF = 1,00; t = 386,7 mm

Stab_ATR72-600 ACAggrega~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-209 Cr Ag	150,0	287,43
-->	P-154 UnCr Ag	101,6	109,01
	Subgrade	CBR = 8,1	83,35

HMA CDF = 0,05; Sub CDF = 0,41; Str Life (SG) = 35,5 yrs; t = 351,6 mm

Stab_ATR72-600 ACAggrega~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-209 Cr Ag	150,0	287,78
-->	P-154 UnCr Ag	101,6	109,19
	Subgrade	CBR = 8,1	83,54

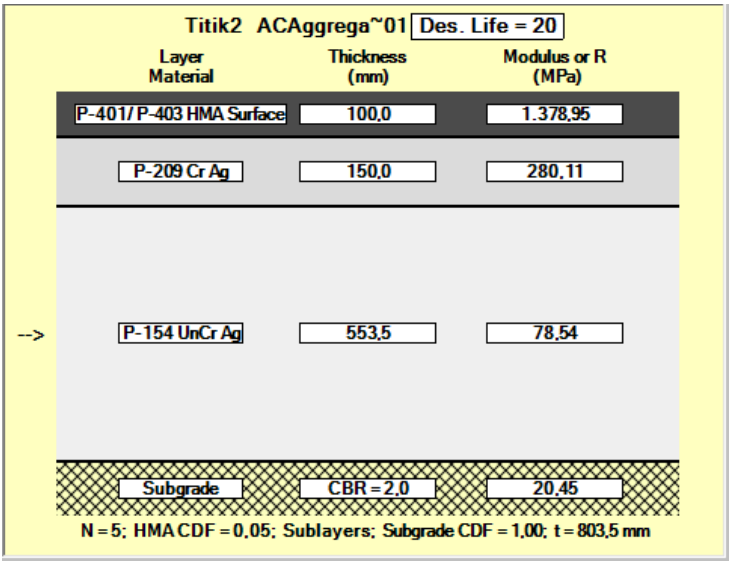
HMA CDF = 0,05; Sub CDF = 0,39; Str Life (SG) = 36,5 yrs; t = 351,6 mm

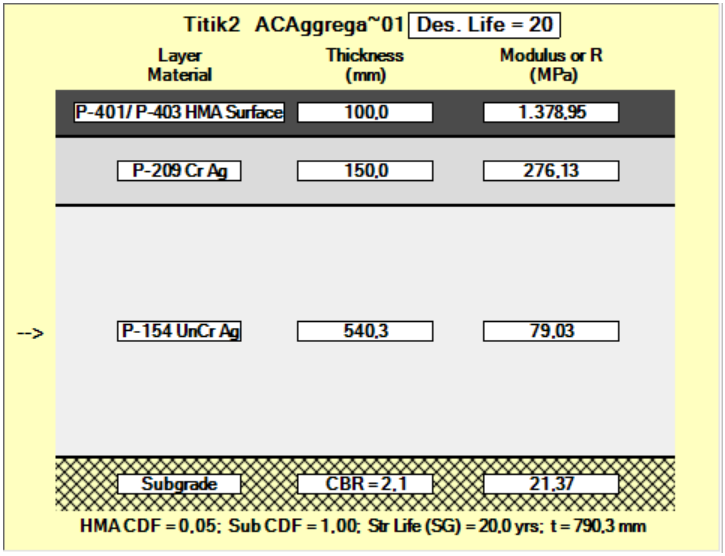
Stab_ATR72-600 ACAggrega~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-209 Cr Ag	150,0	304,07
-->	P-154 UnCr Ag	101,6	117,59
	Subgrade	CBR = 9,0	93,12

HMA CDF = 0,04; Sub CDF = 0,03; Str Life (SG) = 149,2 yrs; t = 351,6 mm

29. *Traffic Mix* Klasifikasi Landas Pacu 3C Sebelum Stabilisasi





Titik2 ACAggrega~01 Des. Life = 20

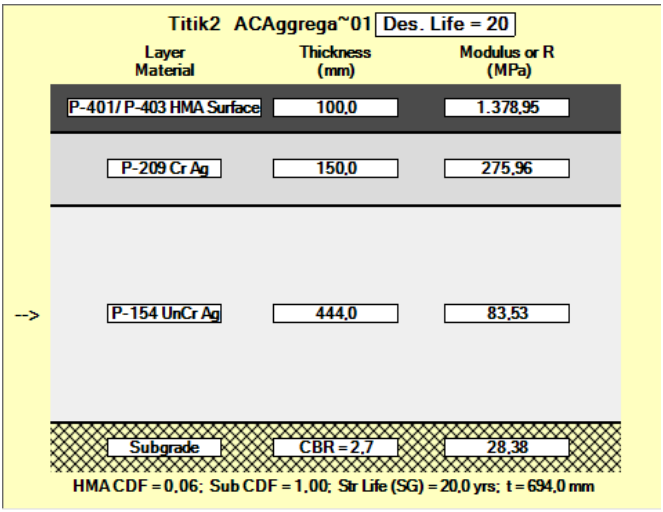
	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-209 Cr Ag	150,0	271,69
-->	P-154 UnCr Ag	482,8	81,95
	Subgrade	CBR = 2,5	25,40

HMA CDF = 0,06; Sub CDF = 1,00; Str Life (SG) = 20,0 yrs; t = 732,8 mm

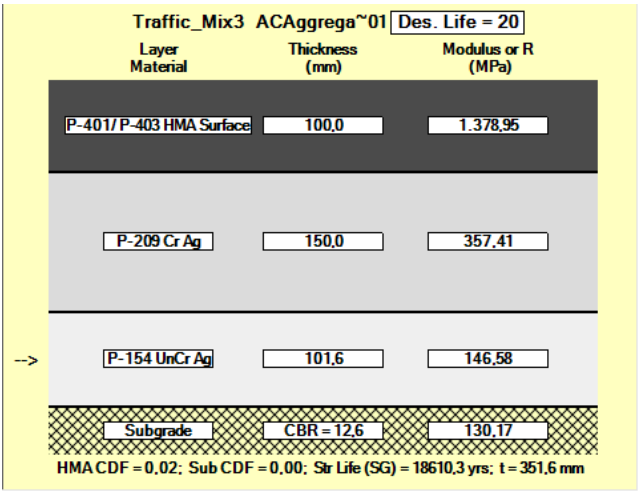
Titik2 ACAggrega~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-209 Cr Ag	150,0	271,79
-->	P-154 UnCr Ag	481,9	81,99
	Subgrade	CBR = 2,5	25,46

HMA CDF = 0,06; Sub CDF = 1,00; Str Life (SG) = 20,0 yrs; t = 731,9 mm



29. *Traffic Mix* Klasifikasi Landas Pacu 3C Setelah Stabilisasi Bottom Ash



Traffic_Mix3 ACAggrega~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-209 Cr Ag	150,0	364,71
-->	P-154 UnCr Ag	101,6	150,73
	Subgrade	CBR = 13,2	136,02

HMA CDF = 0,01; Sub CDF = 0,00; Str Life (SG) = 18610,3 yrs; t = 351,6 mm

Traffic_Mix3 ACAggrega~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-209 Cr Ag	150,0	393,92
-->	P-154 UnCr Ag	101,6	167,78
	Subgrade	CBR = 15,6	161,70

HMA CDF = 0,01; Sub CDF = 0,00; Str Life (SG) = 18610,3 yrs; t = 351,6 mm

Traffic_Mix3 ACAggrega~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-209 Cr Ag	150,0	394,34
-->	P-154 UnCr Ag	101,6	168,03
	Subgrade	CBR = 15,7	162,09

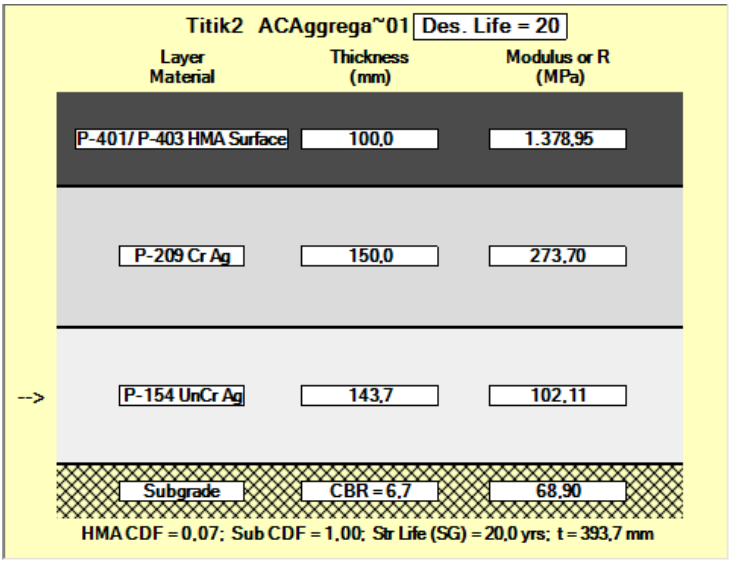
HMA CDF = 0,01; Sub CDF = 0,00; Str Life (SG) = 18610,3 yrs; t = 351,6 mm

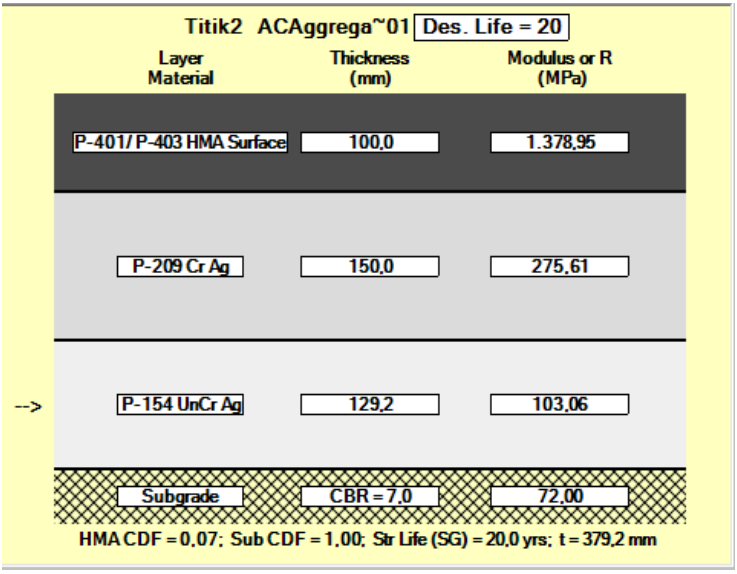
Traffic_Mix3 ACAggrega~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-209 Cr Ag	150,0	412,97
-->	P-154 UnCr Ag	101,6	179,29
	Subgrade	CBR = 17,5	180,67

HMA CDF = 0,01; Sub CDF = 0,00; Str Life (SG) = 18610,3 yrs; t = 351,6 mm

31. *Traffic Mix* Klasifikasi Landas Pacu 3C Sebtelah Stabilisasi POFA





Titik2 ACAggrega~01 Des. Life = 20

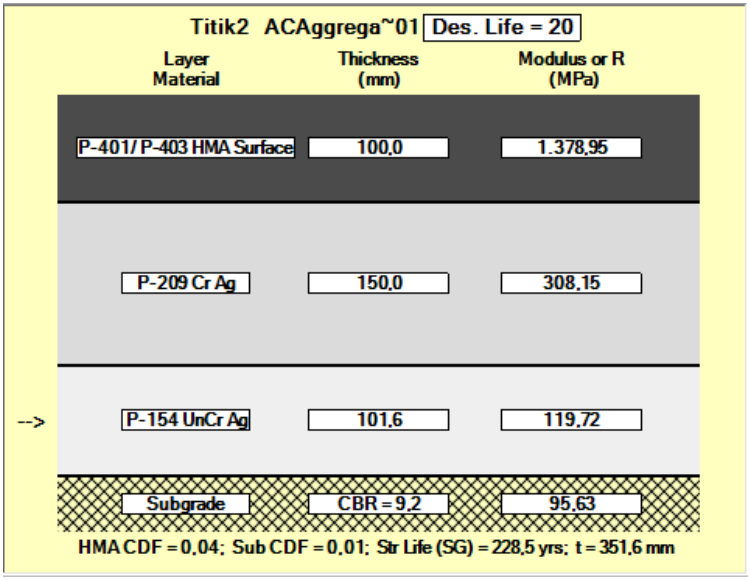
	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-209 Cr Ag	150,0	291,37
-->	P-154 UnCr Ag	101,6	111,02
	Subgrade	CBR = 8,3	85,59

HMA CDF = 0,05; Sub CDF = 0,25; Str Life (SG) = 47,2 yrs; t = 351,6 mm

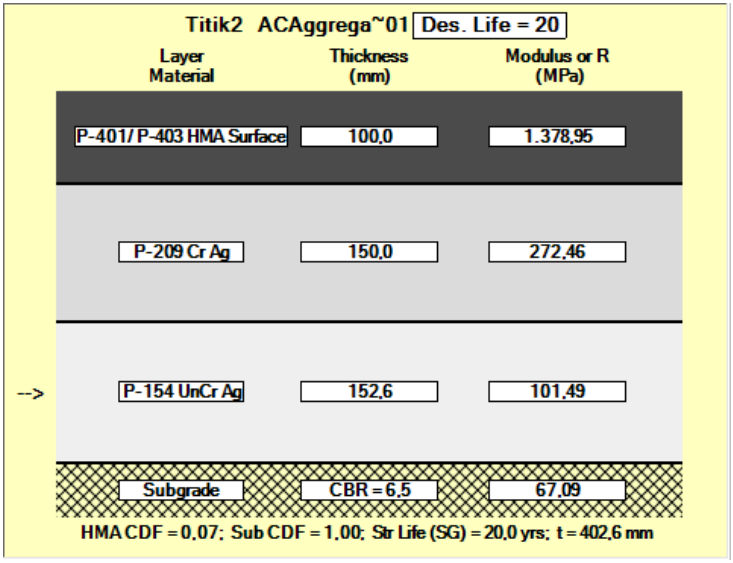
Titik2 ACAggrega~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-209 Cr Ag	150,0	291,73
-->	P-154 UnCr Ag	101,6	111,21
	Subgrade	CBR = 8,3	85,80

HMA CDF = 0,05; Sub CDF = 0,24; Str Life (SG) = 48,6 yrs; t = 351,6 mm



32. *Traffic Mix* Klasifikasi Landas Pacu 3C Setelah Stabilisasi Semen



Titik2 ACAggrega~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-209 Cr Ag	150,0	274,47
-->	P-154 UnCr Ag	137,9	102,49
	Subgrade	CBR = 6,8	70,11

HMA CDF = 0,07; Sub CDF = 1,00; Str Life (SG) = 20,0 yrs; t = 387,9 mm

Titik2 ACAggrega~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-209 Cr Ag	150,0	287,43
-->	P-154 UnCr Ag	101,6	109,01
	Subgrade	CBR = 8,1	83,35

HMA CDF = 0,06; Sub CDF = 0,42; Str Life (SG) = 34,6 yrs; t = 351,6 mm

Titik2 ACAggrega~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-209 Cr Ag	150,0	287,78
-->	P-154 UnCr Ag	101,6	109,19
	Subgrade	CBR = 8,1	83,54

HMA CDF = 0,06; Sub CDF = 0,41; Str Life (SG) = 35,5 yrs; t = 351,6 mm

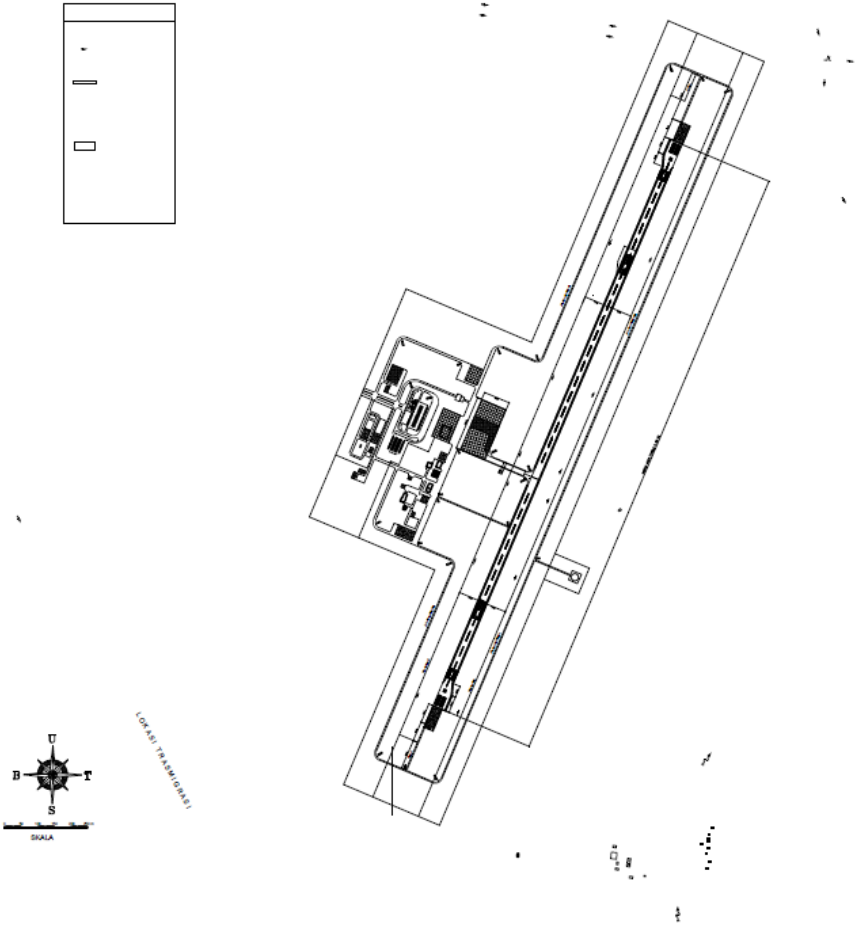
Titik2 ACAggrega~01 Des. Life = 20

	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
	P-401/ P-403 HMA Surface	100,0	1.378,95
	P-209 Cr Ag	150,0	304,07
-->	P-154 UnCr Ag	101,6	117,59
	Subgrade	CBR = 9,0	93,12

HMA CDF = 0,04; Sub CDF = 0,03; Str Life (SG) = 147,9 yrs; t = 351,6 mm

LAMPIRAN 6

Lay Out Bandar Udara Tanah Grogot dan Potongan Melintang Perkerasan



PEMERINTAH KABUPATEN PASER
DINAS PERHUBUNGAN
Di Penjalan (Tapis) Tana Paser Kode Pos 76211
Telp/Fax : 0546-5235009, 0543-5235010
Email : perhubunganpaser@gmail.com

NAMA KEGIATAN

SURVEY TOPOGRAFI

NAMA PEKERJAAN

EVALUASI KAJIAN TEKNIS LANJUTAN PEMBANGUNAN BANDAR UDARA KABUPATEN PASER - KALTIM

LOKASI :

DESA RANTAU PANJANG
KECAMATAN TANAH GROGOT
KABUPATEN TANAH PASER

MENGETAHUI / MENYETUJUI

DIPERIKSA

PEJABAT PEMBUAT KOMITMEN

KONSULTAN PERENCANA :

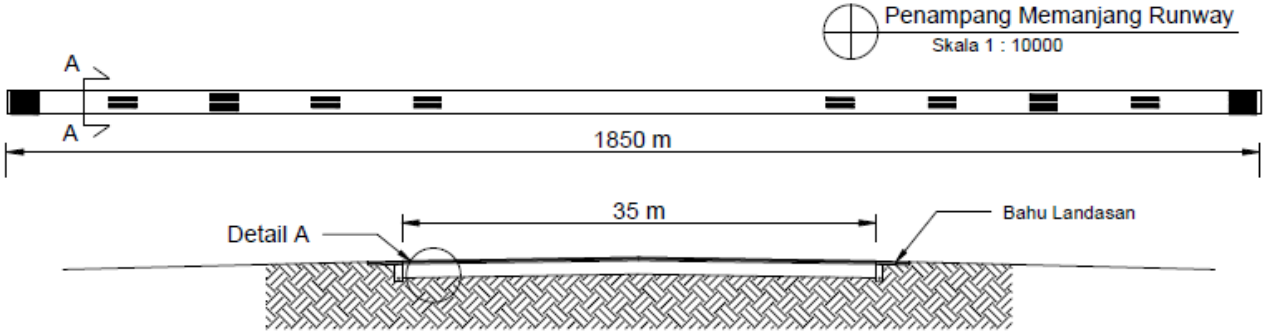
DIREKTUR UTAMA

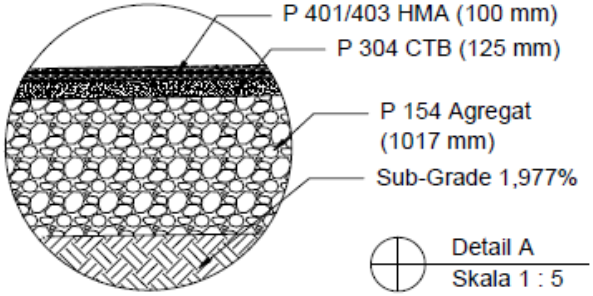
LBR	JUDUL GAMBAR	SKALA
	PETA TOPOGRAFI	1 : 1000

Activate Windows
Go to Settings to activate Windows.

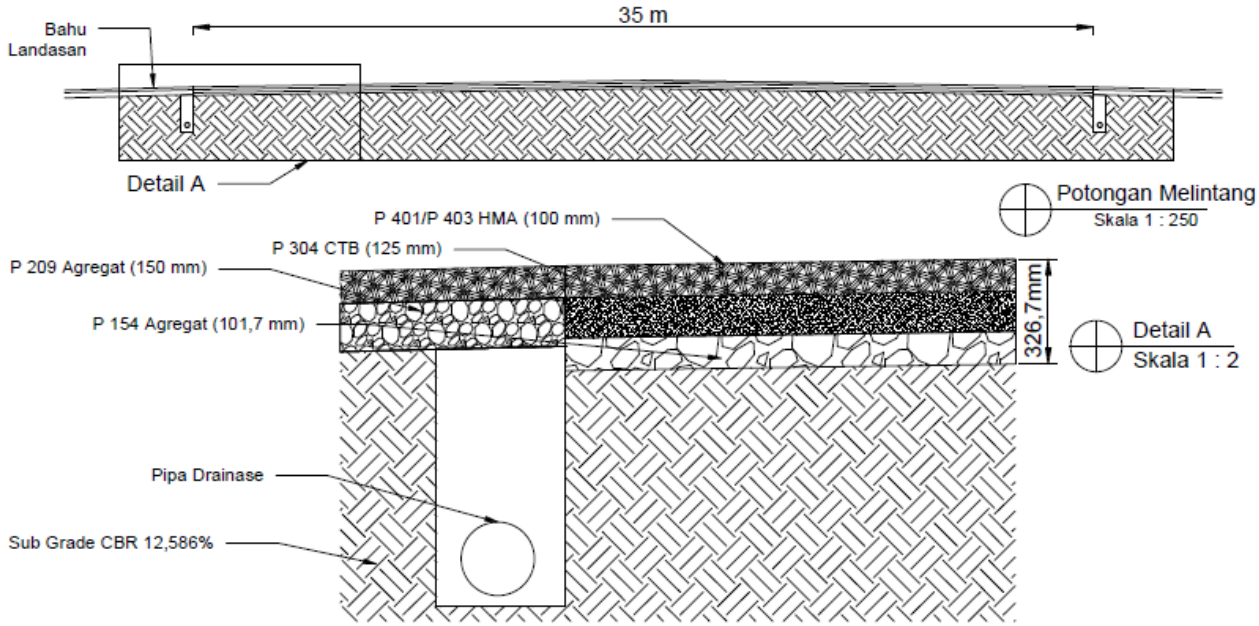
KODE	JML LBR	NO LBR
	1	1

LBR	REVISI GAMBAR	TTD

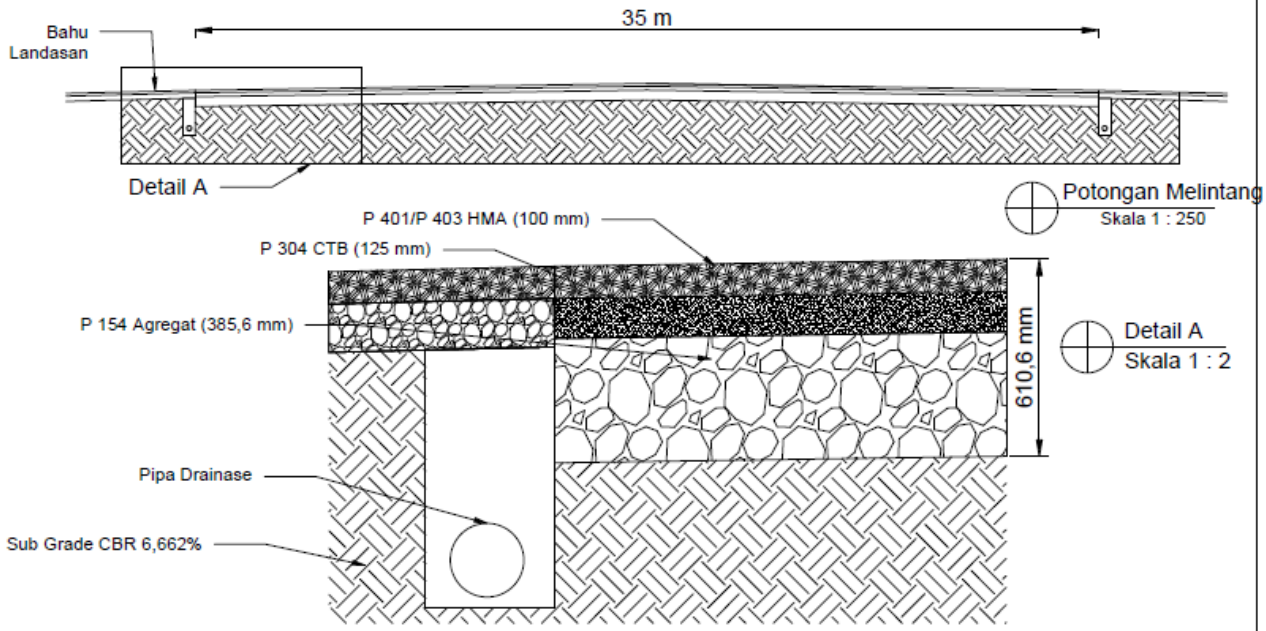




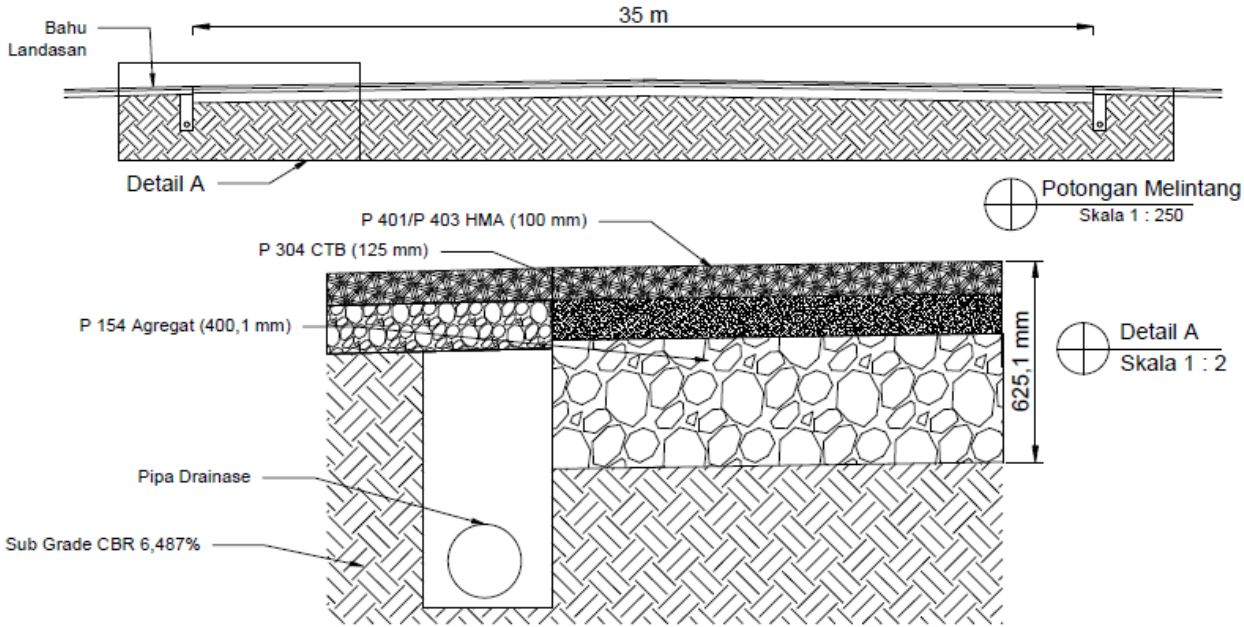
	Judul Tugas	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Pembimbing	Nama Mahasiswa
FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	Potongan Melintang Perkerasan Runway pada Landas Pacu 4C (Traffic Mix)	1	16	Ir. Ervina Ahyudanari ME, PhD	Muhammad Riza Amin M 03111640000144



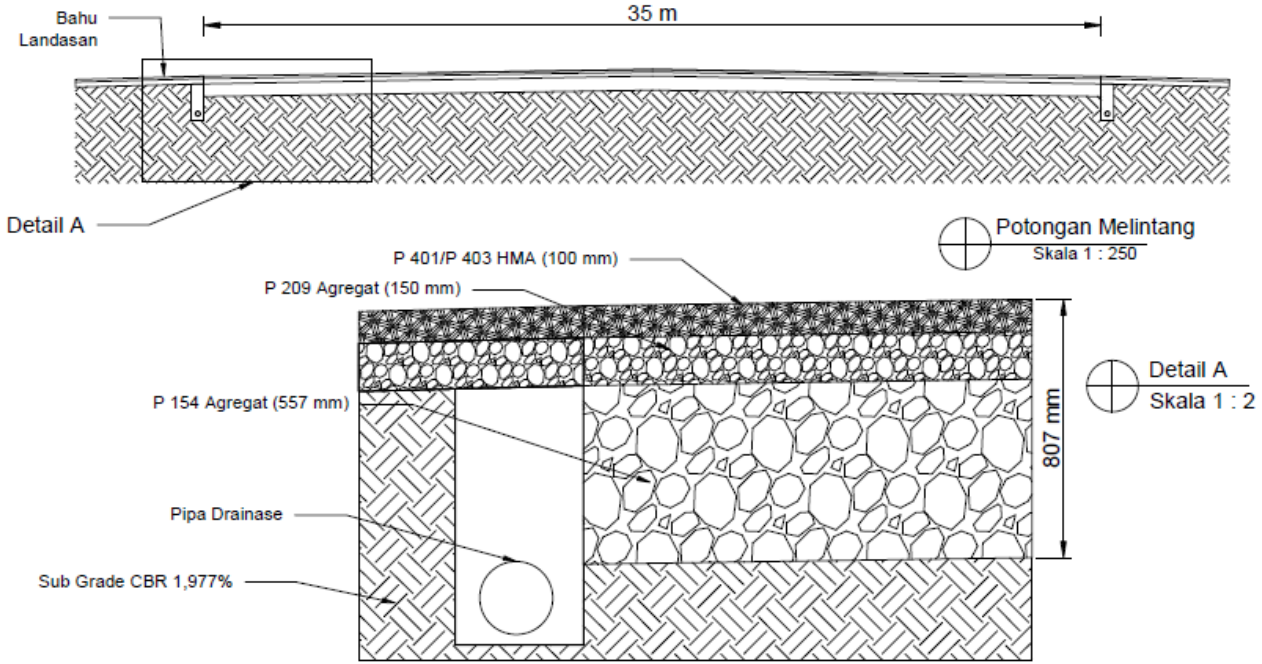
	Judul Tugas	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Pembimbing	Nama Mahasiswa
FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	Potongan Melintang Perkerasan Runway Akibat Pesawat Traffic Mix - Bottom Ash 4C	2	16	Ir. Ervina Ahyudanari ME, PhD	Muhammad Riza Amin M 03111640000144



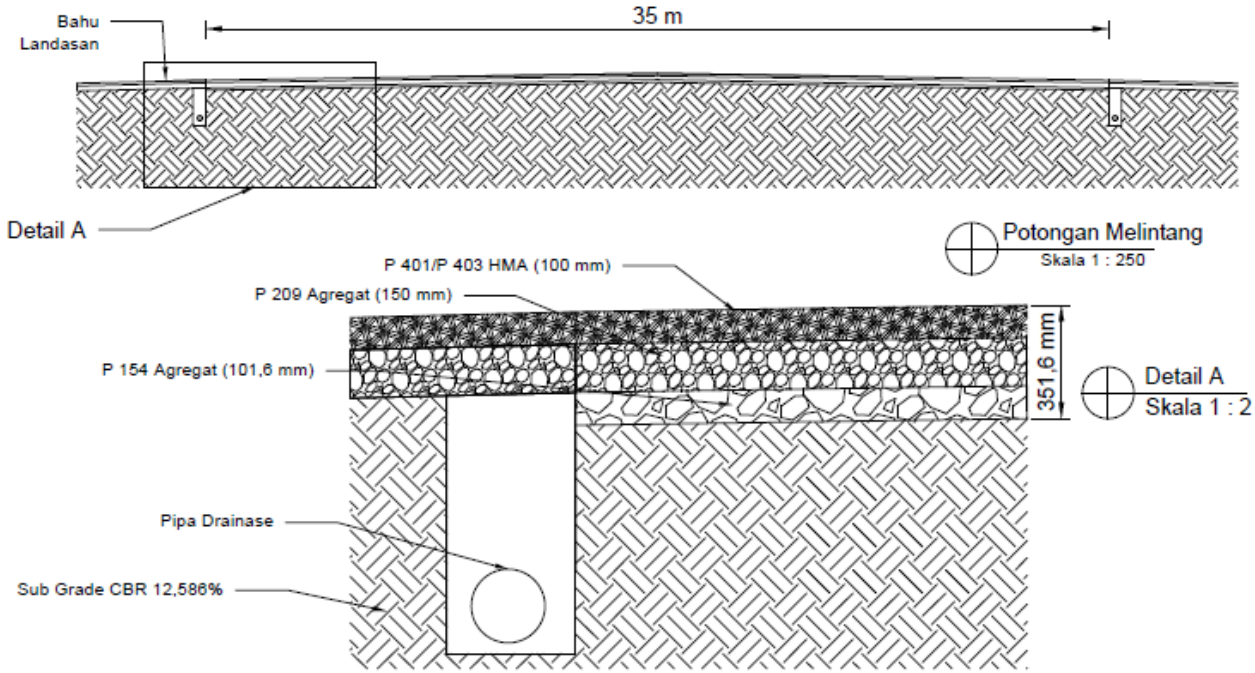
	Judul Tugas	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Pembimbing	Nama Mahasiswa
FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	Potongan Melintang Perkerasan Runway Akibat Pesawat Traffic Mix - POFA 4C	3	16	Ir. Ervina Ahyudanari ME, PhD	Muhammad Riza Amin M 03111640000144



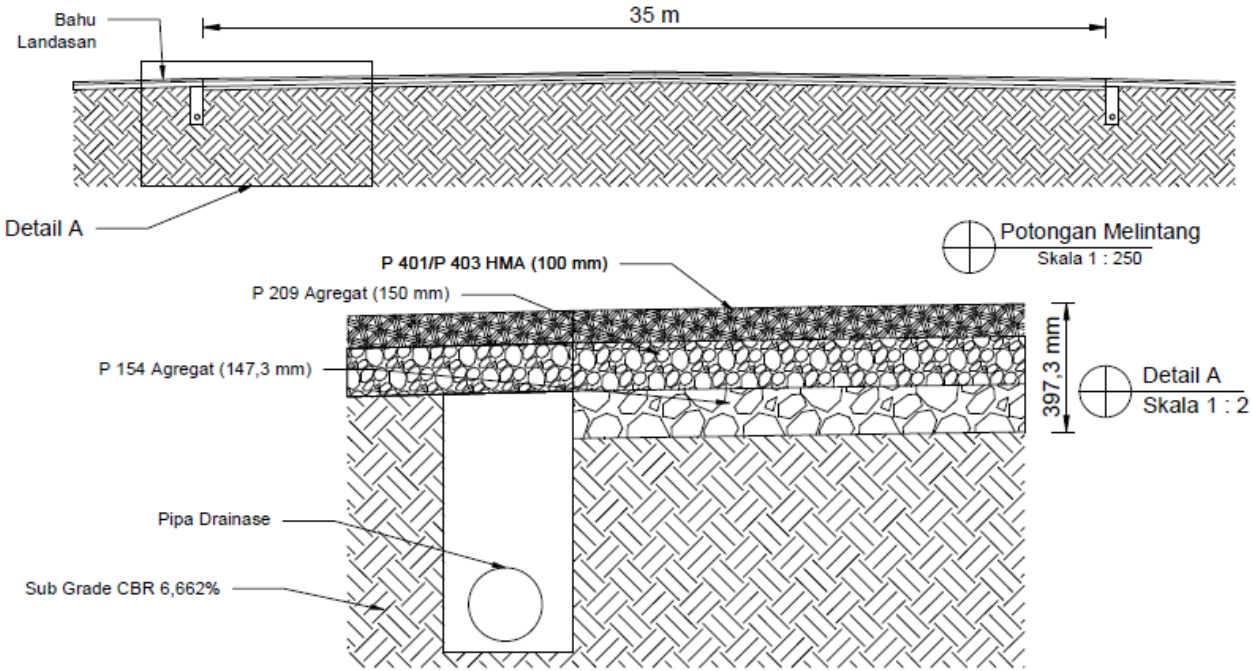
	Judul Tugas	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Pembimbing	Nama Mahasiswa
FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	Potongan Melintang Perkerasan Runway Akibat Pesawat Traffic Mix - Semen 4C	4	16	Ir. Ervina Ahyudanari ME, PhD	Muhammad Riza Amin M 03111640000144



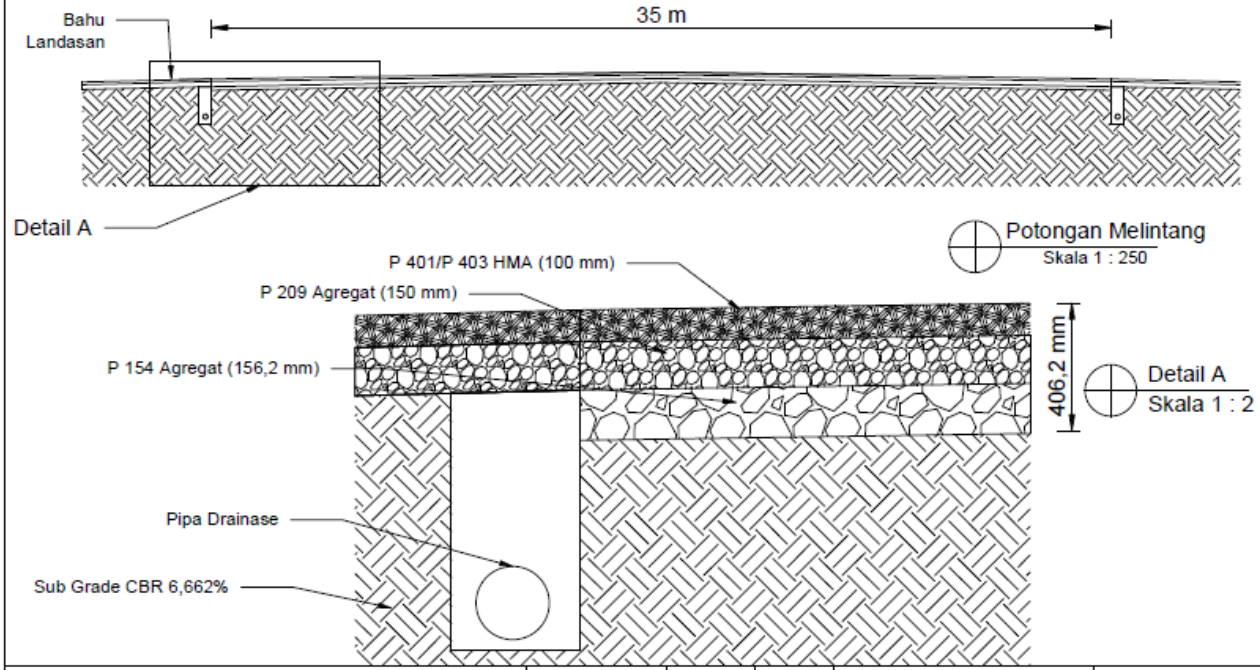
	Judul Tugas	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Pembimbing	Nama Mahasiswa
FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	Potongan Melintang Perkerasan Runway Akibat Pesawat ATR 72-500 Landas Pacu 4C	5	16	Ir. Ervina Ahyudanari ME, PhD	Muhammad Riza Amin M 03111640000144



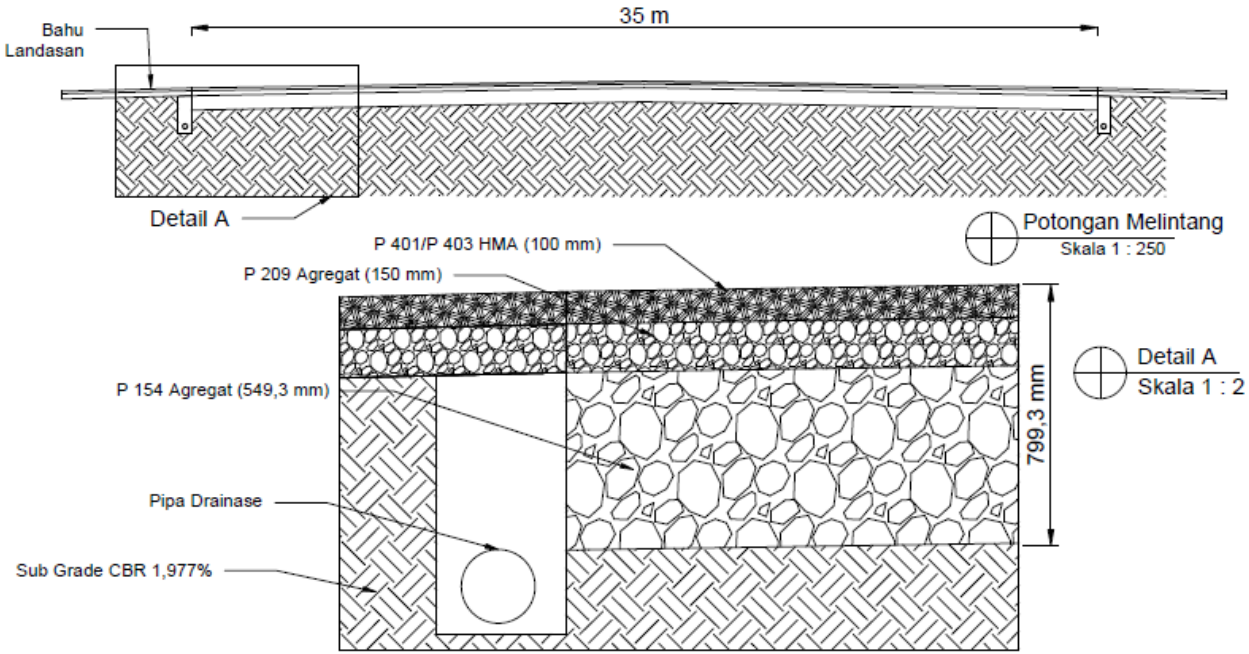
	Judul Tugas	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Pembimbing	Nama Mahasiswa
FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	Potongan Melintang Perkerasan Runway Akibat Pesawat ATR 72-500 Landas Pacu 4C - Bottom Ash	6	16	Ir. Ervina Ahyudanari ME, PhD	Muhammad Riza Amin M 03111640000144



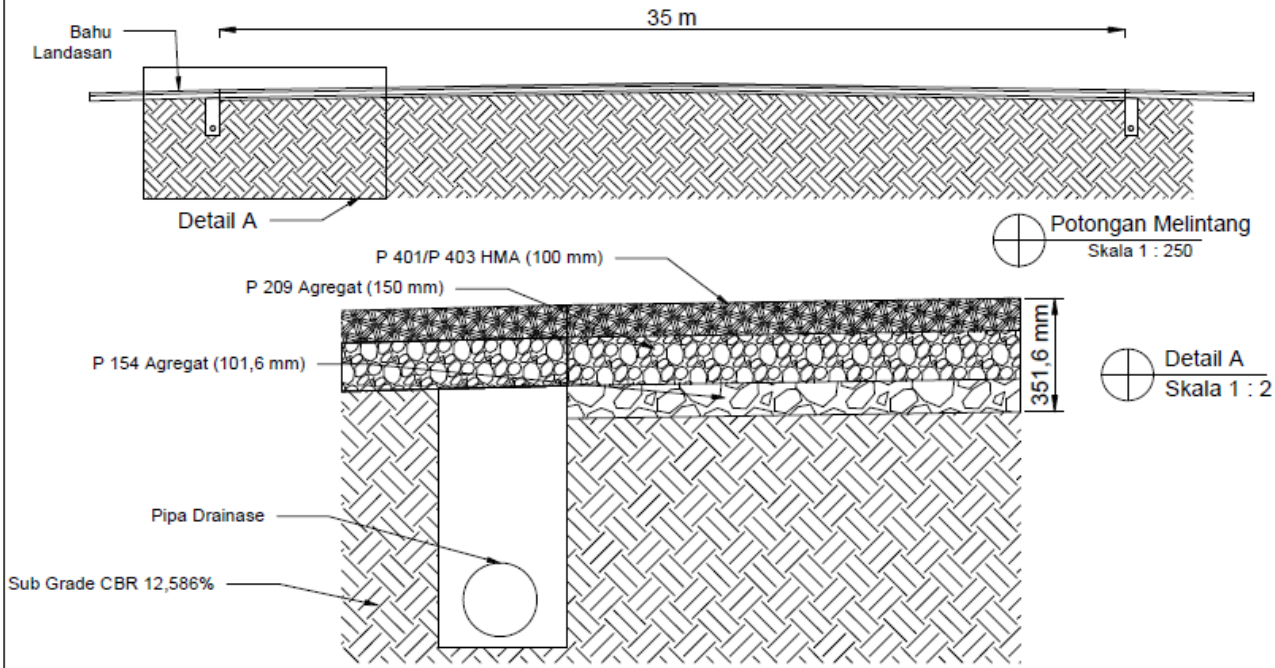
	Judul Tugas	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Pembimbing	Nama Mahasiswa
FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	Potongan Melintang Perkerasan Runway Akibat Pesawat ATR 72-500 Landas Pacu 4C - POFA	7	16	Ir. Ervina Ahyudanari ME, PhD	Muhammad Riza Amin M 03111640000144



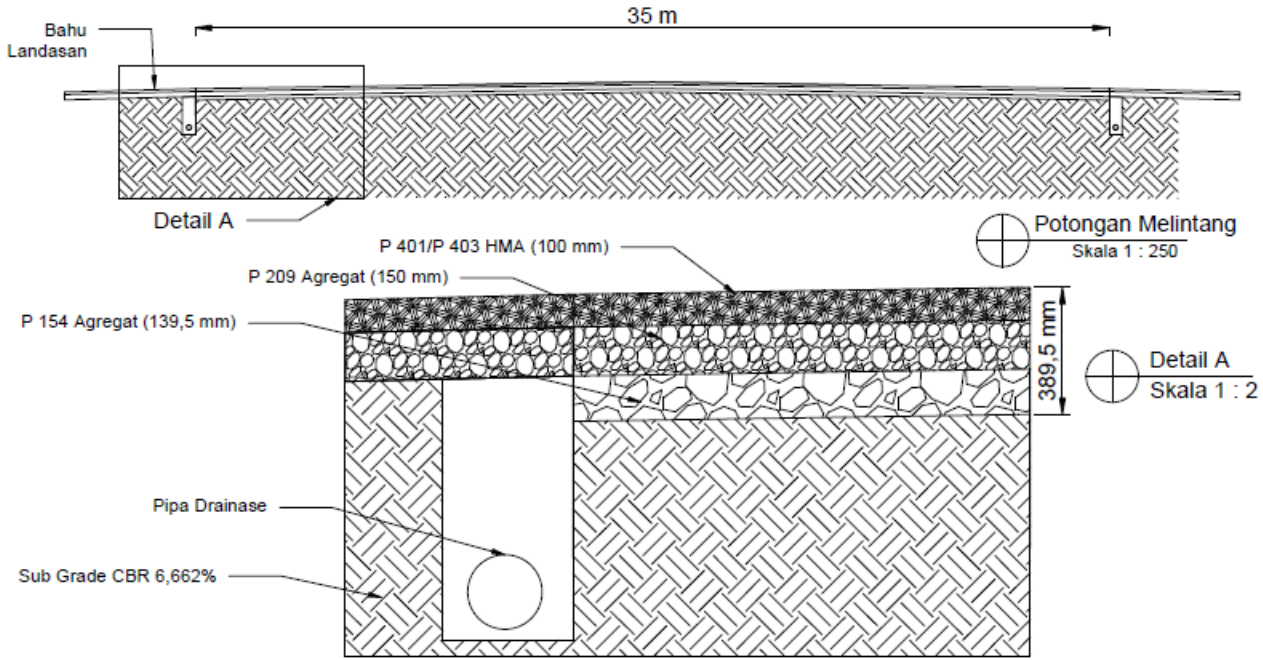
	Judul Tugas	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Pembimbing	Nama Mahasiswa
FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	Potongan Melintang Perkerasan Runway Akibat Pesawat ATR 72-500 Landas Pacu 4C - Semen	8	16	Ir. Ervina Ahyudanari ME, PhD	Muhammad Riza Amin M 03111640000144



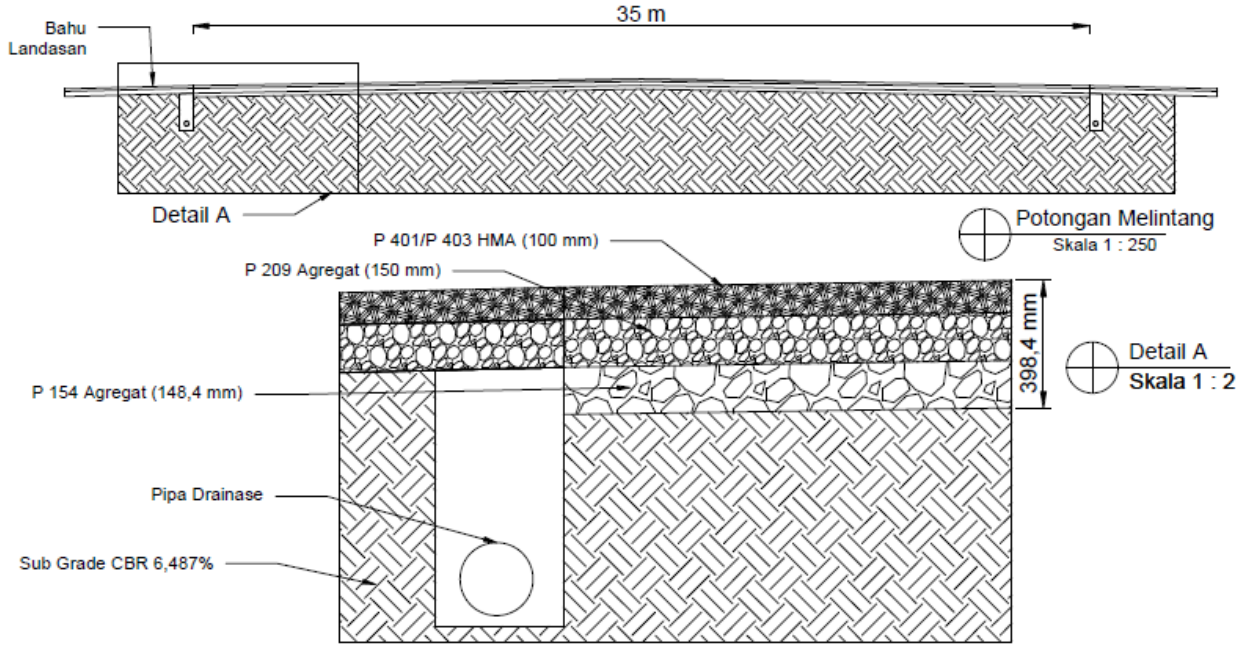
	Judul Tugas	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Pembimbing	Nama Mahasiswa
FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	Potongan Melintang Perkerasan Runway Akibat Pesawat ATR 72-500 Landas Pacu 3C	9	16	Ir. Ervina Ahyudanari ME, PhD	Muhammad Riza Amin M 03111640000144



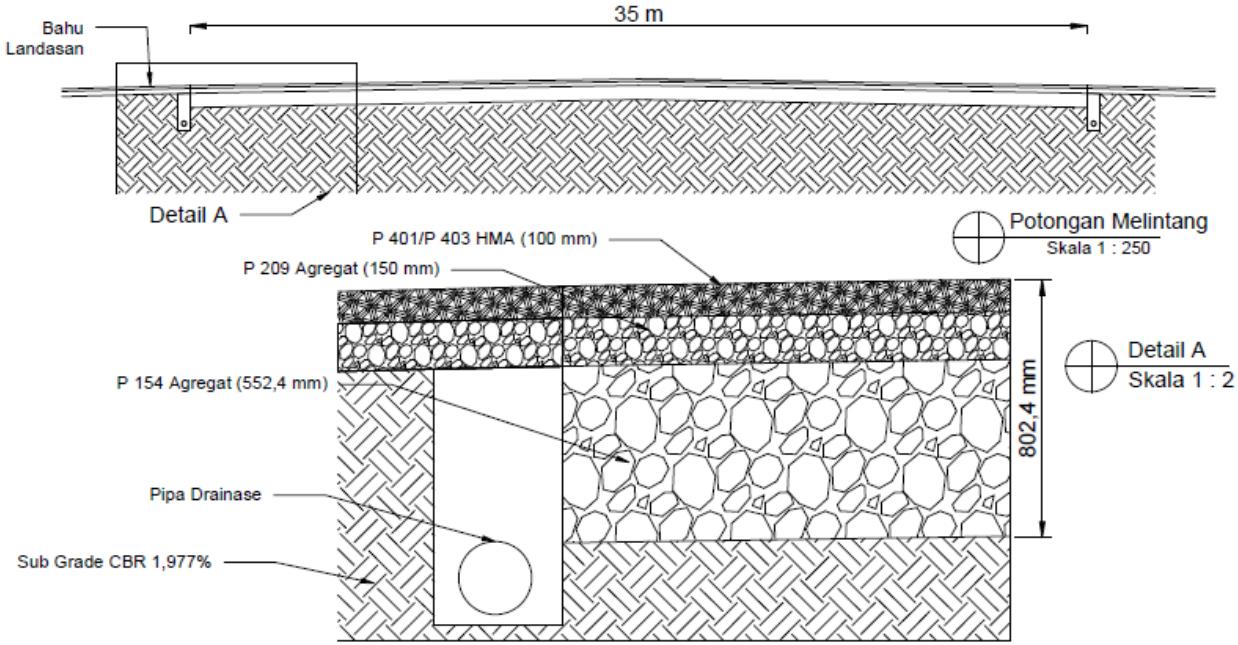
	Judul Tugas	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Pembimbing	Nama Mahasiswa
FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	Potongan Melintang Perkerasan Runway Akibat Pesawat ATR 72-500 Landas Pacu 3C - POFA	10	16	Ir. Ervina Ahyudanari ME, PhD	Muhammad Riza Amin M 03111640000144



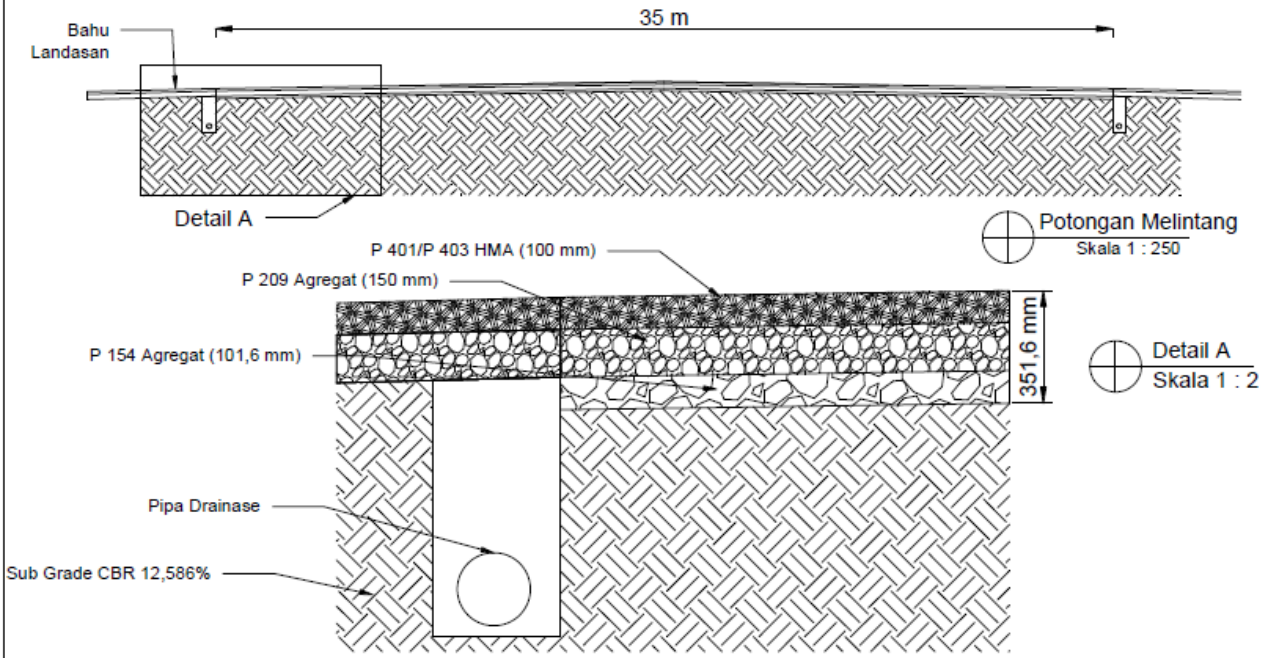
	Judul Tugas	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Pembimbing	Nama Mahasiswa
FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	Potongan Melintang Perkerasan Runway Akibat Pesawat ATR 72-500 Landas Pacu 3C - POFA	11	16	Ir. Ervina Ahyudanari ME, PhD	Muhammad Riza Amin M 03111640000144



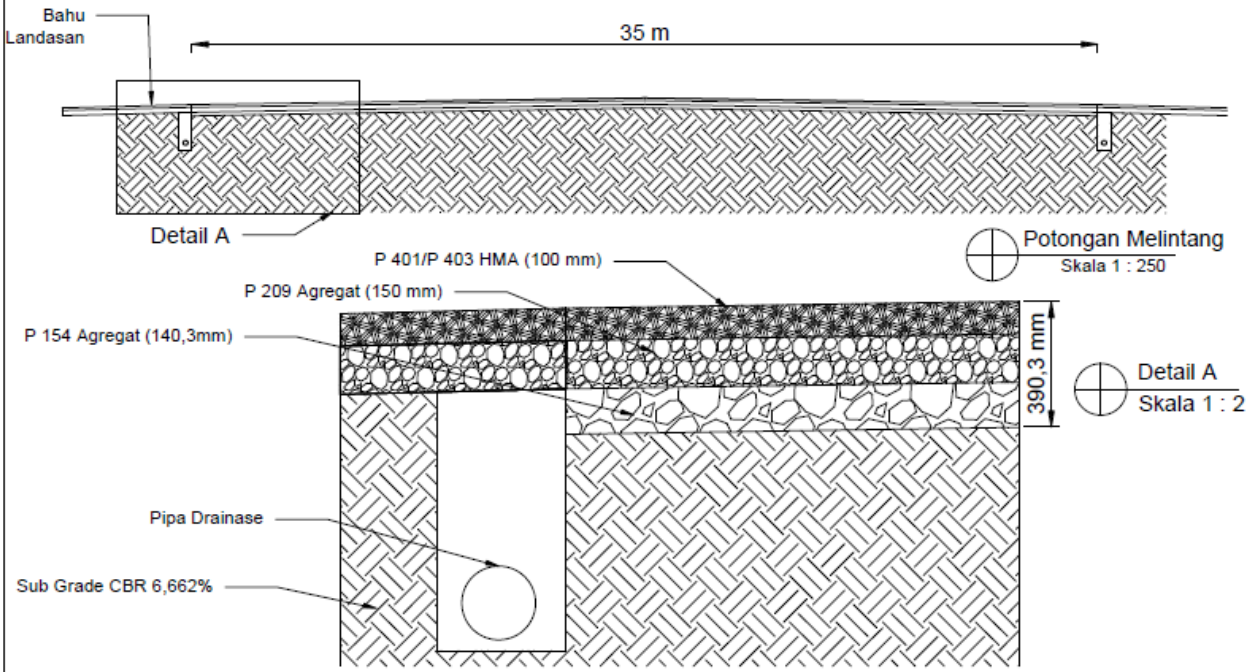
	Judul Tugas	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Pembimbing	Nama Mahasiswa
FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	Potongan Melintang Perkerasan Runway Akibat Pesawat ATR 72-500 Landas Pacu 3C - Semen	12	16	Ir. Ervina Ahyudanari ME, PhD	Muhammad Riza Amin M 03111640000144



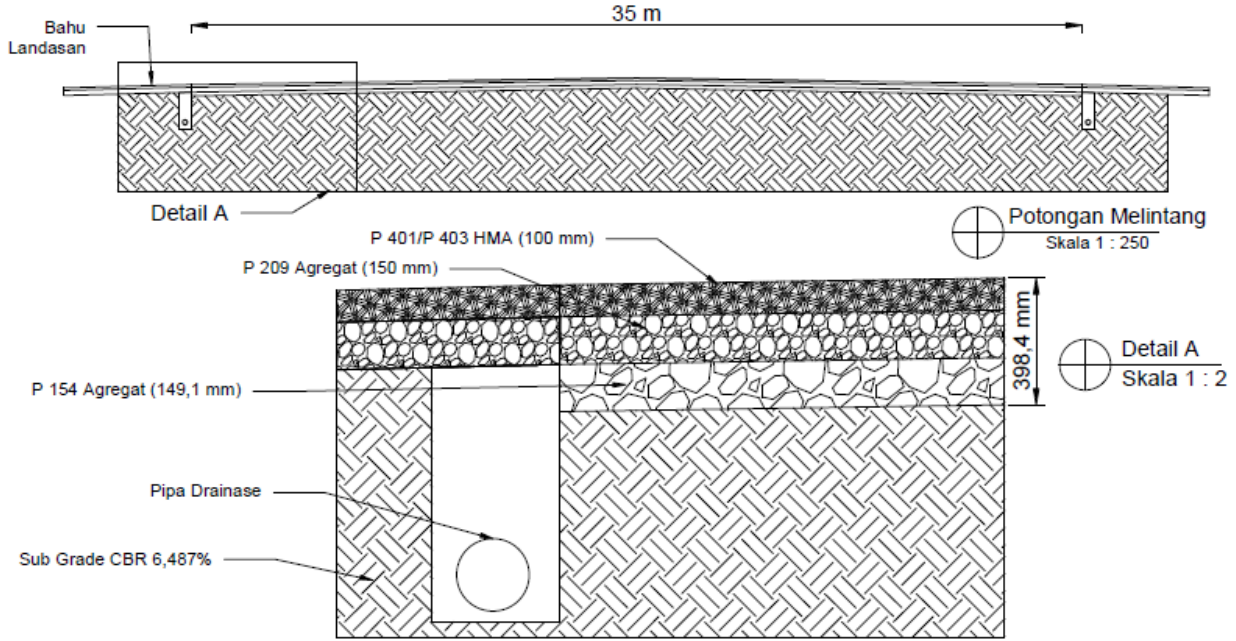
	Judul Tugas	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Pembimbing	Nama Mahasiswa
FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	Potongan Melintang Perkerasan Runway Akibat Pesawat Landas Pacu 3C (Traffic Mix)	13	16	Ir. Ervina Ahyudanari ME, PhD	Muhammad Riza Amin M 03111640000144



	Judul Tugas	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Pembimbing	Nama Mahasiswa
FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	Potongan Melintang Perkerasan Runway Akibat Pesawat Traffic Mix Landas Pacu 3C - Bottom Ash	14	16	Ir. Ervina Ahyudanari ME, PhD	Muhammad Riza Amin M 03111640000144



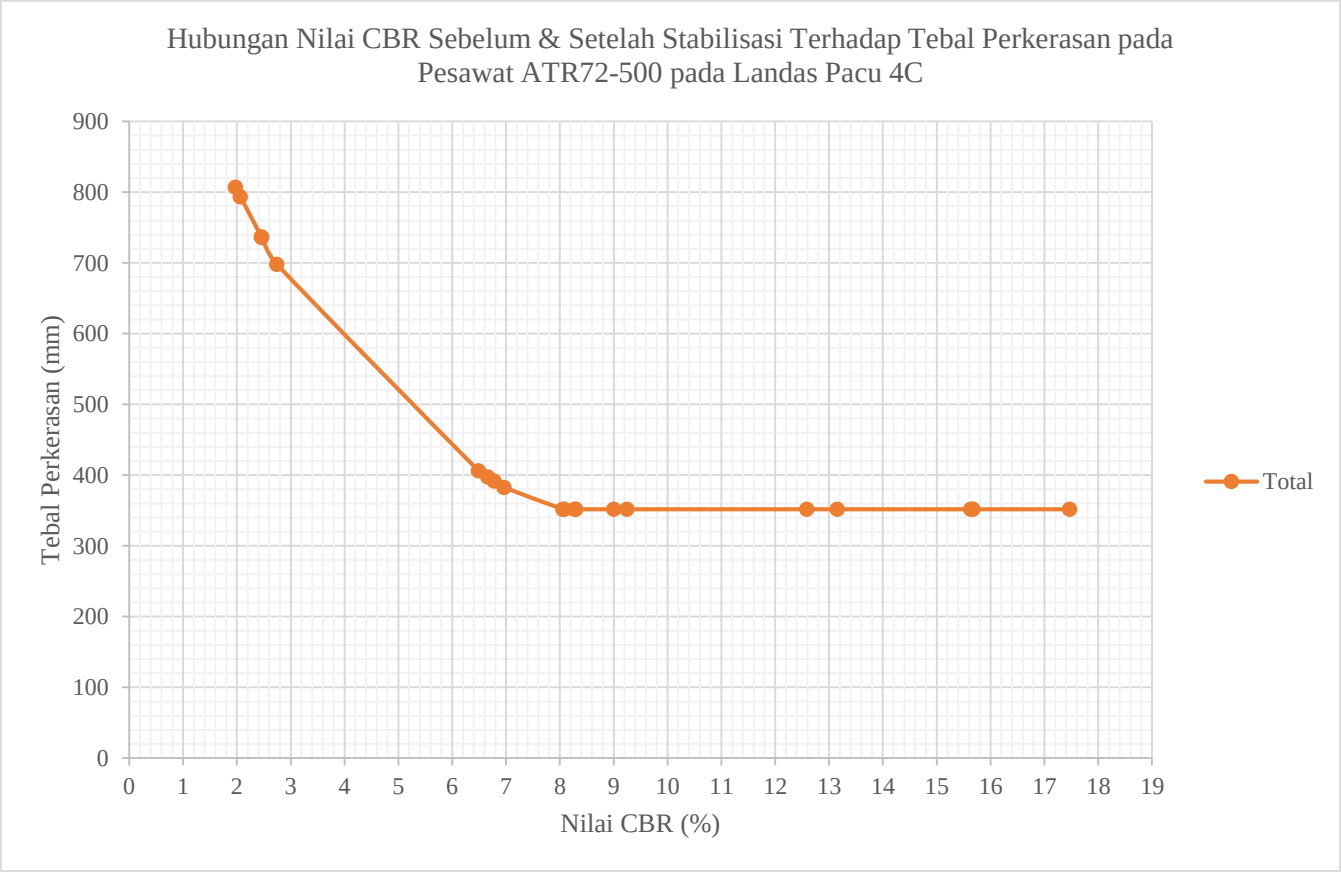
	Judul Tugas	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Pembimbing	Nama Mahasiswa
FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	Potongan Melintang Perkerasan Runway Akibat Pesawat Traffic Mix Landas Pacu 3C - POFA	15	16	Ir. Ervina Ahyudanari ME, PhD	Muhammad Riza Amin M 03111640000144

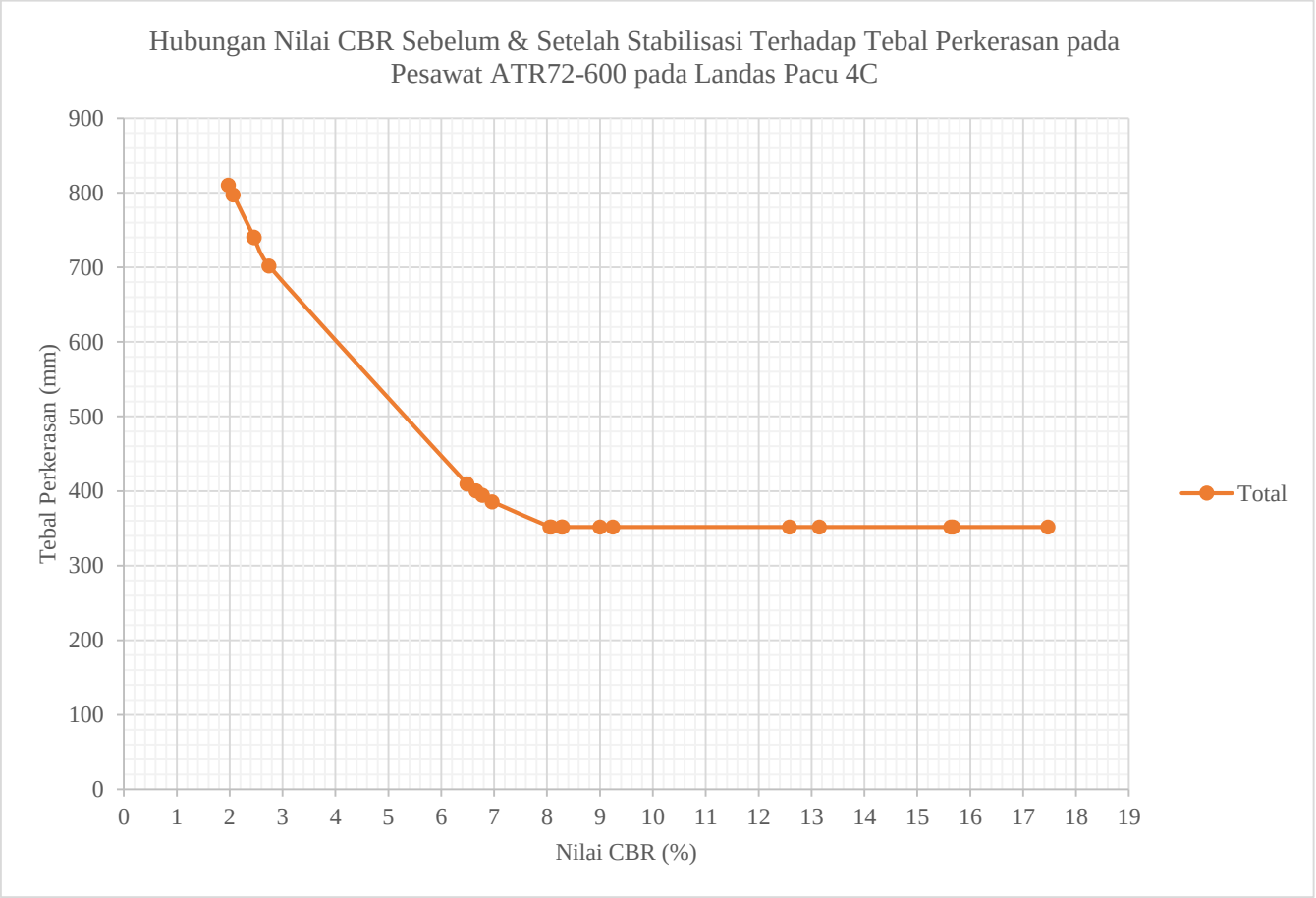


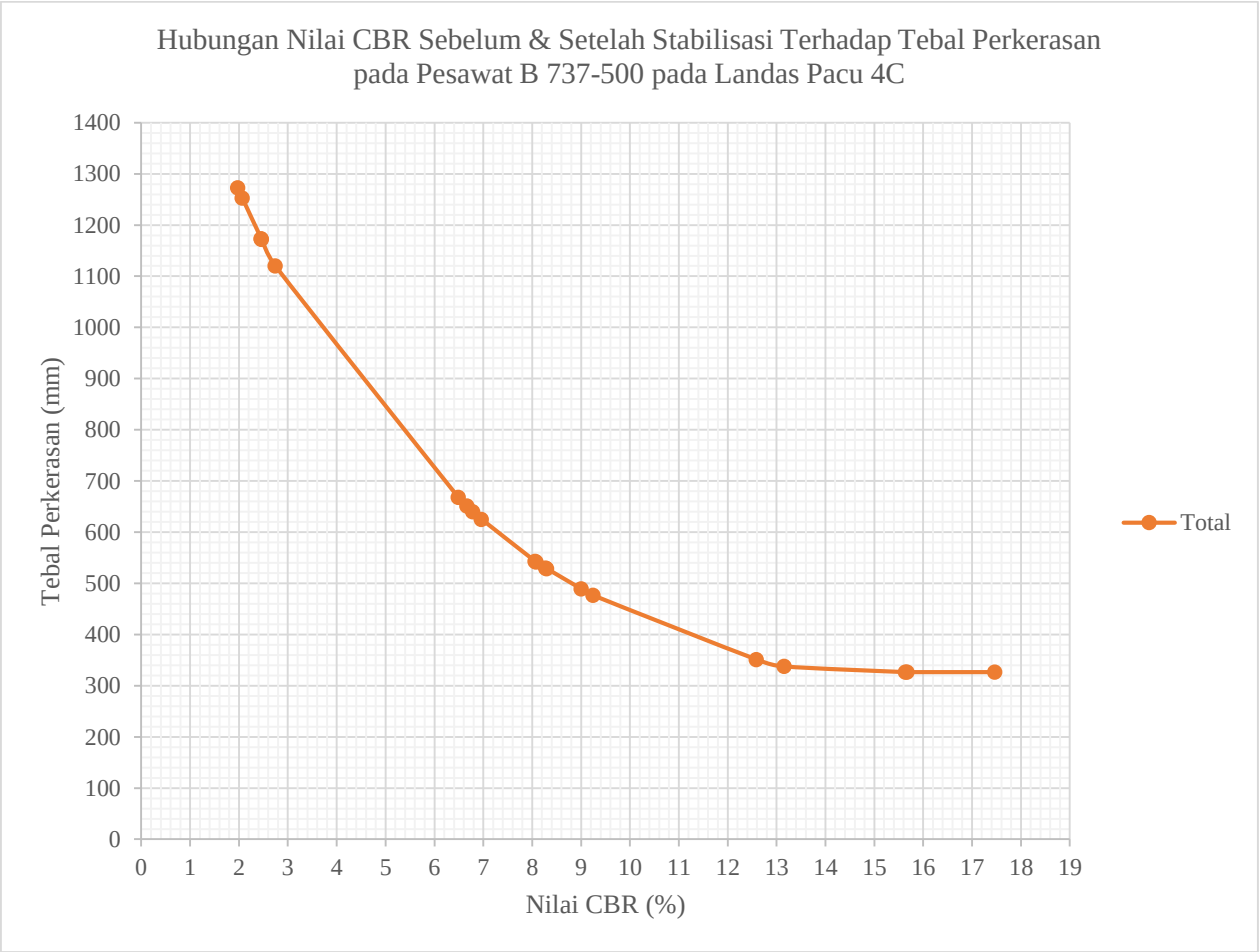
	Judul Tugas	No. Lembar	Jml. Lembar	Dosen Pembimbing	Nama Mahasiswa
FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	Potongan Melintang Perkerasan Runway Akibat Pesawat Traffic Mix Landas Pacu 3C - Semen	16	16	Ir. Ervina Ahyudanari ME, PhD	Muhammad Riza Amin M 03111640000144

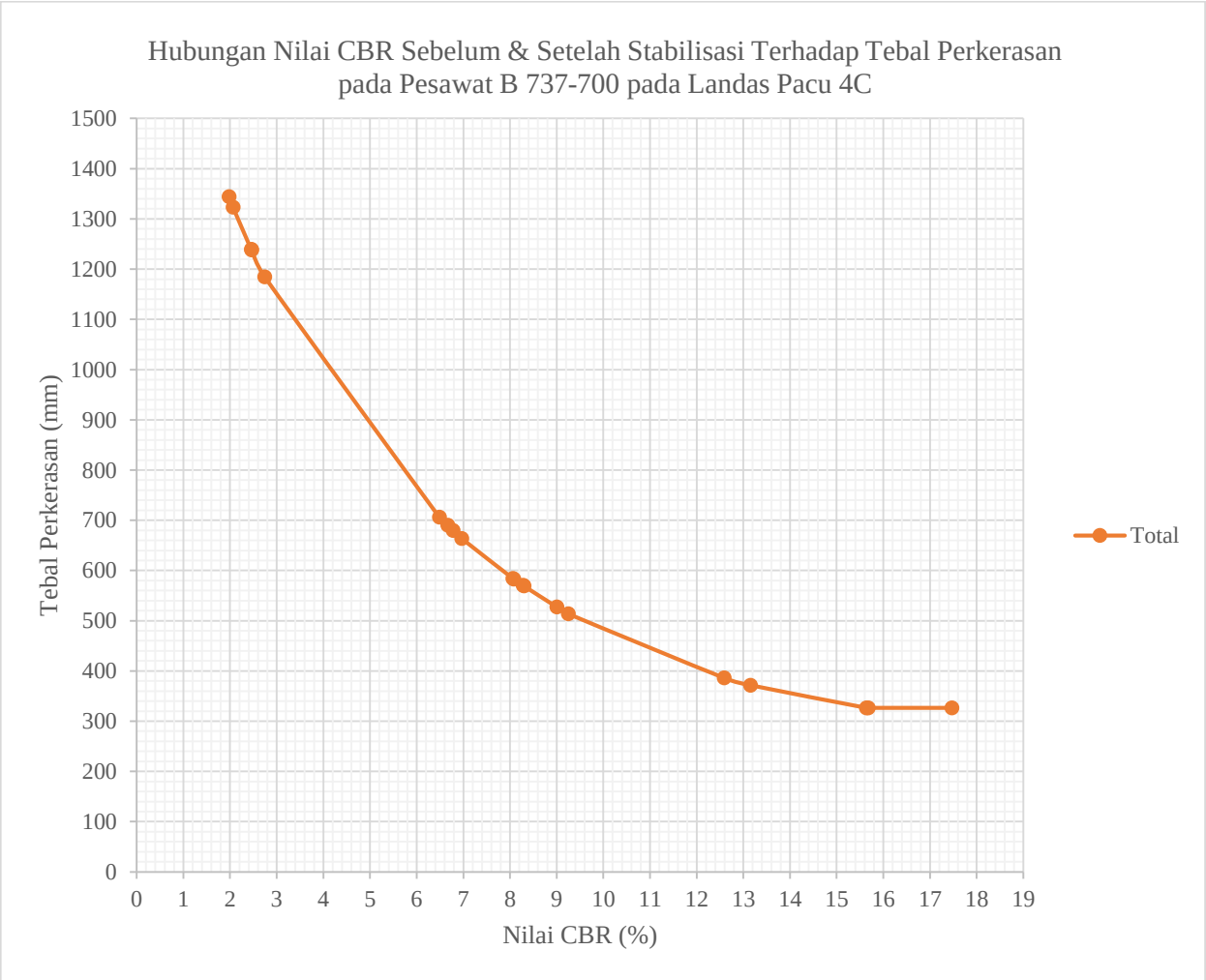
LAMPIRAN 7

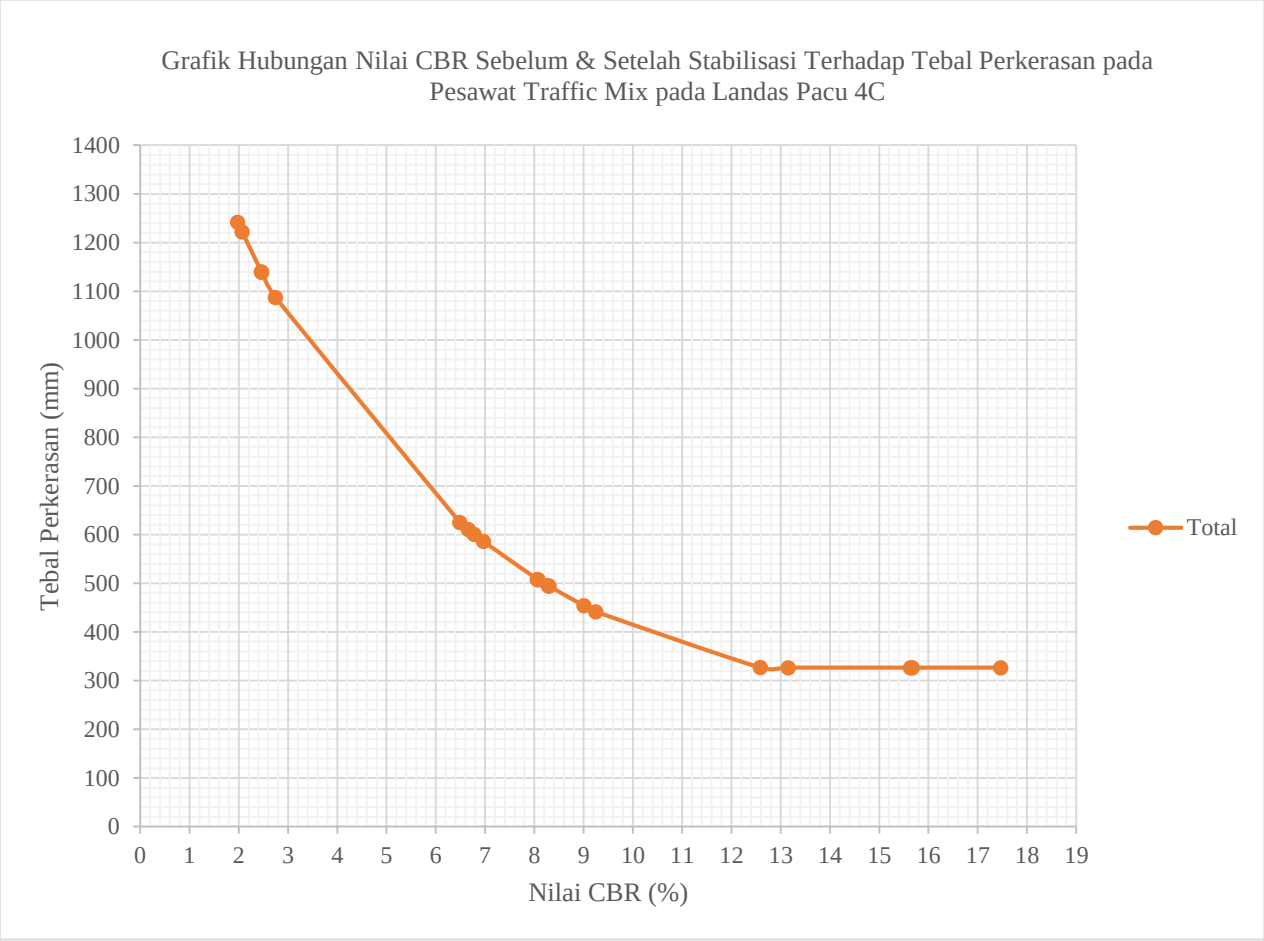
Grafik Hubungan Tebal Perkerasan Dengan Nilai CBR

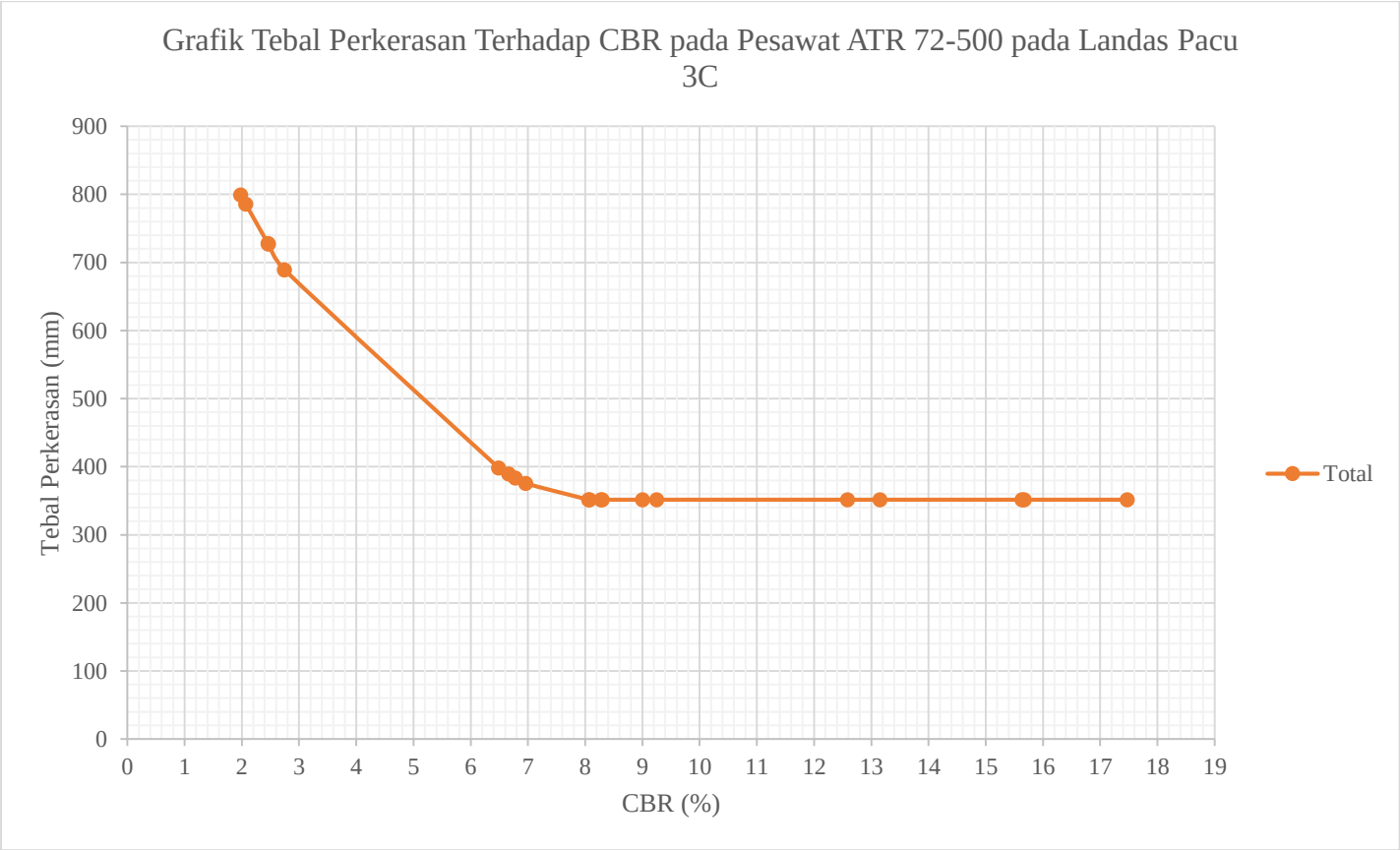

Hubungan Nilai CBR Sebelum & Setelah Stabilisasi Terhadap Tebal Perkerasan pada Pesawat ATR72-500 pada Landas Pacu 4C
Tebal Perkerasan (mm)
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19
Nilai CBR (%)
Total

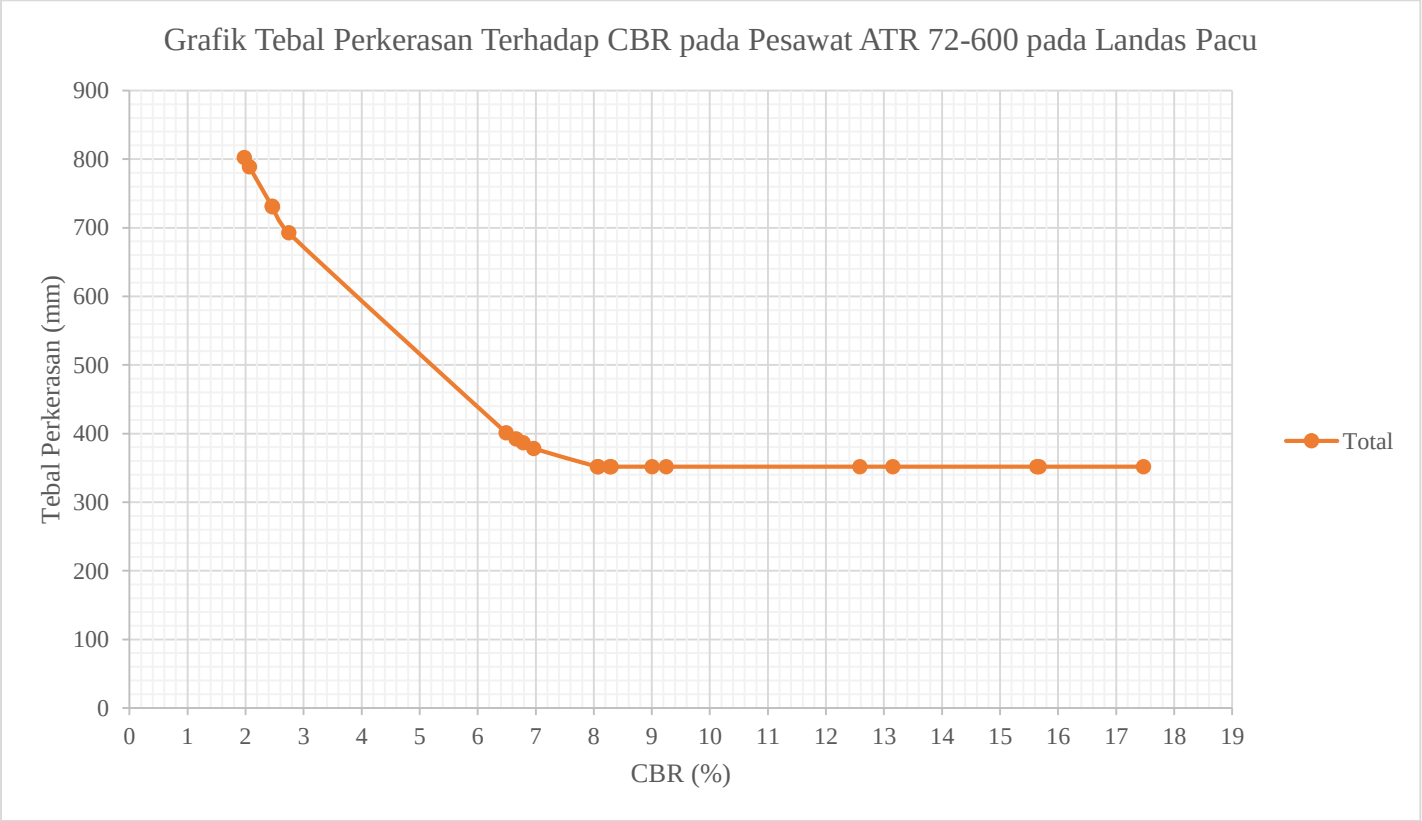

Hubungan Nilai CBR Sebelum & Setelah Stabilisasi Terhadap Tebal Perkerasan pada Pesawat ATR72-600 pada Landas Pacu 4C
Tebal Perkerasan (mm)
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19
Nilai CBR (%)
Total

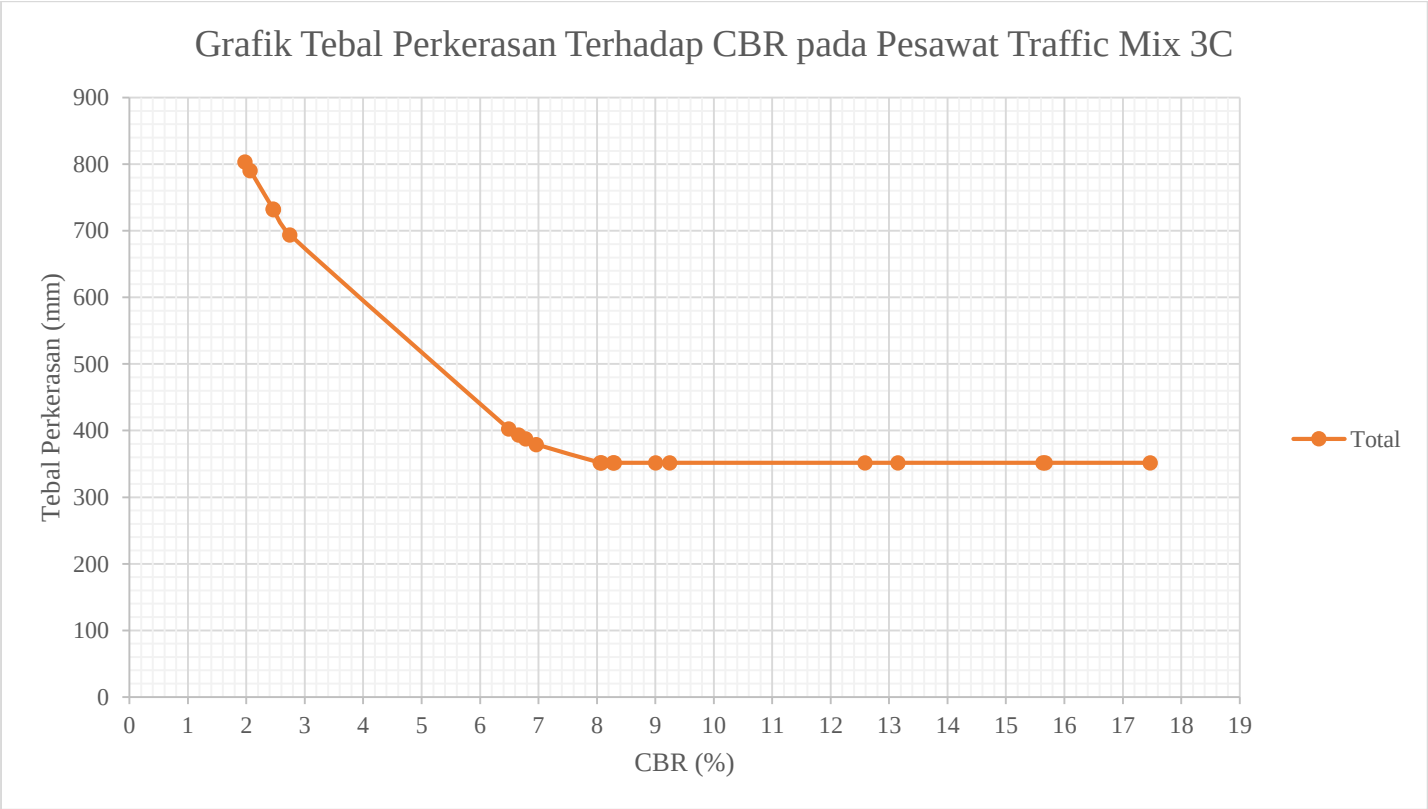

Hubungan Nilai CBR Sebelum & Setelah Stabilisasi Terhadap Tebal Perkerasan pada Pesawat B 737-500 pada Landas Pacu 4C
Tebal Perkerasan (mm)
1400
1300
1200
1100
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19
Nilai CBR (%)
Total


Hubungan Nilai CBR Sebelum & Setelah Stabilisasi Terhadap Tebal Perkerasan pada Pesawat B 737-700 pada Landas Pacu 4C
Tebal Perkerasan (mm)
1500
1400
1300
1200
1100
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19
Nilai CBR (%)
Total


Grafik Hubungan Nilai CBR Sebelum & Setelah Stabilisasi Terhadap Tebal Perkerasan pada Pesawat Traffic Mix pada Landas Pacu 4C
Tebal Perkerasan (mm)
1400
1300
1200
1100
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19
Nilai CBR (%)
Total


Grafik Tebal Perkerasan Terhadap CBR pada Pesawat ATR 72-500 pada Landas Pacu 3C
Tebal Perkerasan (mm)
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19
CBR (%)
Total


Grafik Tebal Perkerasan Terhadap CBR pada Pesawat ATR 72-600 pada Landas Pacu
Tebal Perkerasan (mm)
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19
CBR (%)
Total


Grafik Tebal Perkerasan Terhadap CBR pada Pesawat Traffic Mix 3C
Tebal Perkerasan (mm)
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19
CBR (%)
Total

BIOGRAFI PENULIS

Penulis bernama lengkap Muhammad Riza Amin Maghfur, dilahirkan di Kabupaten Jember pada tanggal 29 Juli 1998. Penulis menempuh pendidikan di TK Dewi Masyitoh 19 Gumukmas, SD Negeri Bagorejo 03, SMP Negeri 1 Kencong, dan SMA Negeri 2 Lumajang. Penulis diterima sebagai mahasiswa Departemen Teknik Sipil pada tahun 2016 dengan NRP 03111640000144. Selama perkuliahan, penulis sempat aktif dalam kegiatan kepanitiaan seperti Mentoring ITS 2017 sebagai mentor. Selain hal tersebut penulis juga sempat mengikuti beberapa pelatihan seperti LKMM pra-TD FTSP 2016, LKMM-TD HMS 2017, LKMW-TD HMS 2017, PKTI-TD HMS 2017, Training of Trainer (ToT), dan Sekolah Kajian Strategis (Kastrat) BEM ITS 2018. Penulis juga sempat aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Sipil periode 2017/2018 sebagai staf Departemen Keprofesian dan Keilmiahan dan menjadi sekretaris Departemen Keprofesian dan Keilmiahan pada periode 2018/2019. Apabila pembaca menginginkan diskusi lanjut, pemberian saran, dan kritik mengenai tugas akhir ini, dapat menghubungi penulis melalui email : rizamaghfur@gmail.com