



TUGAS AKHIR – RC18-4803

**PERENCANAAN PENGEMBANGAN SISI UDARA
BANDARA KOMODO**

ACHMAD ROBBY RAMADHAN
NRP. 0311144000137

Dosen Pembimbing
Ir. ERVINA AHYUDANARI, M.Eng., PhD.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019



TUGAS AKHIR – RC18-4803

**PERENCANAAN PENGEMBANGAN SISI UDARA
BANDARA KOMODO**

ACHMAD ROBBY RAMADHAN
NRP. 0311144000137

Dosen Pembimbing
Ir. ERVINA AHYUDANARI, M.Eng., PhD.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019



FINAL PROJECT – RC18-4803

**DESIGN AND DEVELOPMENT PLANNING OF AIR
SIDE FACILITIES FOR KOMODO AIRPORT**

ACHMAD ROBBY RAMADHAN
NRP. 03111440000137

Supervisor
Ir. ERVINA AHYUDANARI, M.Eng., PhD.

DEPARTEMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil, Environmental, and Geo Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019

PERENCANAAN PENGEMBANGAN SISI UDARA BANDARA KOMODO

TUGAS AKHIR

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

Oleh :

ACHMAD ROBBY RAMADHAN

NRP. 03111440000137

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing



Ir. ERVINA AHYUDANARI, M.Eng., Ph.D.

(NIP. 196902241995122001)

SURABAYA, JULI 2019

(halaman ini sengaja dikosongkan)

PERENCANAAN PENGEMBANGAN SISI UDARA BANDARA KOMODO

Nama : Achmad Robby Ramadhan
NRP : 03111440000137
Departemen : Teknik Sipil FTSLK – ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Ervina Ahyudanari, ME, PhD

Abstrak

Pulau Komodo yang terletak di pusat kepulauan Indonesia, termasuk dalam jajaran pulau yang terkumpul sebagai Provinsi Nusa Tenggara Timur. Pada tahun 1991 Pulau komodo telah ditetapkan sebagai salah satu situs warisan dunia oleh UNESCO. Hal ini juga menimbulkan daya tarik para wisatawan yang datang untuk berwisata menuju pulau Komodo. Pulau ini diakui sebagai salah satu dari 10 tempat wisata yang diunggulkan oleh Indonesia. Pada tahun 2018 ini telah dilakukan rencana pada pengembangan Bandara Komodo untuk menunjang sisi wisata di Pulau Komodo sendiri. Diantaranya yang dilakukan pengembangan adalah sisi udara dari bandara Komodo. Dengan adanya pengembangan bandara ini, diharapkan bahwa wisatawan yang ingin berwisata dapat dipermudah dengan penerbangan langsung dari penerbangan internasional menuju pulau Komodo. Untuk melakukan perencanaan ini, hal pertama yang dilakukan adalah melakukan analisis pada besarnya peramalan pertumbuhan penumpang yang akan mengacu pada daerah-daerah wisata lain yang ditetapkan oleh UNESCO sebagai daerah konservasi dunia. Satu bandara di Malaysia (Malaka) dan satu lagi di Kamboja (Siem Riep) akan dijadikan acuan. Kedua bandara ini melayani situs warisan dunia yang dilindungi UNESCO. Pertumbuhan penumpang dengan mengacu area wisata dijadikan dasar perencanaan bandara Komodo. Setelah mendapatkan angka ramalan penumpang, kemudian dilakukan perencanaan pesawat apa yang akan dijadikan sebagai desain rencana. Setelah

mendapatkan semua hal mendasar dalam melakukan perencanaan, selanjutnya mulai perencanaan berapa panjang landasan pacu, luas apron yang diperlukan untuk menunjang kebutuhan agar bandara tersebut dapat menampung jumlah penumpang yang akan datang. Untuk yang terakhir akan dilakukan rencana berapa perkerasan yang dibutuhkan agar fasilitas sisi udara pada bandara Komodo dapat menopang beban pesawat tersebut. Hasil yang didapatkan yaitu adanya pergerakan lalu lintas pesawat sebanyak 12.903 pesawat pada tahun 2023, pesawat desain yang digunakan yaitu Boeing 737-800 dan Airbus 320, perpanjangan runway didapatkan sepanjang 450 m dan perluasan apron sebesar 17.000 m², untuk tebal perkerasan didapatkan runway dan taxiway dengan perkerasan lentur setebal 86 cm dan untuk perkerasan pada Apron digunakan perkerasan kaku dengan tebal 64 cm.

Kata kunci : situs UNESCO, pariwisata, bandara Komodo, perencanaan sisi udara.

DESIGN AND DEVELOPMENT PLANNING OF AIR SIDE FACILITIES FOR KOMODO AIRPORT

Student's Name : Achmad Robby Ramadhan
Student's Identity Number : 03111440000137
Major Departement : Civil Engineering
Supervisor : Ir. Ervina Ahyudanari, ME,PhD

Abstract

Komodo Island, which is located in the center of the Indonesian archipelago, is included in the ranks of the islands collected as the East Nusa Tenggara Province. In 1991 Komodo Island was designated as one of the world heritage sites by UNESCO. This also raises the attraction of tourists who come to tour the island of Komodo. This island is recognized as one of the top 10 tourist attractions favored by Indonesia. In 2018, plans were made on the development of the Komodo Airport to support tourism on Komodo Island itself. Among the developments carried out are the air side of the Komodo airport. With the development of this airport, it is expected that tourists who want to travel can be facilitated by direct flights from international flights to the island of Komodo. To do this planning, the first thing to do is to analyze the magnitude of passenger growth forecasting which will refer to other tourist areas established by UNESCO as a world conservation area. One airport in Malaysia (Malacca) and one in Cambodia (Siem Riep) will be used as a reference. Both of these airports serve UNESCO-protected world heritage sites. Passenger growth by referring to tourist areas is the basis for planning the Komodo airport. After getting the passenger forecast number, then planning the aircraft what will be done as a design plan. After getting all the basic things in planning, then start planning how long the runway, the area of the apron needed to support the need so that the airport can

accommodate the number of passengers who will come. For the latter, what plans will be made for the pavement needed so that the air side facilities at the Komodo airport can support the aircraft's load. The results obtained were airplane traffic movements of 12,903 aircraft in 2023, design aircraft used were Boeing 737-800 and Airbus 320, runway extensions were obtained along 450 m and apron expansion of 17,000 m², runway and taxiway for pavement thickness flexible pavement of 86 cm thickness and for pavement on Apron rigid pavement with 64 cm thickness is used.

Keywords : *UNESCO site, tourism, Komodo Airport, air side planning.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan atas kehadiran Allah Yang Maha Esa karena berkat rahmat, taufiq dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul Perencanaan Pengembangan Sisi Udara Bandara Komodo.

Penulis menyadari bahwa penyusunan tugas akhir ini dapat terlaksana dengan baik karena dukungan dari berbagai pihak.

Tidak lupa penulis ucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua penulis yang selalu mendukung dan mendoakan penulis.
2. Ir. Ervina Ahyudanari, M.Eng., PhD. sebagai dosen pembimbing yang telah mengarahkan penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Yusronia Eka Putri RW, ST., MT. selaku dosen wali saya yang telah membimbing dalam hal perkuliahan selama 10 semester.
4. Teman-teman teknik sipil angkatan 2014 dan 2015 yang telah mendukung dan membantu penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Seluruh civitas akademika di Departemen Teknik Sipil yang memberikan motivasi selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis menyadari bahwa masih ada kekurangan. Maka kritik dan saran dari semua pihak yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kebaikan Tugas Akhir ini.

Surabaya, Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

Abstrak	i
Abstract	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR RUMUS.....	xvii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penulisan	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Manfaat.....	4
1.6. Bandar Udara Komodo.....	4
BAB II.....	7
TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. Pariwisata dan Transportasi Udara	8
2.1.1. Pertumbuhan Pergerakan di Siem Riep	8
2.1.2. Pertumbuhan Pergerakan di Malaka.....	9
2.1.3. Pertumbuhan Pergerakan <i>Tourist</i> Dunia.....	10
2.2. Peramalan	10
2.3. Geometri Sisi Udara (<i>Air Side</i>).....	12

2.4. Perkerasan Bandara (<i>Airport Pavement</i>)	13
BAB III.....	15
METODOLOGI	15
3.1. Studi Literatur.....	15
3.2. Pengumpulan Data.....	15
3.3. Analisis Data	16
3.3.1. <i>Forecasting</i> Pertumbuhan Pergerakan Lalu Lintas Pesawat.....	16
3.3.2. Perencanaan <i>Runway</i>	18
3.3.3. Perencanaan <i>Exit Taxiway</i>	26
3.3.4. Perhitungan Luas <i>Apron</i>	26
3.3.5. Perencanaan Tebal Perkerasan (<i>Pavement</i>) dengan Metode FAA.....	27
3.4. Hasil Analisis.....	50
3.5. Diagram Alir Metodologi Penelitian	51
BAB IV	55
Hasil dan Pembahasan.....	55
4.1. Peramalan/ <i>Forecasting</i> Pergerakan Lalu Lintas Pesawat	57
4.1.1. Analisis Pergerakan Lalu Lintas Pesawat.....	57
4.1.2. Analisis Peramalan/ <i>Forecasting</i> dengan Metode ARIMA.....	58
4.1.3. Perhitungan Jam Sibuk/ <i>Peak Hour</i> Rencana.....	97
4.2. Perhitungan Kapasitas <i>Runway</i>	99
4.3. Analisis Geometrik Fasilitas Sisi Udara Bandara Komodo	102

4.3.1. Analisis Landasan Pacu/Runway.....	102
4.3.2. Analisis Landasan Hubung/Taxiway	122
4.3.3. Analisis Tempat Parkir Pesawat/Apron.....	134
4.4. Analisis Perkerasan pada Pengembangan Sisi Udara ...	141
4.4.1. Analisis Perkerasan Landasan Pacu/Runway.....	142
4.4.2. Analisis Perkerasan Landasan Hubung/Taxiway dan Landasan Parkir/Apron.....	155
4.4.3. Perencanaan Sambungan Perkerasan Kaku	163
BAB V	167
DESAIN BANDARA.....	167
BAB VI.....	175
KESIMPULAN DAN SARAN	175
6.1. Kesimpulan.....	175
6.2. Saran	176
DAFTAR PUSTAKA.....	177
LAMPIRAN	179
BIODATA PENULIS.....	197

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi Bandara Komodo	4
Gambar 1.2. Landasan Pacu, Taxiway dan Apron	5
Gambar 3.3 Typical Plan and Cross Section for Runway Pavement.....	35
Gambar 3.4 Konfigurasi Roda Pendaratan untuk Pesawat Roda Tunggal	38
Gambar 3.5 Konfigurasi Roda Pendaratan untuk Pesawat Roda Ganda	38
Gambar 3.6 Konfigurasi Roda Pendaratan untuk Pesawat Roda Tandem Ganda.....	39
Gambar 3.7 Konfigurasi Roda Pendaratan untuk Pesawat Roda Ganda Dobel	39
Gambar 3.8 Kurva Single Wheel Gear.....	44
Gambar 3.9 Kurva Dual Wheel Gear	45
Gambar 3.10 Kurva Dual Tandem Gear.....	46
Gambar 3.11 Kurva Beroda Dual Tandem.....	47
Gambar 4.12. Plot Data Pada Minitab.....	58
Gambar 4.13. Langkah Membuat Grafik Time Series	59
Gambar 4.14. Langkah Membuat Grafik Time Series	60
Gambar 4.15. Langkah Membuat Grafik Time Series	61
Gambar 4.16. Langkah Membuat Grafik Time Series	62
Gambar 4.17. Grafik Plot Pergerakan Lalu Lintas Pesawat Tahun 2013-2018	63
Gambar 4.18. Langkah Untuk Uji Stasioner Terhadap Varian ...	64
Gambar 4.19. Langkah Uji Stasioner Terhadap Varian	65
Gambar 4.20. Plot Transformasi Box-Cox.....	66
Gambar 4.21. Tranformasi Box-Cox.....	67
Gambar 4.22 Tahap Transformasi Box-Cox	68
Gambar 4.23. Hasil Transformasi Box-Cox.....	69
Gambar 4.24. Hasil Transformasi Box-Cox.....	70
Gambar 4.25. Time Series Plot Transformasi 2.	71

Gambar 4.26. Langkah Melakukan Differencing	72
Gambar 4.27. Langkah Melakukan Differencing	73
Gambar 28. Plot Time Series Hasil Differencing Lag 1	74
Gambar 4.29. Plot Time Series Hasil Differencing Lag 12.....	74
Gambar 4.30. Langkah Melihat Grafik ACF.....	76
Gambar 4.31. Langkah Melihat Grafik ACF.....	77
Gambar 4.32. Plot Autocorrelation Function (ACF) Lag 1	78
Gambar 4.33. Plot Partial Autocorrelation Function (PACF) Lag 1	78
Gambar 4.34. Plot Autocorrelation Function (ACF) Lag 12.....	79
Gambar 4.35. Plot Partial Autocorrelation Function (PACF) Lag 12.....	79
Gambar 4.36. Langkah Uji Parameter Arima (0,1,1)(0,0,1) ¹²	81
Gambar 4.37. Langkah Uji Parameter Arima (0,1,1)(0,0,1) ¹²	82
Gambar 4.38. Langkah Uji Parameter Arima (1,1,0)(0,0,1) ¹²	84
Gambar 4.39. Langkah Uji Parameter Arima (1,1,1)(1,0,0) ¹²	86
Gambar 4.40. Uji Tes Normal Arima (1,1,1)(1,0,0) ¹²	88
Gambar 4.41. Langkah Uji Parameter Arima (1,0,0)(0,1,1) ¹²	89
Gambar 4.42. Uji Tes Normal Arima (1,0,0)(0,1,1) ¹²	91
Gambar 4.43. Time Series of Total Forecasting.....	96
Gambar 4.44. Data Suhu Tiap Bulan.....	105
Gambar 4.45. Profil Ketinggian Runway Bandara Komodo	108
Gambar 4.46 Website Penyedia Data Angin	115
Gambar 4.47. Data Angin Ruteng .txt	116
Gambar 4.48. Data Angin Ruteng .xlsx	117
Gambar 4.49. WindrosePro3	117
Gambar 4.50. WindrosePro3	118
Gambar 4.51. WindrosePro3	119
Gambar 4.52. WindrosePro3	119
Gambar 4.53. WindrosePro3	120
Gambar 4.54. Kurva Taxiway	124
Gambar 4.55. Fillet Taxiway	126
Gambar 4.56. Radius Fillet.....	127

Gambar 4.57. Sistem Parkir Nose-In.....	135
Gambar 4.58. Gambaran Vertikal Apron	137
Gambar 4.59. Desain Apron.....	140
Gambar 4.60. Desain Apron.....	141
Gambar 4.61. Desain Kurva Flexible Pavement untuk Dual Wheel	146
Gambar 4.62. Kebutuhan Tebal Minimum Lapisan Base Course	147
Gambar 4.63. CBR Minimum Subbase.....	148
Gambar 4.64. Tebal Perkerasan Lentur untuk Runway Tahun 2023 CBR subgrade 6% subbase 15%	149
Gambar 4.65. Tebal Perkerasan Lentur untuk Runway Tahun 2023 CBR subgrade 6% subbase 20%	150
Gambar 4.66. Tebal Perkerasan Lentur untuk Runway Tahun 2023 CBR subgrade 6% subbase 25%	151
Gambar 4.67. Tebal Perkerasan Lentur untuk Runway Tahun 2023 CBR subgrade 6% subbase 30%	151
Gambar 4.68. Tebal Perkerasan Lentur untuk Runway Tahun 2023 CBR subgrade 6% subbase 35%	152
Gambar 4.69. Tebal Perkerasan Lentur untuk Runway Tahun 2023 CBR subgrade 6% subbase 40%	153
Gambar 4.70. Tebal Perkerasan Lentur untuk Runway Tahun 2023 CBR subgrade 6% subbase 45%	153
Gambar 4.71. Tebal Perkerasan Lentur untuk Runway Tahun 2023 CBR subgrade 6% subbase 50%	154
Gambar 4.72. Stabilisasi Subbase dengan Modulus Subgrade..	159
Gambar 4.73. Desain Kurva Rigid Pavement untuk Dual Wheel K subgrade 94,969 pci dan K subbase 200 pci	160
Gambar 4.74. Desain Kurva Rigid Pavement untuk Dual Wheel K subgrade 94,969 pci dan K subbase 300 pci	161
Gambar 4.75. Tebal Perkerasan Kaku Untuk Taxiway dan Apron Tahun 2023 dengan K subgrade 94,969 pci dan K subbase 200 pci	162

Gambar 4.76. Tebal Perkerasan Kaku Untuk Taxiway dan Apron Tahun 2023 dengan K subgrade 94,969 pci dan K subbase 300 pci	163
Gambar 4.77. Rigid Pavement Joint Types	165

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Klasifikasi Lapangan Terbang.....	19
Tabel 3.2 Permissible Crosswind	22
Tabel 3.3 Lebar Minimum Runway	23
Tabel 3.4 Kemiringan Melintang Runway	23
Tabel 3.5 Panjang Runway Strip (m).....	24
Tabel 3.6 Lebar Runway Strip (m).....	24
Tabel 3.7 Kemiringan Melintang Runway Strip	25
Tabel 3.8 Kelandaian Runway	25
Tabel 3.9 Konversi Konfigurasi Roda Pesawat.....	30
Tabel 3.10 Contoh Perhitungan Konversi Roda Pesawat.....	32
Tabel 3.11 Contoh Perhitungan Konversi Beban Roda Pesawat.....	33
Tabel 3.12 Faktor Konversi Keberangkatan Tahunan Pesawat Menjadi Keberangkatan Tahunan Ekuivalen Pesawat Rencana (FAA)	37
Tabel 3.13 Apabila Keberangkatan Tahunan Lebih Dari 25000.....	48
Tabel 3.14 Item Material Perkerasan.....	49
Tabel 4.15. Trial Pendugaan Model ARIMA.....	80
Tabel 4.16. Hasil Uji Parameter Arima $(0,1,1)(0,0,1)^{12}$	82
Tabel 4.17. Hasil Uji Parameter White Noise Arima $(0,1,1)(0,0,1)^{12}$	83
Tabel 4.18. Hasil Uji Parameter Arima $(1,1,0)(0,0,1)^{12}$	84
Tabel 4.19. Hasil Uji Parameter White Noise Arima $(1,1,0)(0,0,1)^{12}$	85
Tabel 4.20. Hasil Uji Parameter Arima $(1,1,1)(1,0,0)^{12}$	86
Tabel 4.21. Hasil Uji Parameter White Noise Arima $(1,1,1)(1,0,0)^{12}$	87
Tabel 4.22. Hasil Uji Parameter Arima $(1,0,0)(0,1,1)^{12}$	89
Tabel 4.23. Hasil Uji Parameter White Noise Arima $(1,0,0)(0,1,1)^{12}$	90
Tabel 4.24. Hasil Kriteria RMSE	92
Tabel 4.25. Peramalan Arima $(1,0,0)(0,1,1)^{12}$	92

Tabel 4.26	Peramalan Pergerakan Lalu Lintas Pesawat 2013-2023.....	94
Tabel 4.27	Peramalan Pergerakan Lalu Lintas Pesawat 2013-2023.....	95
Tabel 4.28.	Hasil Perhitungan Peak Hour	98
Tabel 4.29.	Kategori Pesawat Berdasarkan Kecepatan	99
Tabel 4.30.	Runway Occupancy Time Tiap Tipe Pesawat.....	100
Tabel 4.31.	Detail Jenis Pesawat yang Beroperasi saat Peak Hour	101
Tabel 4.32.	Data Keberangkatan Penerbangan Pada Peak Hour Bandara Komodo	101
Tabel 4.33.	Data Kedatangan Penerbangan Pada Peak Hour Bandara Komodo	101
Tabel 4.34.	Karakteristik Pesawat Udara	103
Tabel 4.35.	Ketinggian dan Kemiringan Tiap STA Bandara Komodo.....	109
Tabel 4.36.	Lebar Minimum Runway	110
Tabel 4.37.	Clearance Minimum Antara Outer Main Gear Wheels dan Sisi dari Turn Pad pada Runway	111
Tabel 4.38.	Kemiringan Melintang Runway	111
Tabel 4.39.	Lebar Runway Strip yang Ditambah	112
Tabel 4.40.	Hasil Perhitungan Utilisasi Runway Bandara Komodo Pada Setiap Arah.....	121
Tabel 4.41.	Lebar Minimum pada Bagian Lurus Taxiway.....	122
Tabel 4.42.	Clearance Minimum Diantara Roda Utama Terluar Dari Pesawat Udara dan Tepian Taxiway	123
Tabel 4.43.	Radius untuk Kurva Taxiway	124
Tabel 4.44.	Dimensi Fillet Taxiway	125
Tabel 4.45.	Radius Fillet	126
Tabel 4.46.	Standart untuk Garis Penglihatan Taxiway	128
Tabel 4.47.	Jarak Pemisah Minimum Taxiway	130
Tabel 4.48.	Data Pesawat Boeing 737-800.....	132
Tabel 4.49.	Jarak Threshold ke Awal Marka.....	133

Tabel 4.50. Hasil Perhitungan Jumlah Gate untuk 2023	136
Tabel 4.51. Dimensi Apron	137
Tabel 4.52. Hasil Perhitungan Luas Apron	138
Tabel 4.53. Posisi Parkir Pesawat-Jarak Pemisah Minimum	139
Tabel 4.54. Pergerakan Pesawat Tahun 2023.....	143
Tabel 4.55. Perhitungan Beban Roda Pesawat.....	143
Tabel 4.56. Nilai Equivalent Annual Departure (R1).....	145
Tabel 4.57. Tebal Perkerasan Lentur untuk Runway Tahun 2023 CBR subgrade 6% subbase 15%	149
Tabel 4.58. Tebal Perkerasan Lentur untuk Runway Tahun 2023 CBR subgrade 6% subbase 20%	150
Tabel 4.59. Tebal Perkerasan Lentur untuk Runway Tahun 2023 CBR subgrade 6% subbase 25%	150
Tabel 4.60. Tebal Perkerasan Lentur untuk Runway Tahun 2023 CBR subgrade 6% subbase 30%	151
Tabel 4.61. Tebal Perkerasan Lentur untuk Runway Tahun 2023 CBR subgrade 6% subbase 35%	152
Tabel 4.62. Tebal Perkerasan Lentur untuk Runway Tahun 2023 CBR subgrade 6% subbase 40%	152
Tabel 4.63. Tebal Perkerasan Lentur untuk Runway Tahun 2023 CBR subgrade 6% subbase 45%	153
Tabel 4.64. Tebal Perkerasan Lentur untuk Runway Tahun 2023 CBR subgrade 6% subbase 50%	154
Tabel 4.65. Pergerakan Pesawat Tahun 2023.....	156
Tabel 4.66. Perhitungan Beban Roda Pesawat.....	156
Tabel 4.67. Nilai Equivalent Annual Departure (R1).....	158
Tabel 4.68. Tebal Perkerasan Kaku Untuk Taxiway dan Apron Tahun 2023 dengan K subgrade 94,969 pci dan K subbase 200 pci.....	162
Tabel 4.69. Tebal Perkerasan Kaku Untuk Taxiway dan Apron Tahun 2023 dengan K subgrade 94,969 pci dan K subbase 300 pci.....	163
Tabel 5.70. Fasilitas Sisi Udara Eksisting	167

Tabel 5.71. Fasilitas Sisi Udara Rencana 2023	169
Tabel 5.72. Hasil Desain Perencanaan Fasilitas Sisi Udara Bandara Komodo	172

DAFTAR RUMUS

(1)exit taxiway.....	26
(2)konversi roda pesawat.....	31
(3)menentukan beban roda.....	40
(4)konversi roda pesawat	41

(Halaman Ini Sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada saat ini, dengan adanya perkembangan perekonomian pada daerah pulau komodo maka jumlah pengunjung pada pulau ini meningkat dengan pesat. Tak hanya itu, para pengunjung pun melakukan perjalanan ke pulau komodo dengan tujuan berbagai macam keperluan. Salah satunya yaitu melakukan perjalanan guna untuk berwisata. Hal ini terdorong dengan adanya pengukuhan oleh (*United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*) UNESCO bahwa pulau Komodo merupakan salah satu dari situs warisan dunia pada tahun 1991. Pengukuhan tersebut tidak dilakukan secara subyektif melainkan melalui pertimbangan-pertimbangan tertentu yang telah dirapatkan oleh pihak yang telah disebutkan. Untuk dapat melakukan perjalanan menuju pulau ini dengan tujuan berwisata, dapat dilakukan dengan berbagai opsi transportasi yaitu perjalanan menggunakan transportasi darat, transportasi laut dan transportasi udara. Ditinjau dari segi waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perjalanan, transportasi udara memiliki waktu tempuh yang lebih cepat dibandingkan transportasi darat dan laut. Dikarenakan opsi perjalanan yang banyak dipilih oleh para wisatawan yaitu transportasi udara, maka terjadi peningkatan jumlah penumpang pada Bandar Udara Labuan Bajo Komodo.

Para wisatawan pun meningkat bukan hanya dari wisatawan domestik, melainkan wisatawan mancanegara yang tertarik untuk melakukan perjalanan wisata ke negara Indonesia khususnya Pulau Komodo. Dengan adanya peningkatan wisatawan domestik maupun mancanegara tersebut, maka terjadi pula peningkatan kapasitas bandara tersebut yang juga mengakibatkan peningkatan penggunaan sisi udara atau *airside* bandara. Dikarenakan pengunjung wisatawan yang tidak hanya berasal dari

dalam negeri saja melainkan mancanegara juga maka penerbangan pun di tingkatkan menjadi internasional yang membutuhkan pesawat yang lebih besar pula dari pesawat-pesawat sebelumnya yang hanya melayani rute domestik. Hal ini membuat adanya pengembangan sisi udara Bandara Komodo yang rencanakan oleh kementerian perhubungan yang antara lain membuat bandara yang semula hanya digunakan untuk rute domestik, namun akan di kembangkan menjadi bandara yang melayani rute internasional.

Menurut Direktur Jenderal Bandar Udara Kementerian Perhubungan (Kemenhub) Polana B Pramesti yang dikutip dari website Tempo.com diakses tanggal 12 Desember 2018 mengatakan bahwa pengembangan bandara dibutuhkan sebagai penunjang target kunjungan wisatawan ke Tanah Air. Terlebih, Labuhan Bajo sudah diprioritaskan oleh Kementerian Pariwisata (Kemenpar) sebagai salah satu dari sepuluh destinasi wisata unggulan. Rencana pengembangan tersebut mencakup antara lain perpanjangan landasan pacu sepanjang 45x200 meter, pengerasan *taxiway* PCN 50 menjadi PCN 60 seluas 9.878,5 meter persegi, serta perluasan apron 11.100 meter persegi. Rencana pengembangan tersebut perlu dievaluasi dengan pertumbuhan *demand* yang diakibatkan oleh adanya pariwisata di Labuan Bajo yang merupakan salah satu ikon Nasional. Pertumbuhan *demand* ini harus dapat dilayani oleh bandara dengan program pengembangan yang direncanakan.

Evaluasi *demand* dan fasilitas yang ada menyebabkan perlunya kajian mendetail dari rencana pengembangan tersebut.

1.2. Rumusan Masalah

Dari kondisi tersebut didapatkan permasalahan yang terjadi pada Badara Komodo saat ini, yaitu :

1. Bagaimana pola pergerakan pesawat dan perkiraan pada pertumbuhan lalu lintas pesawat di bandara Komodo dengan metode ARIMA ?

2. Apa pesawat desain yang digunakan ?
3. Berapakah dimensi perpanjangan yang dibutuhkan pada *Runway*, *Taxiway* dan perluasan pada *Apron* untuk pengembangan tersebut ?
4. Berapakah kebutuhan struktur perkerasan yang diperlukan untuk merencanakan *Runway*, *Taxiway* dan *Apron* terkait dengan pengembangan tersebut dengan metode FAA ?

1.3. Tujuan Penulisan

Tujuan dari perencanaan menyesuaikan dengan pengembangan sisi udara Bandara Komodo adalah :

1. Mendapatkan hasil peramalan pertumbuhan penumpang pada bandara Komodo.
2. Menetapkan pesawat desain yang digunakan untuk perencanaan *Runway*, *Taxiway*, *Apron* dan perencanaan struktur perkerasan.
3. Mendapatkan kebutuhan dimensi perpanjangan *Runway*, *Taxiway* dan perluasan *Apron* terkait dengan perencanaan pengembangan sisi udara Bandara Komodo.
4. Menentukan struktur perkerasan yang dibutuhkan terkait dengan adanya pengembangan tersebut.

1.4. Batasan Masalah

Dari perumusan masalah diatas, maka penulis memberikan beberapa batasan masalah yang tidak akan dibahas dalam perencana ini :

1. Tidak memperhitungkan lokasi fasilitas sisi udara rencana pada bandara Komodo.
2. Tidak memperhitungkan pesawat kargo.

3. Tidak memperhitungkan sistem drainase.
4. Tidak memperhitungkan lama pelaksanaan.
5. Tidak memperhitungkan masalah ekonomi.
6. Tidak memperhitungkan metode pelaksanaan.
7. Tidak memperhitungkan kode PCN perkerasan.
8. Tidak memperhitungkan rencana tulangan pada perkerasan kaku

1.5. Manfaat

1. Tambahan pengetahuan keterkaitan bandara dengan pariwisata.
2. Memahami proses desain pengembangan bandara.

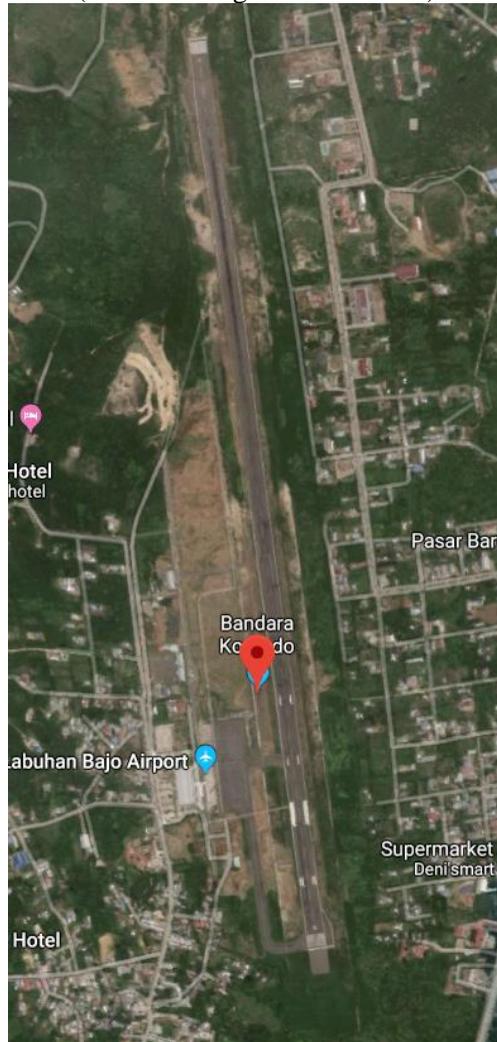
1.6. Bandar Udara Komodo

Bandar Udara Komodo yang sebelumnya memiliki nama Bandar Udara Mutiara II adalah Bandar Udara yang hanya melayani rute domestik yang terletak di kota Labuan Bajo, Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT), Negara Kesatuan Republik Indonesia. Bandara ini terletak di Pulau Flores (Gambar 1.1). Bandara ini memiliki panjang landasan pacu saat ini yaitu sepanjang 2.250 dengan menggunakan perkerasan lentur, landasan hubung (*taxiway*) dengan dimensi 97 m x 23 m dengan perkerasan lentur dan luas *apron* 310 m x 100 m dengan perkerasan kaku (Gambar 1.2).



Gambar 1.1 Lokasi Bandara Komodo

(Sumber : FlightRadar24.com)



Gambar 1.2. Landasan Pacu, Taxiway dan Apron

(Sumber : <http://hubud.dephub.go.id/?id/bandara/detail/112>)

(Hal ini sengaja dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Menurut dari jurnal dengan judul Posisi Transportasi Dalam Pariwisata yang ditulis oleh Nanin Tambunan sebagai Dosen Universitas Mpu Tantular Jakarta, dalam kepariwisataan ada tiga macam transportasi yang biasa digunakan oleh wisatawan, yaitu transportasi udara, laut dan darat. Presentase kedatangan para wisatawan yang menggunakan angkutan udara ke Indonesia pada tahun 2004 tercatat sebesar 52,43%, laut 47,15% dan darat 0,41% (BPS,2009).

Dewasa ini penggunaan pesawat udara untuk tujuan perjalanan wisata sangat memegang peranan penting. Hampir semua perjalanan wisatawan dari negara-negara asalnya dilakukan dengan pesawat udara. Bila dianalisis secara umum hubungan antara pariwisata dan transportasi, maka secara kualitatif dapat dikatakan bahwa pariwisata tidak dapat berkembang tanpa tersedianya sarana transportasi, khususnya pengangkutan melalui udara. Dengan perkataan lain dapat dinyatakan bahwa walau tersedia pertunjukan wisata yang menarik, fasilitas rekreasi dan olah raga yang lengkap, hotel yang serba mewah, tanpa tersedianya sarana transportasi yang cukup memadai, semuanya akan sia-sia dan tidak berarti.

Apabila mengambil contoh Bandara Lombok Praya yang telah dikembangkan menjadi bandara yang melayani rute internasional, pada tahun sebelum adanya pengembangan bandara total penumpang yang tercatat sebanyak 2,5 juta penumpang. Kemudian setelah adanya pengembangan, total penumpang menjadi 3,4 juta penumpang. Kenaikan ini sangat tinggi dari tahun 2015 ke 2016.

2.1. Pariwisata dan Transportasi Udara

Bandara memiliki peran yang penting dalam menghubungkan antara wilayah. Hal ini dianggap dapat meningkatkan pengembangan ekonomi lokal. Dengan adanya potensi wisata yang tinggi dapat diperkirakan dampak dari pembukaan bandara baru di suatu wilayah memungkinkan untuk meningkatkan angka wisatawan lokal maupun asing. Menurut angka keuntungan dari liberalisasi angkutan udara pada Amerika Serikat, Blonigen (2012) mengidentifikasi dampak positif dari pertumbuhan lalu lintas penumpang, pekerjaan dan pendapatan daerah metropolitan AS. Bandar udara yang melayani tujuan wisata adalah hubungan penting antara rantai pasokan permintaan turis dan produktivitas mereka dampak esensial mobilitas biaya, konektivitas dan daya tarik dari suatu wilayah.

Pariwisata memainkan peranan penting dalam pembangunan ekonomi daerah. Dalam beberapa kasus, secara signifikan memberikan kontribusi bagi perkembangan ekonomi regional, mewakili sumber utama pendapatan.

Kontribusi tinggi pariwisata dan transportasi udara untuk pembangunan daerah merangsang minat penelitian (Benedetti et al., 2012; Forsyth, 2006; Graham, 2006; Khadaroo, 2006; Lee et al, 2013), memberikan bukti bahwa pemilihan daerah tujuan wisata akhir berhubungan dengan kinerja transportasi udara, infrastruktur transportasi, dan manajemen rantai suplai. Untuk wisata menuntut tinggi, sektor bisnis transportasi udara dan pariwisata yang saling terkait. Bieger et al (2006) dan Dimitriou (2018) menyoroti hubungan antara pariwisata dan transportasi udara menyimpulkan bahwa perubahan penerbangan efisiensi memiliki keterkaitan erat untuk pengembangan pariwisata (Dimitriou, 2018).

2.1.1. Pertumbuhan Pergerakan di Siem Riep

Kamboja memperkirakan 7 juta wisatawan pada tahun 2020 dengan 1 juta pekerjaan akan diciptakan. Perkiraan ini

diungkapkan oleh Menteri Pariwisata Thong Khon pada upacara ucapan selamat atas penghargaan “Kamboja sebagai destinasi wisata terbaik dunia untuk 2016” dan perluncuran resmi kontes perhotelan terbaik pertama di Peace Palace, Phnom Penh.

Pada tahun sebelumnya, Kamboja menarik 4,8 juta pengunjung asing. Kamboja menjadi salah satu tujuan wisata yang paling menarik di dunia, khususnya Angkor Wat. Tahun 2016, Trip Advisor juga memilih provinsi Siem Riep sebagai tujuan wisata terbaik di Asia.

Menurut statistik dari Bandara Kamboja, operator bandara internasional Kamboja, negara itu menyambut hampir 3 juta penumpang dan 40.000 pergerakan penerbangan, masing-masing naik 4,3% dan 3,1% dalam 5 bulan pertama pada tahun tersebut.

Bandara internasional Phnom Penh menerima hampir 1,4 juta penumpang dari Januari hingga Mei 2016, meningkat sebesar 8,9%, sementara Bandara Internasional Siem Reap menangani lebih dari 1,5 juta penumpang, naik sebesar 0,6% dibandingkan periode yang sama. (Sumber : Siemreap.net)

2.1.2. Pertumbuhan Pergerakan di Malaka

Melaka ditetapkan sebagai tujuan wisata utama di negara Malaysia dengan mayoritas wisatawan dari Cina, Singapura, Indonesia, Hongkong dan Taiwan. Jumlah wisatawan yang mengunjungi Melaka naik menjadi 5,38 juta dalam empat bulan pertama tahun 2017 dibandingkan dengan 4,77 juta untuk periode yang sama pada tahun sebelumnya. Peningkatan 12,7% merupakan dorongan besar bagi Melaka yang menargetkan 16,75 juta wisatawan tahun 2017. Lima sumber utama wisatawan asing adalah Cina (30,45%), Singapura (20,78%), Indonesia (12,99%), Taiwan (3,86%) dan Jepang (2,96%). (Sumber : Thesundaily.com)

2.1.3. Pertumbuhan Pergerakan *Tourist* Dunia

Perkiraan pertumbuhan pergerakan turis internasional di dunia lebih rendah dibandingkan dengan proyeksi kunjungan wisatawan mancanegara di Indonesia. United Nations World Tourism Organization (UNWTO) memprediksi, pertumbuhan pergerakan turis internasional sepanjang tahun lalu mencapai 1,4 miliar atau tumbuh 6% dari tahun 2017. Tahun ini, pergerakan turis internasional ditaksir tumbuh antara 3%-4%.

Pesimisme pada proyeksi UNWTO tersebut didasari oleh kondisi ketidakpastian Brexit, perlambatan ekonomi global, ketegangan geopolitik dan proyeksi perlambatan perdagangan internasional yang membuat wisatawan internasional menunggu dan melihat situasi keadaan untuk bepergian wisata.

Adapun, UNWTO memproyeksikan kunjungan turis ke wilayah Asia Pasifik pada tahun ini tumbuh 5%-6%. Tahun lalu, turis internasional yang melakukan perjalanan wisata ke kawasan tersebut tumbuh 6% menjadi 343 juta kunjungan. (Sumber : United Nation World Tourism Organization)

2.2. Peramalan

Peramalan/*forecasting* adalah upaya memperkirakan apa yang terjadi di masa depan, berbasis pada metode ilmiah serta dilakukan secara sistematis. Rentang waktu kegiatan peramalan dalam praktek sangat bervariasi. Peramalan yang berbasis waktu dapat dibagi menjadi jangka pendek (satu hari sampai satu tahun), jangka menengah (satu musim sampai 2 tahun), atau jangka panjang (minimal 5 tahun). Adapun tahapan dalam melakukan peramalan, yaitu pengumpulan data, persiapan data, membangun model, implementasi model, dan evaluasi peramalan.

Berdasarkan sifatnya peramalan dibedakan atas 2 macam yaitu :

1. Peramalan Kualitatif

Peramalan kualitatif merupakan peramalan yang didasarkan atas data kualitatif pada masa lalu. Hasil peramalan yang dibuat sangat bergantung pada orang yang menyusunnya. Hal ini penting karena hasil peramalan tersebut ditentukan berdasarkan pemikiran yang bersifat intuisi, pendapat dan pengetahuan serta pengalaman penyusunan.

2. Peramalan Kuantitatif

Peramalan kuantitatif merupakan peramalan yang didasarkan atas data kuantitatif pada masa lalu. Hasil peramalan yang dibuat sangat tergantung pada metode yang dipergunakan dalam peramalan tersebut. Baik tidaknya metode yang digunakan ditentukan oleh perbedaan antara penyimpanan hasil ramalan dengan kenyataan yang terjadi. Peramalan kuantitatif hanya dapat digunakan apabila terdapat 3 kondisi sebagai berikut :

- a) Adanya informasi masa lalu yang dapat dipergunakan.
- b) Informasi tersebut dapat dikuantitatifkan dalam bentuk data.
- c) Dapat diasumsikan bahwa pola yang lalu akan berkelanjutan pada masa yang akan datang.

Pada dasarnya ada 3 langkah peramalan yaitu :

1. Menganalisa data masa lalu.
2. Menentukan metode yang dipergunakan.
3. Memproyeksi data masa lalu dengan menggunakan metode yang dipergunakan dan mempertimbangkan adanya beberapa faktor perubahan.

Fenomena kenaikan jumlah penumpang pada periode mendatang dapat dianalisis menggunakan disiplin ilmu statistika, yaitu dengan *time series analysis*. Beberapa peneliti melakukan penelitian dengan menggunakan metode variasi kalender, namun metode tersebut masih belum lebih baik dari metode ARIMA *Box-Jenskins*.

Model Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) sering juga disebut sebagai metode runtun waktu *Box-Jenskins*. ARIMA sangat baik ketepatannya untuk peramalan jangka pendek, sedangkan untuk peramalan jangka panjang ketepatan peramalannya kurang baik. Biasanya akan cenderung *flat* (mendatar/konstan) untuk periode yang cukup panjang. ARIMA adalah model yang secara penuh mengabaikan independen variabel dalam membuat peramalan. ARIMA menggunakan nilai masa lalu dan sekarang dari variabel dependen untuk menghasilkan peramalan jangka pendek yang akurat. ARIMA cocok jika observasi dari deret waktu (*time series*) secara statistik berhubungan satu sama lain (*dependent*).

2.3. Geometri Sisi Udara (*Air Side*)

Keputusan Menteri Perhubungan KM No 47 tahun 2002 menyebutkan bahwa sisi udara suatu bandara adalah bagian dari bandar udara dan segala fasilitas penunjangnya yang merupakan daerah bukan publik tempat setiap orang, barang dan kendaraan yang memasukinya wajib melalui pemeriksaan keamanan atau memiliki izin khusus.

Adapun ditinjau dari pengoperasiannya, fasilitas sisi udara ini sangat terkait erat dengan karakteristik pesawat dan senantiasa harus dapat menunjang terciptanya jaminan keselamatan, keamanan dan kelancaran penerbangan yang dilayani. Aspek-aspek tersebut menjadi pertimbangan utama dalam menyusun standar persyaratan teknis operasional fasilitas sisi udara. Sehingga standar kelayakan teknis operasional fasilitas ini disusun dengan acuan baku yang terkait dengan pesawat udara yang dilayani.

Acuan ini merupakan hasil pengolahan dari acuan internasional yang ada disesuaikan dengan kondisi dan peraturan yang ada di Indonesia, seperti penyesuaian ICAO mengatur hal tersebut dalam bentuk penentuan *code letter* dan *code number*.

2.4. Perkerasan Bandara (*Airport Pavement*)

Konstruksi perkerasan didesain, dibangun dan dipelihara untuk mendukung beban yang bekerja di atasnya dan menghasilkan kerataan, kekesatan dan keselamatan operasi penerbangan. Konstruksi perkerasan harus memiliki ketebalan dan mutu yang sesuai sehingga memiliki kekuatan/daya dukung yang mampu menahan beban yang bekerja, cuaca, dan pengaruh lain yang merusak. Untuk meyakinkan kekuatan konstruksi perkerasan dan mencegah kerusakan akibat pengembangan yang tidak terduga, penyelenggara bandar udara harus mempertimbangkan berbagai parameter desain, konstruksi dan material.

Perkerasan adalah prasarana yang terdiri dari beberapa lapisan dengan kekuatan dan kemampuan dukung yang berbeda. Pada umumnya, konstruksi perkerasan dibagi dalam 2 jenis yaitu perkerasan lentur (*flexible pavement*) dan perkerasan kaku (*rigid pavement*). Kombinasi dari tipe konstruksi perkerasan yang berbeda dan lapis yang ditingkatkan mutunya (*stabilized layers*) membentuk konstruksi perkerasan yang kompleks yang dapat diklasifikasikan sebagai variasi dari konstruksi lentur dan konstruksi kaku konvensional.

(Halaman Ini Sengaja dikosongkan)

BAB III

METODOLOGI

3.1. Studi Literatur

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini diperlukan studi literatur untuk menunjang dan menambah pengetahuan tentang perancangan pengembangan sisi udara bandara komodo. Studi literatur didapat dari buku diktat kuliah, internet, jurnal, serta buku-buku penunjang yang berhubungan dengan penyelesaian Tugas Akhir, antara lain :

1. Referensi mengenai perencanaan dan perhitungan pada sisi udara bandara
2. Referensi mengenai perkerasan pada sisi udara bandara
3. FAA, AC NO:AC 150/5300-13A
4. FAA, Airport Pavement Design and Evaluation, AC No:150/5320-6D,2002,AC-150/5320-6D
5. Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara No:SKEP/77/VI/2005

3.2. Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah data primer dan data sekunder. Data yang digunakan dalam proses perhitungan antara lain:

- Data Sekunder :
 - a) Data Tanah
 - b) Data konstruksi bandara sisi udara saat ini
 - c) Data pesawat dan frekuensi lalu lintas udara
 - d) Data karakteristik pesawat
 - e) Data Wind Rose

3.3. Analisis Data

Setelah semua data Primer dan data sekunder terkumpulkan, maka data-data tersebut dapat dianalisis agar memenuhi tujuan dari Tugas Akhir ini. Hal ini dilakukan sebelum memberikan kesimpulan dari hasil perencanaan yang dilakukan.

3.3.1. *Forecasting* Pertumbuhan Pergerakan Lalu Lintas Pesawat

Fenomena kenaikan pergerakan pesawat pada periode mendatang dapat dianalisis menggunakan disiplin ilmu statistika, yaitu dengan *time series analysis*. Beberapa peneliti melakukan penelitian dengan menggunakan metode variasi kalender, namun metode tersebut masih belum lebih baik dari metode ARIMA *Box-Jenskins*.

Model Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) sering juga disebut sebagai metode runtun waktu *Box-Jenskins*. ARIMA sangat baik ketepatannya untuk peramalan jangka pendek, sedangkan untuk peramalan jangka panjang ketepatan peramalannya kurang baik. Biasanya akan cenderung *flat* (mendatar/konstan) untuk periode yang cukup panjang. ARIMA adalah model yang secara penuh mengabaikan independen variabel dalam membuat peramalan. ARIMA menggunakan nilai masa lalu dan sekarang dari variabel dependen untuk menghasilkan peramalan jangka pendek yang akurat. ARIMA cocok jika observasi dari deret waktu (*time series*) secara statistik berhubungan satu sama lain (*dependent*).

Tujuan ARIMA adalah untuk menentukan hubungan statistik yang baik antar variabel yang diramal dengan nilai historis variabel yang diramal dengan nilai historis variabel tersebut sehingga peramalan dapat dilakukan dengan model tersebut. Untuk mempermudah dalam menghitung model ARIMA dapat digunakan berbagai aplikasi diantaranya Eviews, Minitab, SPSS, dll.

Kelebihan ARIMA adalah model-model yang disediakan oleh metode ini sangat beragam dan bervariasi sehingga hampir semua jenis pola data deret waktu dapat tercakup dalam permodelannya. Sedangkan kekurangan dari ARIMA yaitu saat permodelannya cukup rumit, diperlukan lagi perhitungan untuk menentukan besarnya parameter dari tiap-tiap variabel sehingga hasil peramalan dapat hasil yang optimal.

Untuk mendapatkan model peramalan ARIMA yang lebih akurat, diperlukan jumlah data deret waktu yang lebih besar. Walaupun kemungkinan dapat disusun model ARIMA dengan data bulanan selama 2 tahun, akan tetapi hasil terbaik dapat dicapai apabila menggunakan data sekurang-kurangnya 5-10 tahun sehingga dapat ditunjukkan dengan tepat adanya deret data dalam pengaruh musim yang kuat.

Model Box-Jenkins (ARIMA) dibagi menjadi 3 kelompok, yaitu :

1. Model *Autoregressive* (AR)
2. Model *Moving Average* (MA)
3. Model campuran mempunyai karakteristik dari dua model pertama terdiri dari model ARMA (*Autoregressive-Moving Average*) dan model (*Autoregressive Integrated Moving Average*)

Hal yang perlu diperhatikan pada metode ARIMA adalah bahwa kebanyakan deret berkala bersifat non stasioner dan bahwa aspek-aspek AR dan MA hanya berkenaan dengan deret berkala yang stasioner. Stasioneritas berarti tidak terdapat pertumbuhan atau penurunan pada data. Data secara kasarnya harus horizontal sepanjang sumbu waktu. Atau dapat dikatakan fluktuasi data berada di sekitar suatu nilai rata-rata yang konstan, tidak tergantung pada waktu dan varian dari fluktuasi tersebut.

Suatu deret waktu yang tidak stasioner harus diubah menjadi data stasioner dengan melakukan *differencing* yang berarti menghitung perubahan atau selisih nilai observasi. Nilai selisih

yang diperoleh dicek lagi apakah sudah stasioner atau tidak. Jika belum stasioner maka dilakukan *differencing* lagi. Jika varian tidak stasioner, maka dilakukan transformasi logaritma.

Model ARIMA (p,d,q) yang dikenalkan oleh dengan orde p sebagai operator dari AR, orde d merupakan *differencing*, dan orde q sebagai operator dari MA. Model ini digunakan untuk data *time series* yang telah di *differencing* atau sudah stasioner dalam mean, dimana d adalah orde *differencing*.

3.3.2. Perencanaan *Runway*

- a) Klasifikasi lapangan terbang
Berhubungan dengan lebar bentangan sayap (*wing span*) dan jarak tepi luar roda-roda pendaratan (*outer main gear wheel span*). Untuk menetapkan standar perencanaan suatu lapangan terbang, ICAO menetapkan *Aerodrome Reference Code* suatu lapangan terbang. Dengan sistem klasifikasi ini suatu lapangan terbang akan mempunyai *Reference Code* yang terdiri atas *Code Number* dan *Code Letter*. *Code Number* yang digunakan terdiri atas angka 1 sampai dengan 4, dimana angka ini berhubungan dengan panjang *runway* pada kondisi standar (*Aeroplane Reference Field Length*), sedangkan *Code Letter* yang digunakan adalah A sampai dengan E, dimana huruf-huruf ini berhubungan dengan lebar bentangan sayap (*Wing Span*) dan jarak tepi luar roda pendaratan (*Outer Main Gear Wheel Span*) (Tabel 3.1).

Tabel 3.1 Klasifikasi Lapangan Terbang

Elemen 1		Elemen 2		
Kode Angka	ARFL	Kode Huruf	Wingspan	Jarak terluar roda pendaratan
1	< 800 m	A	< 15 m	< 4,5 m
2	800 m - < 1.200 m	B	15 m - < 24 m	4,5 m - < 6 m
3	1.200 m - < 1.800 m	C	24 m - < 36 m	6 m - < 9 m
4	≥ 1.800 m	D	36 m - < 52 m	9 m - < 14 m
		E	52 m - < 60 m	9 m - < 14 m
		F	65 m - < 80 m	9 m - < 16 m

Sumber: ICAO, 2013.

Aeroplane Reference Code yang dipilih dipengaruhi karakteristik pesawat terbang rencana yang dilayani lapangan terbang tersebut. *Aeroplane Reference Field Length* (ARFL) adalah panjang *field length* minimum yang diperlukan oleh pesawat terbang untuk dapat lepas landas dengan maksimum *take off weight*, dimana kondisi lapangan terbang adalah *Mean Sea Level* (MSL), pada kondisi atmosfer standar *runway*nya tidak mempunyai kelandaian (*Zero Runway Slope*) serta tidak ada angin. *Code Number* dipengaruhi oleh bentangan sayap atau jarak tepi luar roda-roda pendaratan. Sebagai contoh bila bentangan sayap berhubungan dengan *Code Letter C* sedangkan jarak tepi luar roda-roda pendaratan berhubungan dengan *Code Letter D*, maka yang harus dipilih adalah yang D.

b) Koreksi panjang *runway*

Untuk mendapatkan panjang *runway* aktual untuk lepas landas, AFRL perlu dikoreksi akibat pengaruh kondisi

lingkungan misalnya elevasi, temperatur dan kelandaian *runway*.

- Makin tinggi suatu tempat, makin berkurang kepadatan (*density*) udara ditempat tersebut. Karena itu untuk mendapatkan gaya angkat yang memadai pada daerah tersebut pesawat terbang harus bergerak lebih cepat. Akibatnya *runway* yang diperlukan harus lebih panjang dengan koreksi bahwa AFRL harus diperpanjang untuk setiap kenaikan sebesar 300 m (1000 ft) dari *Mean Sea Level*.
- Makin tinggi suatu temperatur akan mengurangi kepadatan udara, karena itu makin tinggi *Airport Reference Temperature* (ART) maka semakin panjang *runway* yang diperlukan dan AFRL yang telah dikoreksi *runway* akibat pengaruh elevasi akan dikoreksi lagi akibat pengaruh temperatur. Panjang yang telah dikoreksi harus diperpanjang 1% untuk setiap derajat celsius naiknya ART terhadap temperatur standar lapangan terbang tersebut.
- Setiap panjang *runway* yang dibutuhkan untuk lepas landas harus dikoreksi terhadap kelandaian memanjang *runway*. Untuk itu digunakan *Effective Gradient*, yaitu rasio antara selisih tinggi dan titik terendah pada *runway* terhadap panjang *runway*nya. Untuk setiap 1% *Effective Gradient*, *runway* harus diperpanjang 1%.

c) Orientasi *runway*

Orientasi *runway* dibuat dengan arah sedemikian rupa sehingga pesawat terbang dapat didaratkan sekurang-kurangnya 95% dari waktu dengan komponen *Crosswind* (angin samping) 20 knot (23 mph) untuk *runway* kelas A dan B, 13 knot (15 mph) untuk *runway* kelas C dan 10 knot untuk *runway* kelas D dan E. Setelah *maximum*

crosswind component dipilih sesuai dengan kelas *runway* yang dibangun maka diperlukan data mengenai arah angin dan kecepatannya selama kurun waktu yang lama di lokasi untuk menentukan orientasi *runway* berdasarkan arah angin.

- Data angin

Gerak pesawat terbang baik untuk lepas landas dan mendarat diusahakan untuk melawan arah pergerakan angin, atau dengan kata lain menuju datangnya arah angin. Karena itu *runway* di suatu lapangan terbang harus terletak sedemikian rupa sehingga searah atau mendekati arah angin yang dominan (*Prevalling Wind*) di lapangan terbang tersebut dengan menggunakan metode analisis *windrose*.

- *Permissible Crosswind*

Tidak selamanya arah angin bertiup sejajar dengan arah *runway*. Angin yang bertiup pada saat pesawat lepas landas atau mendarat harus diuraikan menjadi komponen yang sejajar dengan arah gerak pesawat dan komponen yang tegak lurus arah gerak pesawat. Komponen yang sejajar dan berlawanan arah gerak pesawat disebut *Headwind*, sedangkan yang tegak lurus disebut *Crosswind*.

Agar pesawat dapat bermanuver dengan aman, *crosswind* tidak boleh terlalu besar. Maksimum *crosswind* agar aman disebut dengan *Permissible Crosswind* (Tabel 3.2).

Tabel 3.2 Permissible Crosswind

ARFL	Angin Sisi Maksimum		
	Knot	Km/jam	Mil/jam
> 1500	20	37	23
1200 - 1499	13	24	15
< 1200	10	19	11,5

Sumber: ICAO, 1990.

- *Usability*
 Pada saat angin bertiup dengan *crosswind* yang lebih besar dari pada *permissible crosswind* suatu pesawat terbang, maka pada saat itu pesawat tidak diperkenankan untuk terbang dan *runway* tidak dapat dipergunakan, hal ini akan mengakibatkan kerugian pengelola lapangan terbang maupun perusahaan penerbangan sehingga arah *runway* harus dibuat mendekati arah angin yang dominan. Probabilitas suatu *runway* dapat beroperasi, karena *crosswind* yang bertiup lebih kecil daripada *permissible crosswind* dinamakan *usability runway*. Makin besar *usability* suatu *runway* makin besar pula probabilitas *runway* tersebut dapat dipergunakan (*crosswind* < *permissible crosswind*).
 ICAO mengisyaratkan suatu lapangan terbang mempunyai *usability* minimal 95%, jika kurang dari angka tersebut maka diperlukan *runway* tambahan yang tidak harus sejajar dengan arah *runway* yang ada.
- Penomoran *Runway*
 Nomor *runway* berhubungan dengan arah (orientasi) *runway* tersebut. Nomor *runway* dituliskan diujung-ujung *runway* dan harus dapat

dibaca oleh pilot pesawat terbang pada saat akan mendarat, sehubungan dengan arah angin yang bertiup.

- Geometri *Runway*

Persyaratan lebar *runway* minimum dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3.3 Lebar Minimum Runway

Code Number	Code Letter					
	A	B	C	D	E	F
1a	18 m	18 m	23 m	-	-	-
2	23 m	23 m	30 m	-	-	-
3	30 m	30 m	30 m	45 m	-	-
4	-	-	45 m	45 m	45 m	60 m

Sumber: SKEP/77/VI/2005

Runway perlu diberikan kemiringan melintang agar air hujan yang jatuh dipermukaan dapat cepat mengalir. Besarnya kemiringan yang direkomendasikan ICAO dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3.4 Kemiringan Melintang Runway

Code Letter	Kemiringan Melintang
A	2%
B	2%
C	1,5%
D	1,5%
E	1,5%

Sumber: ICAO, 1990

Runway dengan *Code Letter* D dan E yang lebarnya kurang dari 60 m harus diberi bahu dikedua sisi *runway* (*runway shoulder*), sehingga lebar minimum total *runway* termasuk bahunya

adalah 60 m dengan kemiringan bahu adalah 2,5%. *Runway* terletak pada suatu area yang disebut *Area Strip* yang dimaksudkan untuk:

- 1) Memperkecil resiko kerusakan pada pesawat terbang bila pesawat terbang terpaksa harus keluar dari *runway*.
- 2) Melindungi pesawat yang meluncur di atasnya pada saat lepas landas maupun mendarat.

Tabel 3.5 Panjang Runway Strip (m)

Code Number	Panjang Strip
1	60 (instrument)
	30 (non-instrument)
2	60
3	60
4	60

Sumber: ICAO,1990

Tabel 3.6 Lebar Runway Strip (m)

Code Number		Panjang Strip
1	Non-instrument	30
	Instrument	75
2	Non-instrument	40
	Instrument	75
3 & 4	Non-instrument	75
	Instrument	150

Sumber: ICAO,1990

Biasanya 3 m terluar dari *runway strip* diberi kemiringan melintang yang lebih besar 5% agar air dapat mengalir dengan cepat.

Tabel 3.7 Kemiringan Melintang Runway Strip

Code Number	Kemiringan Melintang
1	3%
2	3%
3	2,5%
4	2,5%

Sumber: ICAO

Runway datar (*level runway*) lebih disukai, tetapi kondisi topografi sering tidak memungkinkan membuat *runway* yang datar sehingga *runway* harus mempunyai perubahan kelandaian (*Longitudinal Slope*).

Tabel 3.8 Kelandaian Runway

Code Number	Maximum Average Longitudinal Slope	Maximum Slope in Any Poertion of Runway	Maximum Longitudinal Slope Change	Transition from One Slope to Another	Minimum Radius (Curve)
1	2%	2%	2%	0,4% per 30 m	7500 m
2	2%	2%	2%	0,4% per 30 m	7500 m
3	1%	1,5% (a)	1,5%	0,2% per 30 m	1500 m
4	1%	1,25% (b)	1,5%	0,1% per 30 m	3000 m

Sumber: ICAO,1990

Catatan:

- Kelandaian pada seperempat panjang pertama dan seperempat panjang terakhir *runway* yang termasuk

Precision Approach dengan kategori II dan III tidak boleh melebihi 0,8%.

- Kelandaian pada seperempat panjang pertama dan seperempat panjang terakhir *runway* tidak boleh melebihi 0,8%

Jarak antara 2 titik tempat terjadi perubahan kelandaian tidak boleh kurang dari 45 m.

3.3.3. Perencanaan *Exit Taxiway*

Lokasi *taxiway* ditentukan oleh titik sentuh pada waktu mendarat pada landasan dan kekuatan pesawat pada waktu mendarat. Letaknya adalah jadi dari *Threshold* ke lokasi sampai perlambatan terakhir pesawat atau *Turn Off (D)*.

$$D = \frac{S_1^2 - S_2^2}{2 \cdot a} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

D = jarak *touch down* ke titik A (m)

S1 = kecepatan *touch down* (m/dt)

S2 = kecepatan awal saat meninggalkan landasan (m/dt)

a = perlambatan (m/dt)

3.3.4. Perhitungan Luas *Apron*

1. *Exit Taxiway* dipakai untuk pembelokan pesawat dari *runway*, seringkali sudutnya sebesar 90°, hal ini berakibat pada jarak *taxing* pendek tapi pesawat hanya dapat membelok jika kecepatan dari pesawat relatif rendah. Sudut serong yang baik terhadap *runway* adalah 30° agar pesawat yang baru sajaendarat dapat secepatnya

meninggalkan dengan kecepatan yang cukup tinggi yaitu 60-65 mil/jam.

2. *Holding Apron* yang terletak pada ujung *runway* harus dapat menampung sekaligus 2-3 pesawat yang berhenti untuk menunggu giliran lepas landas. Pada perhitungan dimensi direncanakan minimal dapat menampung 2 pesawat, dan sebagai dimensi menggunakan pesawat rencana yaitu Boeing 737 seri 800.
3. Perhitungan Luas *Apron*
Hal yang perlu diperhatikan ketika merencanakan sebuah *apron* sebagai kelengkapan dari bandara adalah :
 1. Konfigurasi bangunan terminal apakah linier, satelit atau pierfinger
 2. Ukuran dan karakteristik manuver pesawat terbang.
 3. Volume lalu lintas di *apron*.
 4. Persyaratan ruang bebas.
 5. Cara pengaturan *aircraft stand*.
 6. Bentuk dari *layout*.
 7. Persyaratan bagi aktifitas fasilitas pendukung (*Aircraft Ground Activity*).
 8. *Taxiway* dan jalan-jalan lain (*service road*).

3.3.5. Perencanaan Tebal Perkerasan (*Pavement*) dengan Metode FAA

- **Pertimbangan Pesawat Terbang**

- a. **Beban**

Metode desain perkerasan didasarkan pada berat kotor pesawat terbang. Dalam perluan desain perkerasan harus dirancang untuk mengantisipasi berat maksimum lepas landas pesawat terbang (MTOW). Prosedur desain mengasumsikan 95% dari berat kotor ditahan oleh roda gigi pendarat utama (main landing gears) dan 5% dibawa

oleh roda gigi hidung (nose gear). AC 150/5300-13, desain bandar udara, daftar berat hampir semua pesawat sipil.

b. Jenis dan Geometri Roda Gigi Pendarat

Jenis dan konfigurasi roda gigi menentukan bagaimana berat pesawat didistribusikan pada perkerasan dan menentukan respon perkerasan terhadap beban pesawat terbang. Pemeriksaan konfigurasi roda gigi, bidang kontak dan tekanan ban yang umumnya digunakan petunjuk mengikuti suatu kecenderungan yang pasti terkait dengan berat kotor pesawat terbang. Asumsi yang wajar bisa dibuat dan kurva desain dibangun dari data yang diasumsikan. Data yang diasumsikan adalah sebagai berikut:

- 1) Roda gigi tunggal pesawat terbang (*Single Gear Aircraft*). Tidak ada asumsi khusus yang diperlukan.
- 2) Roda gigi ganda pesawat terbang (*Dual Gear Aircraft*). Suatu studi jarak antara roda ganda untuk pesawat terbang ini ditunjukkan suatu dimensi 20 inci antara sumbu roda ban untuk pesawat ringan dan suatu dimensi 34 inci antara sumbu roda ban tampak yang wajar untuk pesawat yang lebih berat.
- 3) Roda gigi tandem ganda pesawat terbang (*Dual Tandem Gear Aircraft*). Studi menunjukkan suatu roda ganda berjarak 20 inci dan tandem berjarak 45 inci untuk pesawat yang lebih ringan, dan sebuah roda ganda berjarak 30 inci dan suatu tandem berjarak 55 inci untuk pesawat yang lebih berat.
- 4) Pesawat terbang berbadan lebar (*Wide Body Aircraft*). Contohnya adalah B 737, DC-10, dan L-1011 mempresentasikan suatu oergeseran yang radikal dari geometri yang diasumsikan untuk tandem ganda pesawat. Karena perbedaan

besar dalam berat kotor dan geometri roda gigi, kurva desain terpisah telah dipersiapkan untuk pesawat terbang berbadan lebar.

c. Tekanan Ban

Tekanan ban bervariasi antara 75-200 psi tergantung pada konfigurasi roda gigi dan berat kotor. Perlu dicatat bahwa tekanan ban ditegaskan bahwa sedikit pengaruh tekanan pada perkerasan seperti peningkatan berat kotor, dan diasusikan maksimum 200 psi mungkin aman terlampaui jika parameter lainnya tidak melebihi dan suatu lapisan permukaan stabilitas tinggi digunakan.

d. Volume Lalu Lintas

Perkiraan keberangkatan tahunan menurut jenis pesawat diperlukan untuk rencana perkerasan. Informasi tentang pengoperasian pesawat terbang yang tersedia dari rencana induk bandar udara, perkiraan terminal area, rencana terpatu sistem bandar udara nasional, statistik aktivitas bandara dan kegiatan lalu lintas udara FAA. Publikasi ini harus dikonsultasikan dalam pengembangan perkiraan keberangkatan tahunan menurut jenis pesawat.

• **Penentuan Ekuivalen Keberangkatan Tahunan Dengan Pesawat Terbang Rencana**

a. Konversi

Karena perkiraan lalu lintas adalah campuran dari berbagai jenis pesawat terbang yang memiliki roda pendarat berbeda dan berat yang berbeda, efek dari seluruh lalu lintas harus diperhitungkan dalam hal pesawat terbang rencana. Pertama, semua pesawat terbang harus dikonversi ke jenis roda pendarat yang sama dengan pesawat terbang rencana. Faktor-faktor telah dibentuk untuk memenuhi konversi ini. Faktor-faktor ini konstan dan berlaku untuk kedua perkerasan lentur dan kaku. Faktor-faktor ini suatu perkiraan dampak kelelahan relatif dari jenis roda gigi yang berbeda. Jauh lebih tepat dan secara teoritis faktor-faktor ketat dapat dikembangkan untuk berbagai jenis dan

tebal perkerasan. Namun, presisi seperti itu tidak praktis untuk dihitung dengan tangan seperti iterasi dan penyesuaian akan diperlukan sebagai disain yang dikembangkan. Pada tahap ini presisi proses disain tersebut tidak dibenarkan. Faktor-faktor konversi berikut harus digunakan untuk mengkonversi dari satu jenis roda pendarat terhadap yang lain.

Tabel 3.9 Konversi Konfigurasi Roda Pesawat

Untuk Mengkonversi Dari	Ke	Pengali Keberangkatan dengan
Roda tunggal	Roda ganda	0.8
Roda tunggal	Tandem roda ganda	0.5
Roda ganda	Tandem roda ganda	0.6
Tandem ganda roda tunggal	Tandem roda ganda	1.0
Tandem roda ganda	Roda tunggal	2.0
Tandem roda ganda	Roda ganda	1.7
Roda ganda	Roda tunggal	1.3
Tandem ganda roda ganda	Roda ganda	1.7

(Sumber : FAA, 2002)

Kedua, setelah pesawat telah dikelompokkan ke dalam konfigurasi roda pendarat yang sama, konversi untuk keberangkatan tahunan yang setara dengan pesawat terbang rencana harus ditentukan dengan rumus berikut:

$$\text{Log } R_1 = \text{Log } R_2 \left[\frac{W_2}{W_1} \right]^{1/2} \dots\dots\dots(2)$$

dimana:

R_1 = keberangkatan tahunan setara dengan pesawat terbang rencana

R_2 = keberangkatan tahunan disajikan dalam roda pendaratan pesawat terbang rencana

W_1 = beban roda pesawat terbang rencana

W_2 = beban roda pesawat terbang yang bersangkutan

Untuk perhitungan 95 persen dari berat kotor pesawat terbang diasumsikan dibawa oleh roda gigi pendarat utama. Pesawat berbadan lebar memerlukan perhatian khusus dalam perhitungan ini. Prosedur dibahas di atas adalah suatu peringkat relatif yang membandingkan pesawat terbang yang berbeda terhadap suatu pesawat terbang rencana bersama. Sejak pesawat berbadan lebar secara signifikan dirakit berbeda roda pendaratan dari pesawat terbang lain, pertimbangan khusus yang diperlukan untuk mempertahankan efek relatif. Hal ini dilakukan oleh masing-masing berbadan lebar sebagai suatu tandem ganda pesawat terbang 300.000 pon (136 100 kg) bila meng-hitung ekivalen keberangkatan tahunan. Hal ini harus dilakukan dalam setiap contoh bahkan bila pesawat terbang rencana adalah berbadan lebar. Setelah ekivalen keberangkatan tahunan ditentu-kan, disain harus dilanjutkan dengan menggunakan kurva disain sesuai untuk pesawat terbang rencana.

Sebagai contoh jika suatu berbadan lebar adalah pesawat udara rencana, semua ekivalen keberangkatan harus dihitung seperti diuraikan di atas; kemudian kurva disain untuk berbadan lebar harus digunakan dengan hitungan ekivalen keberangkatan tahunan

- b. Contoh Asumsikan suatu perkerasan bandar udara harus dirancang untuk lalu lintas perkiraan berikut:

Tabel 3.10 Contoh Perhitungan Konversi Roda Pesawat

Pesawat terbang	Jenis roda gigi	Keberangkatan tahunan rata-rata	Berat Tinggal Landas Maksimum (MTOW) pon (kg)
727-100	Ganda	3,760	160,000 (72,600)
727-200	Ganda	9,080	190,500 (86,500)
707-320B	Tandem ganda	3,050	327,000 (148,500)
DC-9-30	Ganda	5,800	108,000 (49,000)
cv-880	Tandem ganda	400	184,500 (83,948)
737-200	Ganda	2,650	115,500 (52,440)
L-101 l-100	Tandem ganda	1,710	450,000 (204,120)
747-100	Tandem ganda Roda ganda	85	700,000 (317,800)

(Sumber : FAA, 2002)

- 1) Tentukan pesawat terbang rencana. Suatu tebal perkerasan ditentukan untuk setiap pesawat terbang diperkirakan dengan menggunakan kurva disain yang tepat. Data masukan perkerasan, CBR, nilai K, kekuatan lentur, dll, harus sama untuk semua pesawat terbang. Berat pesawat dan tingkat keberangkatan harus sesuai dengan pesawat tertentu dalam perkiraan. Dalam contoh ini 727-200 membutuhkan tebal perkerasan terbesar dan dengan demikian 727-200 adalah pesawat terbang rencana.

- 2) Perkiraan kelompok lalu lintas kedalam roda gigi pendarat pesawat terbang rencana. Dalam contoh ini pesawat terbang rencana ini dilengkapi dengan suatu roda gigi pendarat roda ganda sehingga semua lalu lintas harus dikelompokkan ke dalam konfigurasi roda ganda.
- 3) Konversikan pesawat terbang kedalam ekivalen keberangkatan tahunan pesawat terbang rencana. Setelah campuran pesawat terbang telah dikelompokkan ke dalam suatu konfigurasi roda pendarat bersama, ekivalen dengan keberangkatan tahunan pesawat terbang rencana dapat dihitung.

Tabel 3.11 Contoh Perhitungan Konversi Beban Roda Pesawat

Pesawat terbang	Ekivalen keberangkatan roda ganda	Beban roda pon (kg)		Beban roda pesawat terbang rencana pon (kg)		Ekivalen keberangkatan tahunan pesawat terbang rencana
727-100	3760	38000	(17240)	45240	(20520)	1891
727-200	9080	45240	(20520)	45240	(20520)	9080
707-320B	5185	38830	(17610)	45240	(20520)	2764
DC-9-30	5800	25650	(11630)	45240	(20520)	682
cv-880	680	21910	(9940)	45240	(20520)	94
737-200	2650	27430	(12440)	45240	(20520)	463
747	145	35625*	(16160)	45240	(20520)	83
L-1011	2907	35625*	(16160)	45240	(20520)	1184

* beban roda untuk pesawat berbadan lebar akan diambil sebagai beban roda untuk 300.000 pon

(136 100 kg) ekuivalen keberangkatan pesawat tahunan.

(Sumber : FAA, 2002)

- 4) Hasil Akhir. Untuk contoh ini perkerasan akan dirancang untuk 16.000 keberangkatan tahunan pesawat roda ganda berat 190.500 pon (86.500 kg). Disain sebaiknya, bagaimanapun, menyediakan untuk pesawat terberat dalam campuran lalu lintas, B747-100, ketika mempertimbangkan kedalaman pemadatan, ketebalan permukaan aspal, struktur drainase, dll.

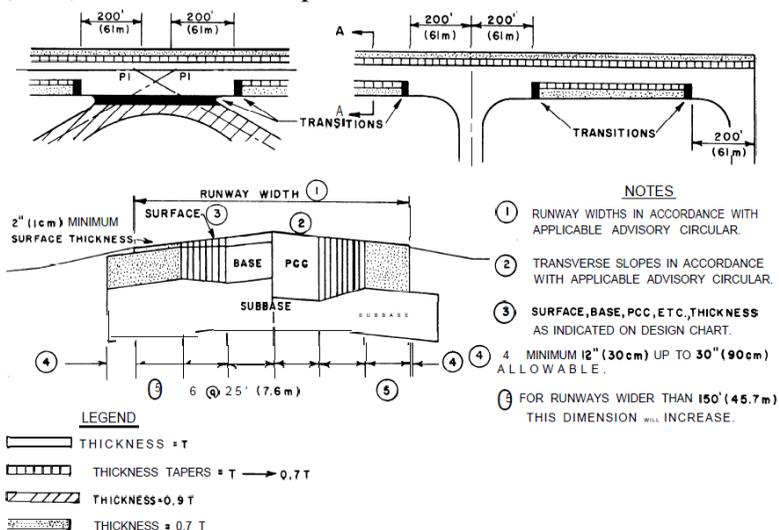
- Distribusi Lalu Lintas

Studi penelitian telah menunjukkan bahwa lalu lintas pesawat terbang didistribusikan secara lateral di landasan pacu dan landasan hubung menurut distribusi statistik normal (berbentuk lonceng). Laporan FAA No FAA-RD-36, Field Survey dan Analysis of Aircraft Distribution on Airport Pavements, bulan Februari 1975, berisi informasi penelitian terbaru tentang distribusi lalu lintas. Prosedur desain disajikan dalam laporan ini menggabungkan distribusi normal pada statistik tingkat keberangkatan. Selain distribusi lateral lalu lintas pada perkerasan, distribusi lalu lintas dan sifat beban dipertimbangkan untuk *apron* dan kecepatan tinggi berbelok.

- Tipikal Seksi Melintang

Perkerasan bandara umumnya dibangun dalam keseragaman, seksi melintang dengan lebar penuh. Landasan pacu dapat dibangun dengan suatu seksi melintang variabel, jika praktis. Suatu seksi melintang variabel diijinkan pengurangan jumlah material yang dibutuhkan untuk perkerasan lapisan atas landasan pacu. Sebagai aturan umum *rule-of-thumb* perencana harus

menentukan tebal perkerasan T dimana lalu lintas keberangkatan akan menggunakan perkerasan. Ketebalan perkerasan $0,9 T$ akan ditentukan dimana lalu lintas kedatangan akan seperti berbelok kecepatan tinggi dan tebal perkerasan $0,7 T$ akan ditentukan dimana perkerasan diperlukan tapi lalu lintas tidak mungkin seperti panjang tepi luar yang ekstrim dari landasan pacu. Perhatikan bahwa lunas seksi melintang pada kekuatan penuh adalah 50 kaki (15 m) berdasarkan studi penelitian.



Gambar 3.3 Typical Plan and Cross Section for Runway Pavement

(Sumber : FAA, 2002)

- **Metode FAA**

Metode perencanaan FAA yang akan dibahas adalah metode perencanaan yang mengacu pada standar perencanaan perkerasan FAA *Advisory Circular* (AC) 150/5320-6E (FAA,

2009). Metode ini adalah pengembangan perencanaan perkerasan berdasarkan etode CBR.

1. Klasifikasi Tanah

Metode yang dikembangkan oleh *Federal Aviation Administration* pada dasarnya menggunakan statistik perbandingan kondisi lokal dari tanah, sistem drainase dan cara pembebanan untuk berbagai tingkah laku beban. Klasifikasi tanah didasarkan atas hal-hal berikut ini :

- Butiran yang tertahan pada saringan no.10
- Butiran yang lewat saringan no.10 tetapi tertahan no.40
- Butiran yang lewat saringan no.40 tetapi tertahan saringan no.200
- Butiran yang lewat saringan no.200
- *Liquid Limit*
- *Plasticity Index*

Drainase yang jelek akan menghasilkan subgrade yang tidak stabil, dengan sistem drainase yang baik, maka akan menghindarkan subgrade dari genangan air, topografi, jenis tanah, dan muka air tanah akan berpengaruh pada sistem drainase di lapangan. Dengan sistem drainase yang baik maka akan menghindarkan subgrade dari genangan air dan akan menjaga kestabilan subgrade.

Dikarenakan perencanaan perkerasan merupakan suatu masalah rekayasa yang kompleks, maka perencanaan ini melibatkan banyak pertimbangan dari banya variabel. Parameter-parameter yang dibutuhkan untuk merencanakan perkerasan meliputi berat kotor lepas landas pesawat (MSTOW), konfigurasi dan ukuran roda pendaratan utama dan volume lalu-lintas. Kurva-kurva perencanaan terpisah disajikan untuk roda pendaratan tunggal, roda tandem, roda tandem ganda, dan pesawat berbadan lebar.

Langkah pertama adalah menentukan ramalan keberangkatan pesawat tahunan dari setiap tipe pesawat dan mengelompokkannya dalam pesawat menurut konfigurasi roda pendaratan. Berat landas maksimum dari tiap pesawat digunakan dan 95% dari berat pesawat ini dipikul oleh roda pendaratan utama.

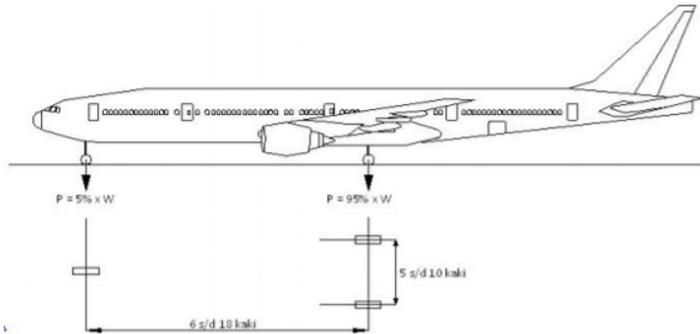
Tabel 3.12 Faktor Konversi Keberangkatan Tahunan Pesawat Menjadi Keberangkatan Tahunan Ekvivalen Pesawat Rencana (FAA)

To Convert From	To	Multiply Departures By
Single wheel	Dual wheel	0,8
Single wheel	Dual tandem	0,5
Dual wheel	Dual tandem	0,6
Double dual tandem	Dual tandem	1
Dual tandem	Single wheel	2
Dual tandem	Dual wheel	1,7
Dual wheel	Single wheel	1,3
Double dual tandem	Dual wheel	1,7

Sumber : FAA (1978)

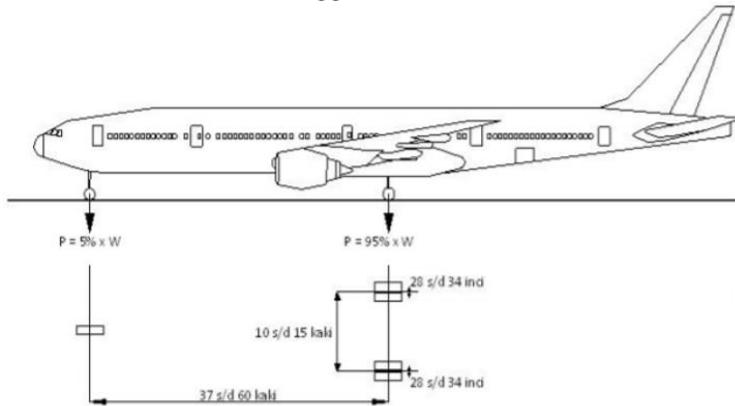
2. Menentukan Tipe Roda Pendaratan Utama

- Sumbu Tunggal Roda Tunggal (*Single*)



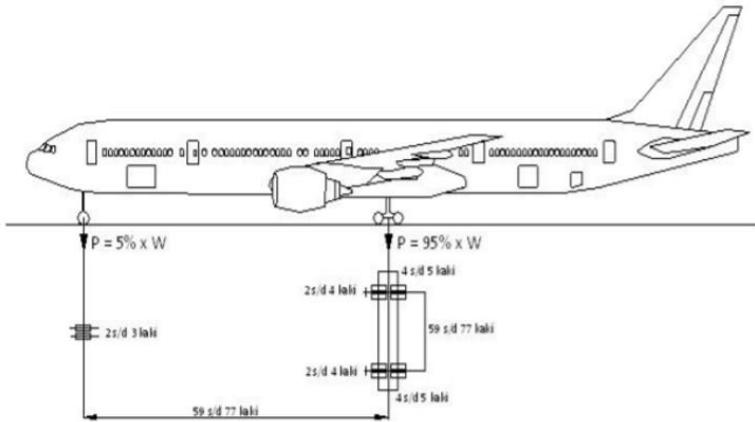
Gambar 3.4 Konfigurasi Roda Pendaratan untuk Pesawat Roda Tunggal
Sumber : Yang (1984)

- Sumbu Tunggal Roda Ganda (*Dual Wheel*)



Gambar 3.5 Konfigurasi Roda Pendaratan untuk Pesawat Roda Ganda
Sumber : Yang (1984)

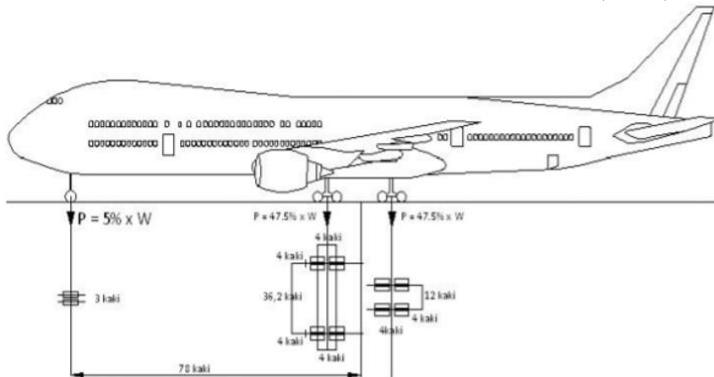
- Sumbu Tandem Roda Ganda (*Dual Tandem*)



Gambar 3.6 Konfigurasi Roda Pendaratan untuk Pesawat Roda Tandem Ganda

Sumber : Yang (1984)

- Sumbu Tandem Roda Ganda Dobel (*DDT*)



Gambar 3.7 Konfigurasi Roda Pendaratan untuk Pesawat Roda Ganda Dobel

Sumber : Yang (1984)

3. Menentukan Pesawat Rencana

Pesawat rencana dapat ditentukan dengan melihat jenis pesawat yang beroperasi dan besar MSTOW dan data jumlah keberangkatan tiap jenis pesawat yang berangkat tersebut. Lalu dipilih jenis pesawat yang menghasilkan tebal perkerasan yang paling besar. Pemilihan pesawat rencana ini pada dasarnya bukanlah berasumsi harus berbobot lebih besar, tetapi jumlah keberangkatan yang paling banyak melalui landasan pacu direncanakan.

Pesawat rencana kemudian ditetapkan sebagai pesawat yang membutuhkan tebal perkerasan yang paling besar dan tidak perlu pesawat yang paling besar yang beroperasi di bandara. karena pesawat yang beroperasi memiliki angka keberangkatan tahunan yang berbeda-beda, maka harus ditentukan keberangkatan tahunan ekivalensi dari setiap pesawat dengan konfigurasi roda pendaratan dari pesawat rencana.

4. Menentukan Beban Roda Pendaratan Utama Pesawat (W2)

Untuk pesawat yang berbadan lebar yang dianggap memiliki MTOW cukup tinggi dengan roda pendaratan utama tunggal dalam perhitungan *Equivalent Annual Departure* (R1) ditentukan beban tiap roda pesawat, 95% berat total dari pesawat ditopang oleh roda pendaratan utama, dalam perhitungannya dengan menggunakan rumus :

$$w2 = P \times MSTOW \times \frac{1}{A} \times \frac{1}{B} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

W2 = beban roda pendaratan dari jenis pesawat

MSTOW= berat kotor pesawat saat lepas landas

A = jumlah konfigurasi roda

B = jumlah roda per satu konfigurasi

P = presentase beban yang diterima roda pendaratan utama

Tipe roda pendaratan utama sangatlah menentukan dalam perhitungan tebal perkerasan. Hal ini dikarenakan penyaluran beban pesawat melalui roda-roda ke perkerasan.

5. Menentukan Nilai Ekuivalen Keberangkatan Tahunan Pesawat Rencana

Pada lalu lintas pesawat, struktur perkerasan harus mampu melayani berbagai macam jenis pesawat, yang mempunyai tipe roda pendaratan yang berbeda. Pengeruh dari beban yang diakibatkan semua jenis model lalu lintas itu harus dikonversikan ke dalam pesawat rencana dengan *equivalent annual departure* dari pesawat-pesawat campuran tadi sehingga dapat disimpulkan bahwa perhitungan ini berguna untuk mengetahui total keberangkatan keseluruhan dari bermacam pesawat yang telah dikonversikan ke dalam pesawat rencana. Untuk menentukan R1 dapat dihitung dengan menggunakan rumus persamaan :

$$\text{Log } R1 = \text{Log } R2 \left[\frac{W2}{W1} \right]^{1/2} \dots\dots\dots(4)$$

Dimana :

R1 = keberangkatan tahunan ekuivalen oleh pesawat rencana (pound)

R2 = jumlah keberangkatan tahunan oleh pesawat berkenaan dengan konfigurasi roda pendaratan rencana

W1 = beban pada roda pesawat rencana (pound)

W2 = beban pada roda pesawat yang harus diubah (pound)

Karena pesawat berbadan lebar mempunyai konfigurasi roda pendaratan utama yang berbeda dengan pesawat

lainnya, maka pengaruhnya terhadap perkerasan diperhitungkan dengan menggunakan berat lepas kotor dengan susunan roda pendaratan utama adalah roda tunggal yang dikonversikan dengan nilai yang ada. Dengan anggapan demikian maka dapat dihitung keberangkatan tahunan ekivalen.

6. Menentukan Tebal Perkerasan Total

Perencanaan perkerasan yang dikembangkan oleh FAA ini adalah perencanaan untuk masa umur rencana, dimana selama masa layanan tersebut harus tetap dilakukan pemeliharaan secara berkala.

Grafik-grafik pada perencanaan perkerasan FAA menunjukkan ketebalan perkerasan total yang dibutuhkan (tebal pondasi bawah + tebal pondasi atas + tebal lapisan permukaan). Nilai CBR tanah dasar digunakan bersama dengan berat lepas landas kotor dan keberangkatan tahunan ekivalensi dari pesawat rencana.

Grafik-grafik perencanaan digunakan dengan memulai menarik garis lurus dari sumbu CBR, ditentukan secara vertikal ke kurva berat lepas landas kotor (MSTOW), kemudian diteruskan ke arah horizontal ke kurva keberangkatan tahunan ekivalen dan akhirnya diteruskan ke sumbu tebal perkerasan dan tebal total perkerasan didapat.

Beban lalu lintas pesawat pada umumnya akan disebarkan pada daerah lateral dari permukaan perkerasan selama operasional. Demikian juga pada sebagian landasan pacu pesawat akan meneruskan beban ke perkerasan. Oleh karena itu, FAA memperbolehkan perubahan tebal perkerasan pada permukaan yang berbeda:

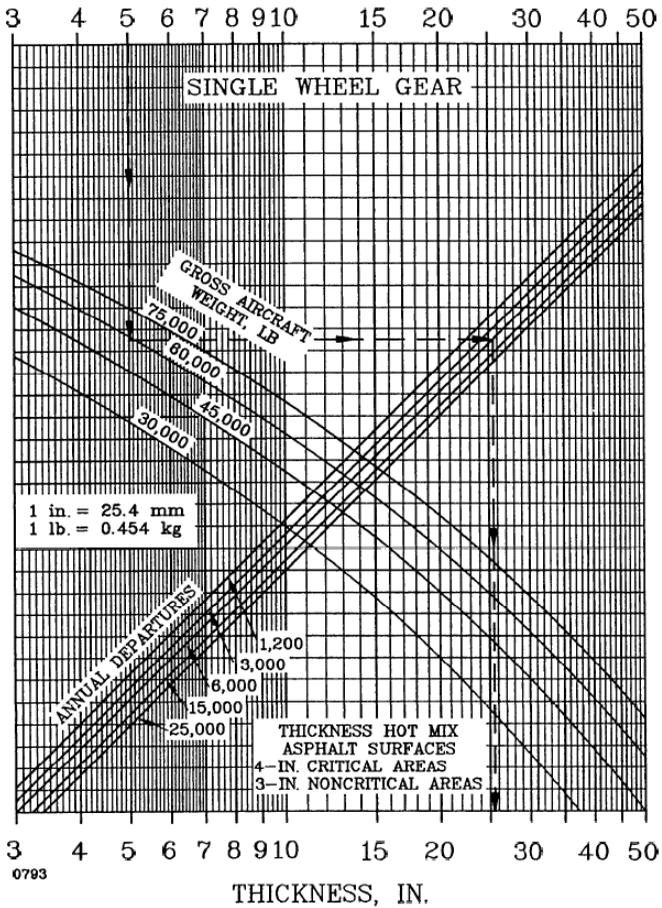
- Tebal penuh T pada seluruh daerah kritis, yang digunakan untuk tempat pesawat yang akan berangkat seperti pada *holding apron*, dan bagian tengah antara *taxiway* dan *runway*

- Tebal perkerasan 0,9 T diperlukan untuk jalur pesawat yang akan datang, seperti belokan landasan pacu berkecepatan tinggi
- Tebal perkerasan 0,7 diperlukan untuk tempat yang jarang dilalui pesawat, seperti tepi luar *taxiway* dan tepi luar *taxiway*

7. Kurva-kurva Perencanaan Tebal Perkerasan

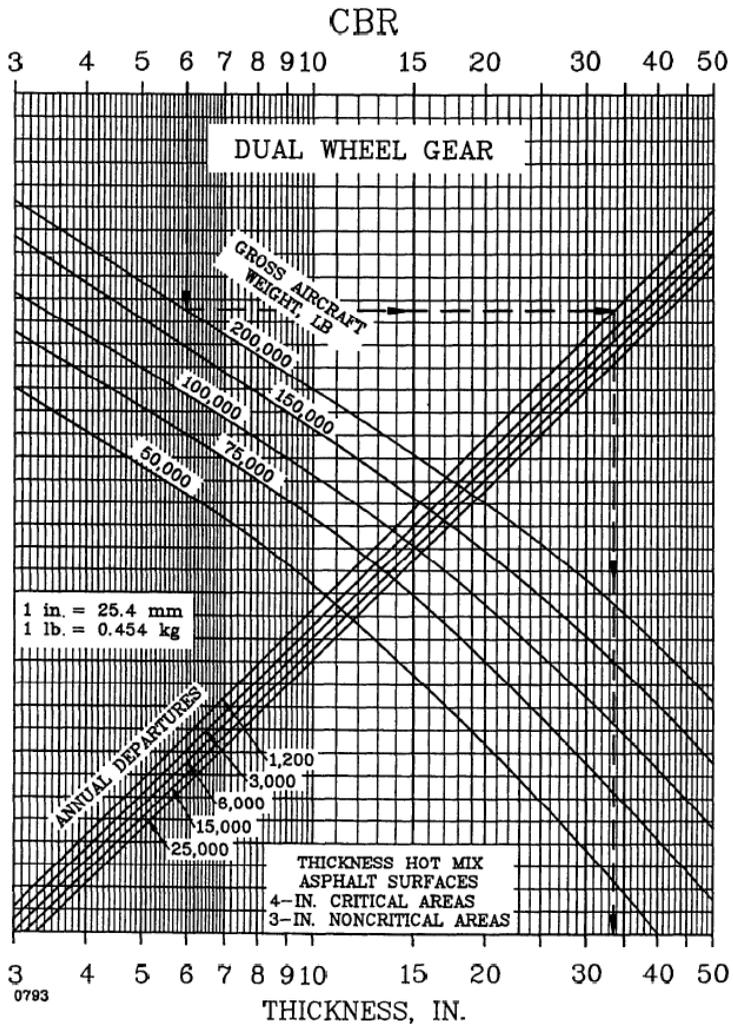
- Kurva perencanaan tebal perkerasan total untuk pesawat rencana beroda tunggal

CBR



Gambar 3.8 Kurva Single Wheel Gear
 Sumber : FAA (2002)

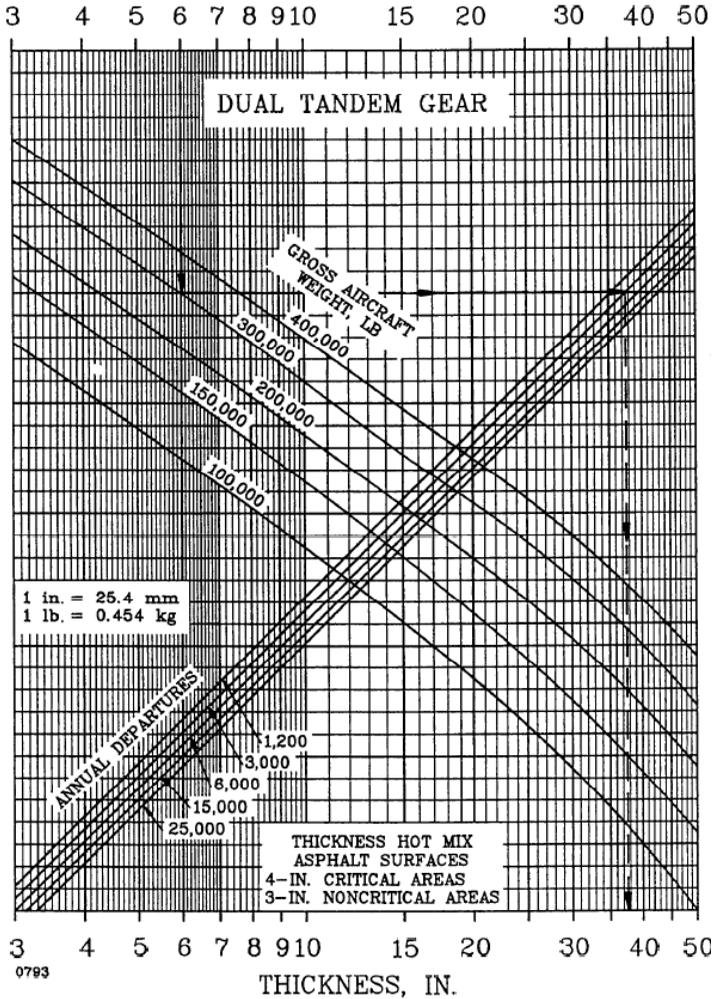
- Kurva perencanaan tebal perkerasan total untuk pesawat rencana beroda ganda



Gambar 3.9 Kurva Dual Wheel Gear

Sumber : FAA (2002)

- Kurva perencanaan tebal perkerasan total untuk pesawat rencana beroda dual tandem
CBR



Gambar 3.10 Kurva Dual Tandem Gear
Sumber : FAA (2002)

- Kurva perencanaan tebal perkerasan untuk pesawat rencana beroda dual tandem

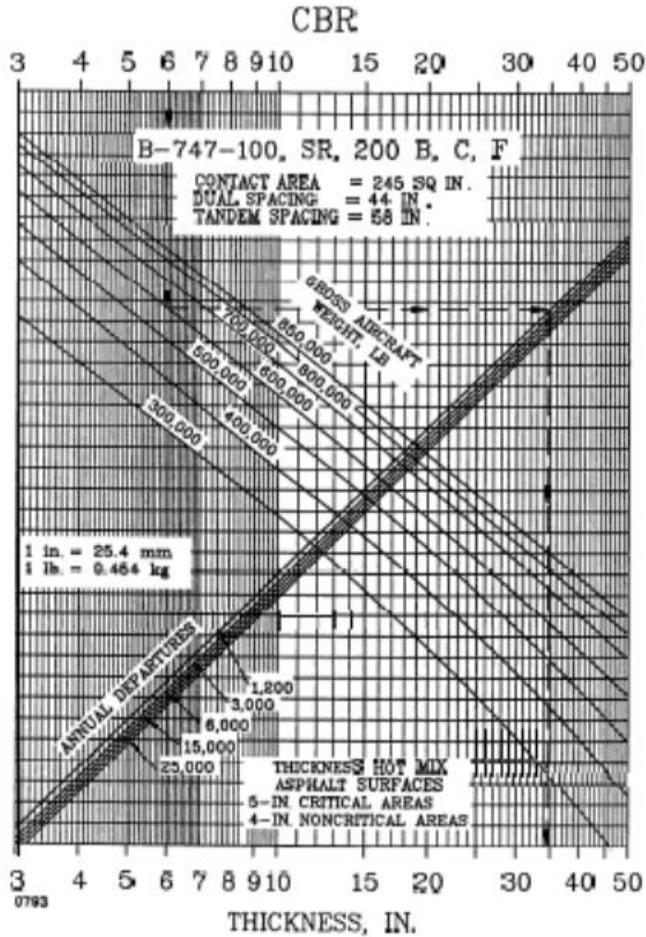


FIGURE 3-7 FLEXIBLE PAVEMENT DESIGN CURVES, B-747-100, SR, 200 B, C, F

Gambar 3.11 Kurva Beroda Dual Tandem
Sumber : FAA (2002)

Grafik perencanaan yang tersedia diatas adalah grafik perencanaan untuk tingkat keberangkatan tahunan maksimum 25.000 keberangkatan. Untuk keberangkatan tahunan diatas 25.000, grafik tersebut juga dapat digunakan dengan mengalikan hasil akhir tebal total perkerasan yang didapat dengan menggunakan grafik keberangkatan tahunan dengan angka presentase yang diberikan pada tabel dibawah ini :

Tabel 3.13 Apabila Keberangkatan Tahunan Lebih Dari 25000

Tingkat Keberangkatan Tahunan	% Tebal Total Keberangkatan Tahunan 25.000
50.000	104
100.000	108
150.000	110
200.000	112

Sumber: FAA (2009)

8. Material yang Digunakan untuk Perkerasan
 - Lapisan permukaan
Untuk lapisan permukaan digunakan aspal beton (P-401 *asphaltic concrete*)
 - Lapisan pondasi atas
Untuk lapisan pondasi, digunakan beberapa item yaitu:
 - Item P-208 (*Agregate Base Course*)
 - Item P-209 (*Crushed Agregate Base Course*)
 - Item P-211 (*Lime Rock Base Course*)
 - Item P-304 (*Cement Treated Base Course*)
 - Item P-306 (*Econocrete Subbase Course*)
 - Lapisan pondasi bawah
 - Item P-154 (*Subbase Course*)

- Item P-210 (*Caliche Base Course*)
- Item P-212 (*Shell Base Course*)
- Item P-213 (*Sand Clay Base Course*)
- Item p-301 (*Soil Cement Base Course*)

Untuk semua item material perkerasan diatas berdasarkan FAA, (2009)

Tabel 3.14 Item Material Perkerasan

Bahan	Faktor Equivalent
P - 401 (<i>Asphalt Concrete</i>)	1,7 - 2,3
P - 201 (<i>Bituminous Base Course</i>)	1,7 - 2,3
P - 215 (<i>Cold Laid Bituminous Base Course</i>)	1,5 - 1,7
P - 216 (<i>Mixed In-Place Base Course</i>)	1,5 - 1,7
P - 304 (<i>Cement Treated Base Course</i>)	1,6 - 2,3
P - 301 (<i>Soil Cement Base Course</i>)	1,5 - 2,0
P - 209 (<i>Crushed Agregate Base Course</i>)	1,4 - 2,0
P - 134 (<i>Subbase Course</i>)	1

Sumber: FAA (2009)

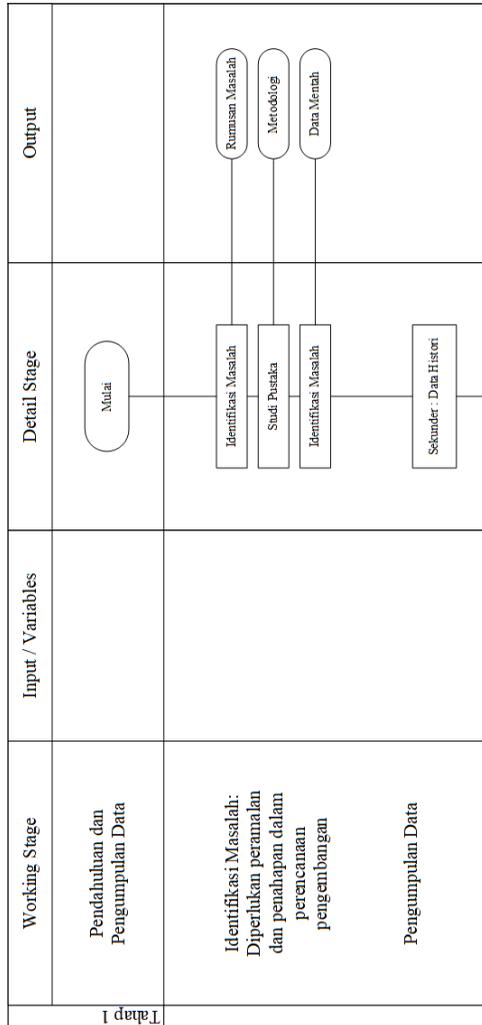
3.4. Hasil Analisis

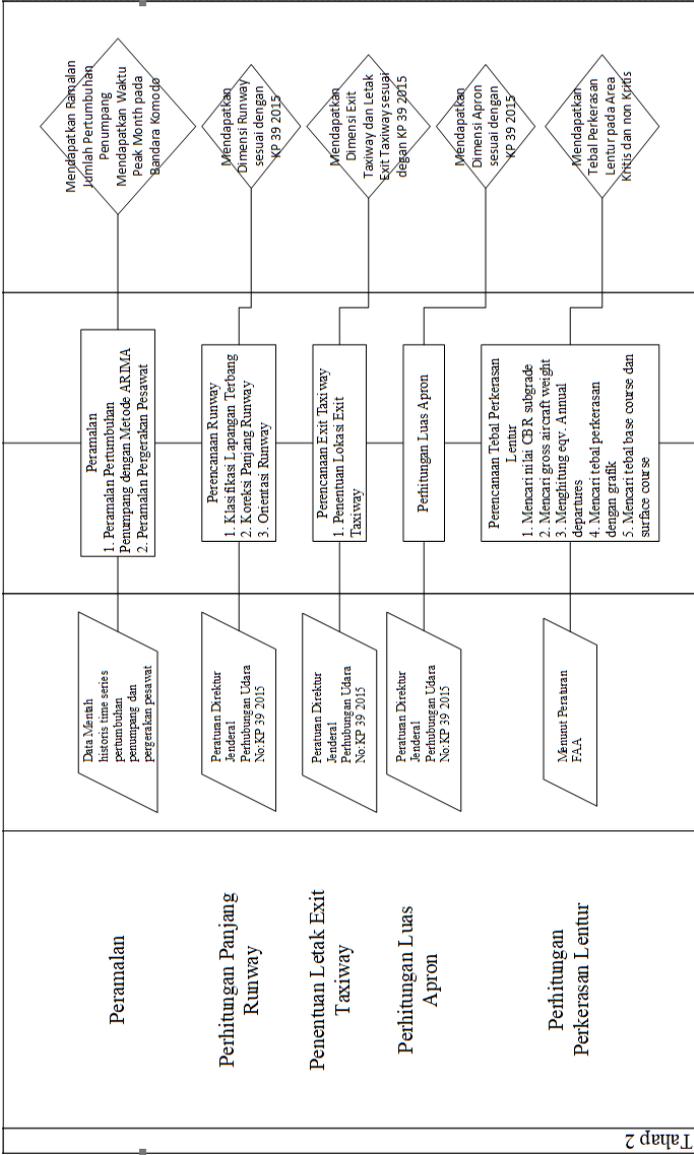
Setelah mengolah data-data yang ada maka akan didapatkan hasil dari perencanaan pengembangan tersebut. Data yang dihasilkan terdiri dari:

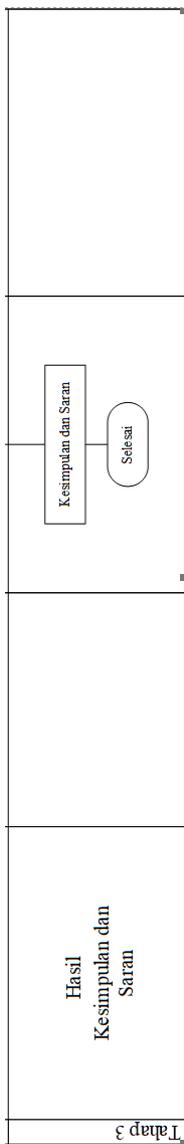
1. Perubahan dimensi ukuran dari *runway*, *taxiway*, dan *apron* sesuai dengan kebutuhan pengembangan.
2. Mendapatkan tebal perkerasan yang dibutuhkan.
3. Mendapatkan hasil peramalan pergerakan lalu lintas pesawat pada tahun 2023.
4. Menentukan pesawat dasain yang digunakan.

3.5. Diagram Alir Metodologi Penelitian

Tahap-tahap pengerjaan Tugas Akhir ini tertera pada diagram dibawah ini:







(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV

Hasil dan Pembahasan

Data yang ada untuk keberangkatan pergerakan lalu lintas pesawat didapatkan melalui *website* resmi Direktorat Jenderal Perhubungan Udara dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. Pergerakan Keberangkatan Lalu Lintas Pesawat Bandara Komodo

Tahun/Bulan	2013	2014	2015	2016	2017	2018
	berangkat	berangkat	berangkat	berangkat	berangkat	berangkat
Januari	165	298	222	0	0	0
Februari	154	241	201	228	0	0
Maret	179	240	248	229	0	0
April	0	205	0	269	0	0
Mei	219	204	242	0	0	0
Juni	196	225	257	297	0	0
Juli	230	259	262	0	0	0
Agustus	239	291	280	324	0	0
September	256	252	258	0	0	0
Oktober	240	253	0	0	337	0
November	224	232	0	0	347	0
Desember	283	245	295	0	375	457

(Sumber : *Website* Direktorat Jenderal Perhubungan Udara diakses 28 April 2019)

Pada data tersebut terlihat bahwa data yang didapatkan kurang lengkap dikarenakan data tersebut tidak tercatat bukan berarti tidak adanya pergerakan lalu lintas pesawat. Hal ini terbukti dengan adanya pengembangan yang direncanakan oleh yaitu peningkatan bandara domestik menjadi bandara internasional. Maka untuk melengkapi data tersebut dapat dilakukan asumsi pendekatan untuk mengisi kekosongan tersebut. Dilihat dari tabel 4.1 pada tahun berapa data terisi lengkap, yaitu data ada tahun

2014, kemudian dicari prosentase tiap bulannya dari jumlah total dibandingkan dengan data tiap bulannya. Hasil prosentasenya dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2. Prosentase Keberangkatan Pada Tahun 2014

Prosentase	
Januari	0,10119
Februari	0,08183
Maret	0,08149
April	0,06961
Mei	0,06927
Juni	0,0764
Juli	0,08795
Agustus	0,09881
September	0,08557
Oktober	0,08591
November	0,07878
Desember	0,08319

Setelah didapatkan berapa prosentase pada tiap bulan, kemudian untuk mengisi kekosongan pada bulan April 2013 dilakukan pembagian antara bulan Desember 2013 dengan prosentase bulan Desember, setelah hasil didapatkan kemudian dikalikan dengan prosentase pada bulan April, maka didapatkan hasil angka asumsi pergerakan pada bulan April 2013. Untuk hasil keseluruhan dapat dilihat pada tabel 4.3.

4.1. Peramalan/*Forecasting* Pergerakan Lalu Lintas Pesawat

Sebelum merencanakan suatu pengembangan sisi udara pada suatu bandar udara, langkah pertama yang dilakukan adalah melakukan analisis pada pergerakan lalu lintas pesawat dan jenis pesawat apa yang akan digunakan pada masa mendatang. Untuk mengetahui pergerakan lalu lintas pesawat di masa yang akan datang perlu dilakukan peramalan atau yang biasa disebut dengan *forecasting*.

Tabel 4.3. Hasil Asumsi Pergerakan Keberangkatan Lalu Lintas Pesawat

Bulan	Tahun					
	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Januari	165	298	222	332	456	556
Februari	154	241	201	228	369	450
Maret	179	240	248	229	367	448
April	237	205	247	269	314	382
Mei	219	204	242	227	312	381
Juni	196	225	257	297	344	420
Juli	230	259	262	288	396	483
Agustus	239	291	280	324	445	543
September	256	252	258	281	386	470
Oktober	240	253	305	282	337	472
November	224	232	279	258	347	433
Desember	283	245	295	273	375	457

4.1.1. Analisis Pergerakan Lalu Lintas Pesawat

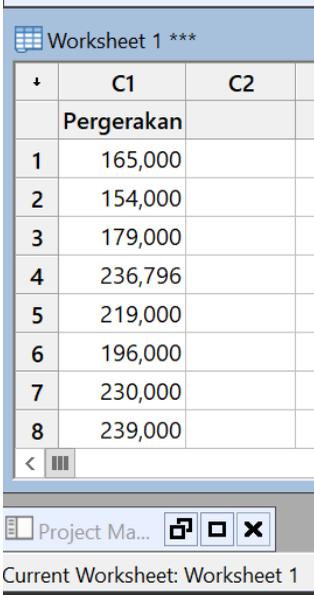
Dari tabel 4.3 data yang didapatkan dari asumsi tentang pergerakan lalu lintas pesawat keberangkatan (*Annual Departure*) dari tahun 2013-2018 yang nantinya dari data tersebut digunakan untuk melakukan peramalan.

4.1.2. Analisis Peramalan/Forecasting dengan Metode ARIMA

4.1.2.1. Plot Data Keseluruhan Pergerakan Bulanan

Pada peramalan ARIMA yang dilakukan pertama kali adalah melihat pola data. Untuk peramalan ini dilakukan dengan menggunakan *software* Minitab. Dalam hal ini data keberangkatan pesawat domestik yang telah tersedia tabel 4.3. Data yang digunakan dalam peramalan ARIMA adalah data bulanan.

Hal pertama yang dilakukan yaitu memplotkan data pada *software* Minitab dengan meng-*copy* kemudian *paste* pada Minitab, akan tetapi data keseluruhan tersebut di taruh pada kolom pertama di Minitab. Dapat dilihat pada gambar 4.12.

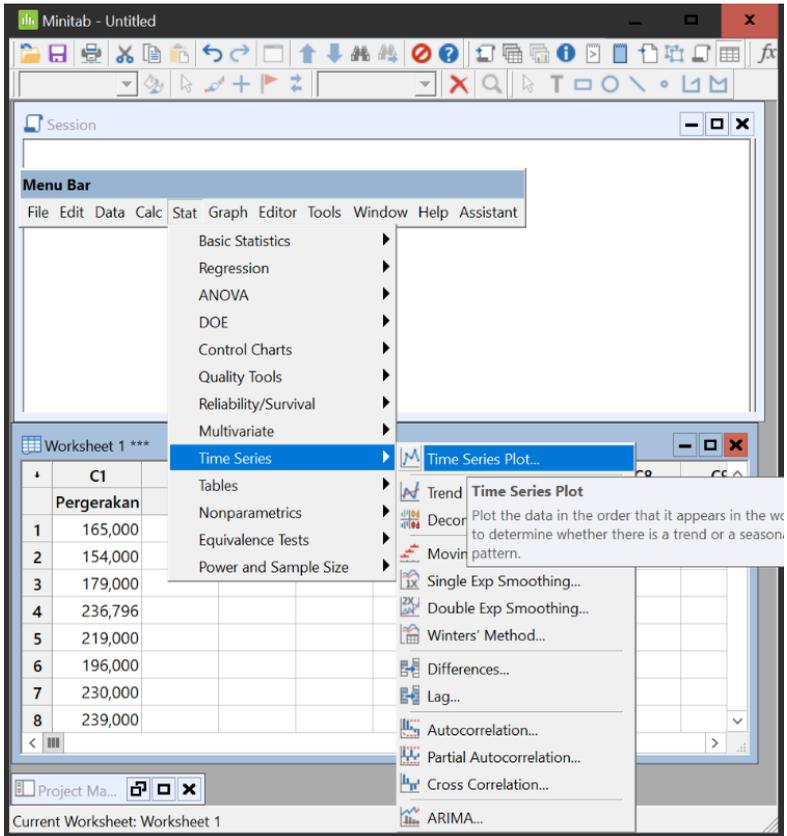


The image shows a screenshot of the Minitab software interface. At the top, it says 'Worksheet 1 ***'. Below that is a table with columns labeled 'C1' and 'C2'. The first row of data is labeled 'Pergerakan'. The data points in column C1 are: 165,000, 154,000, 179,000, 236,796, 219,000, 196,000, 230,000, and 239,000. At the bottom of the window, it says 'Project Ma...' and 'Current Worksheet: Worksheet 1'.

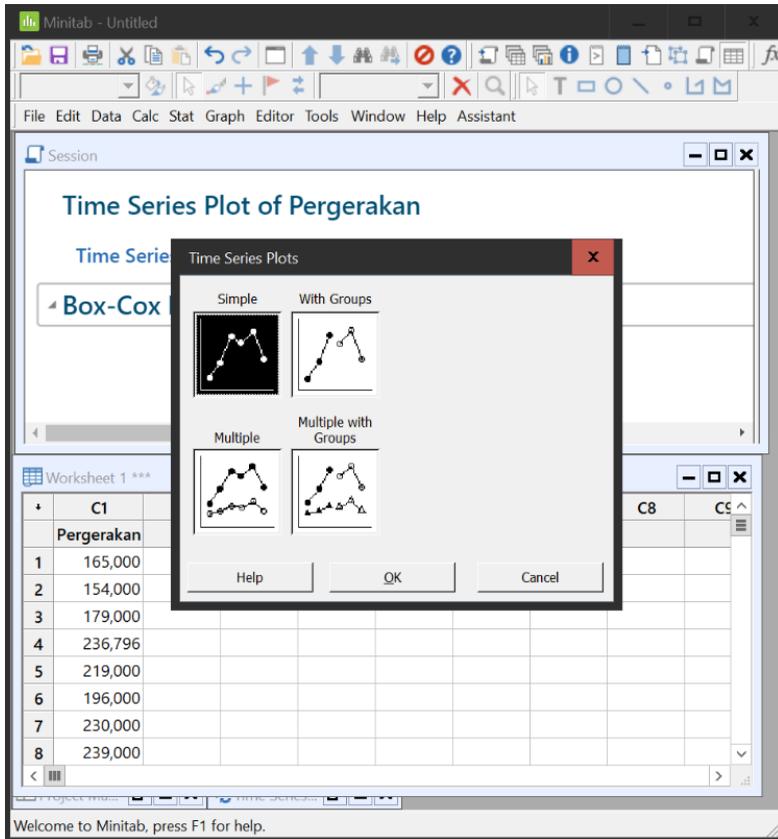
	C1	C2
	Pergerakan	
1	165,000	
2	154,000	
3	179,000	
4	236,796	
5	219,000	
6	196,000	
7	230,000	
8	239,000	

Gambar 4.12. Plot Data Pada Minitab

Kemudian setelah diplotkan seluruh data pada Minitab, dibuat sebagai grafik *time series*. Untuk prosesnya dapat dilihat pada gambar 4.13 dan 4.14.

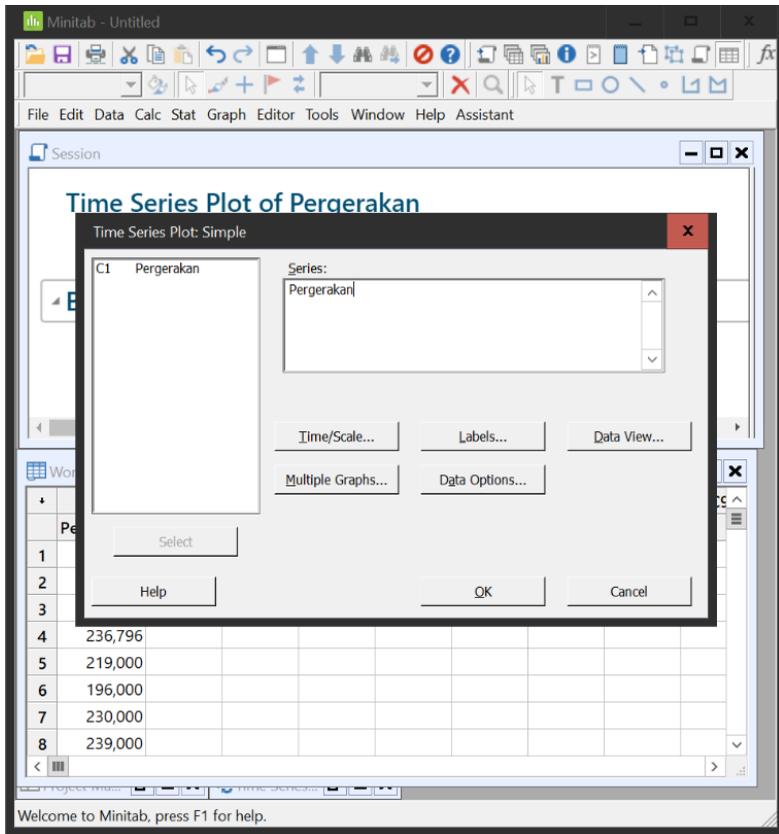


Gambar 4.13. Langkah Membuat Grafik Time Series



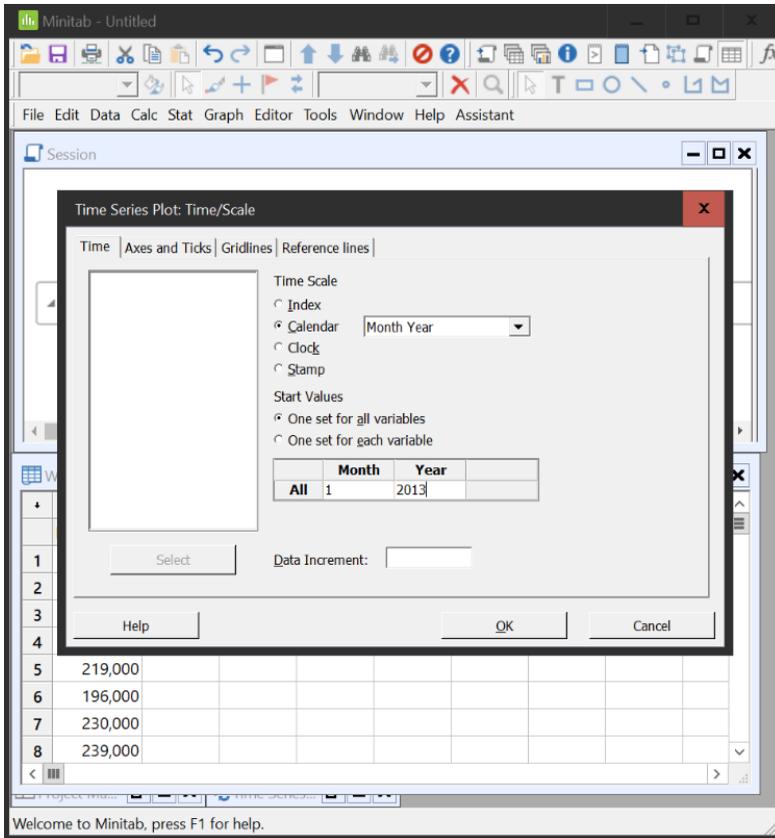
Gambar 4.14. Langkah Membuat Grafik Time Series

Kemudian dipilih yang *simple*, setelah di klik ok maka akan muncul seperti pada gambar 4.15.



Gambar 4.15. Langkah Membuat Grafik Time Series

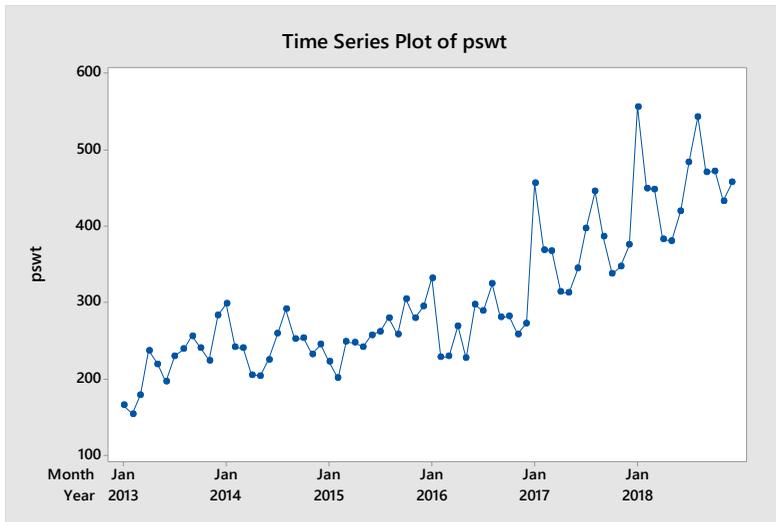
Untuk *series* diisi dengan menggunakan data pergerakan, kemudian dipilih untuk *Time/Scale* seperti pada gambar 4.16.



Gambar 4.16. Langkah Membuat Grafik Time Series

Untuk *Calendar* dipilih *Month Year* karena data yang digunakan merupakan data bulanan selama 6 tahun. Untuk *Start Value* di isi *Month* dengan 1 yang berarti Januari dan *Year* diisi dengan 2013 karena data yang ada dimulai pada tahun 2013. Setelah itu klik Ok.

Berikut ini adalah *time series plot* jumlah keberangkatan pesawat domestik Bandara Komodo.



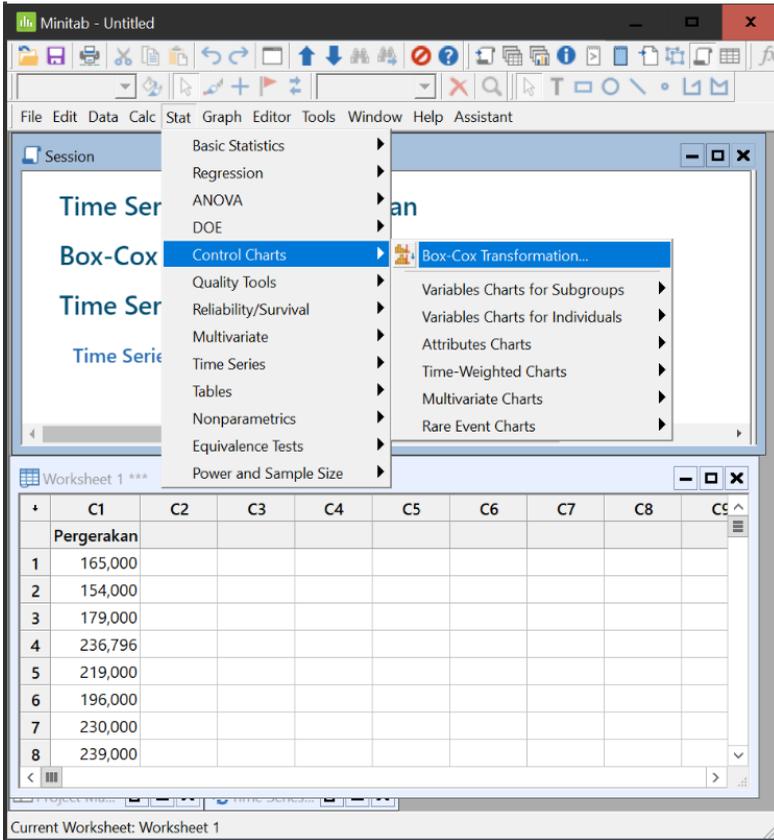
Gambar 4.17. Grafik Plot Pergerakan Lalu Lintas Pesawat Tahun 2013-2018

Pada gambar 4.17 menunjukkan bahwa pola data pergerakan lalu lintas pesawat domestik secara umum mengalami trend kenaikan dari tahun ke tahun. Musiman terjadi pada bulan Desember dan Januari.

4.1.2.2. Uji Stasioner

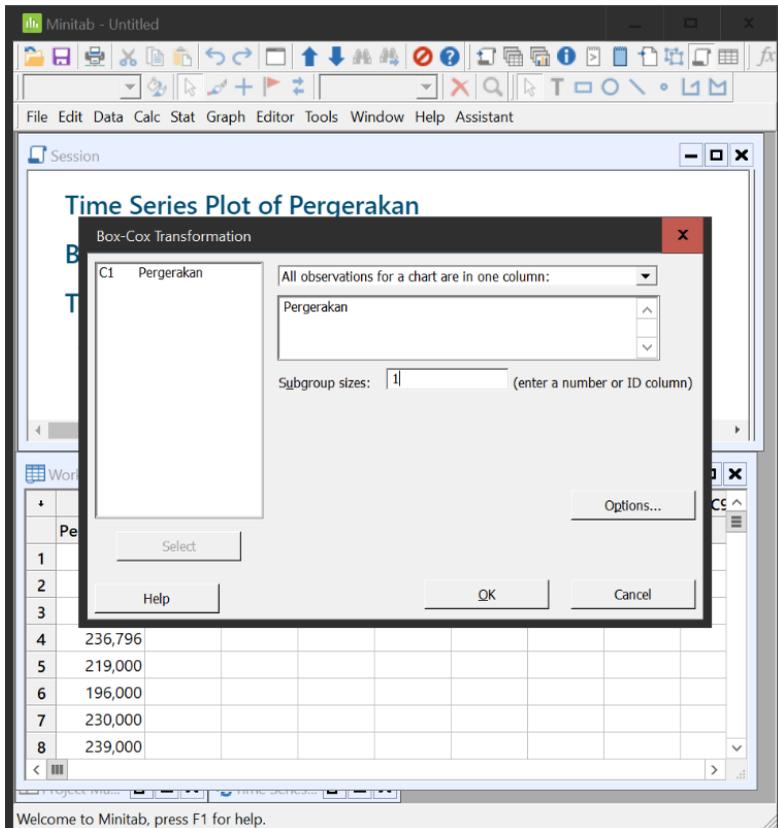
Untuk metode ARIMA hanya dapat mendeteksi data yang bersifat stasioner. Data pergerakan lalu lintas pesawat diatas dapat dilihat bahwa data tersebut masih belum stasioner. Data pergerakan lalu lintas pesawat harus stasioner dalam varian maupun dalam *mean*. Maka perlu uji stasioner yakni menggunakan transformasi Box-Cox. Transformasi Box-Cox ini untuk mengetahui data telah stasioner dalam varian atau belum.

Langkah untuk mengetahui data tersebut sudah stasioner terhadap varian dapat dilihat pada gambar 4.18 dan gambar 4.19.



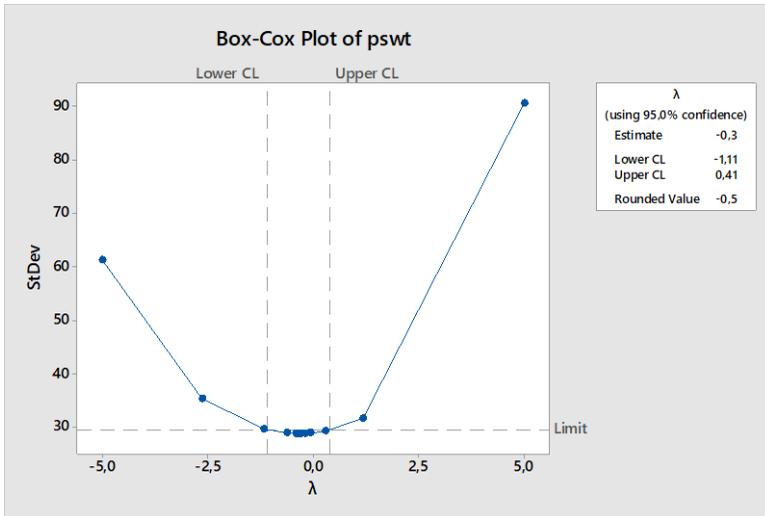
Gambar 4.18. Langkah Untuk Uji Stasioner Terhadap Varian

Untuk selanjutnya dipilih data pergerakan kemudian untuk *Subgroup sizes* di isi dengan angka 1 seperti terlihat pada gambar 4.19.



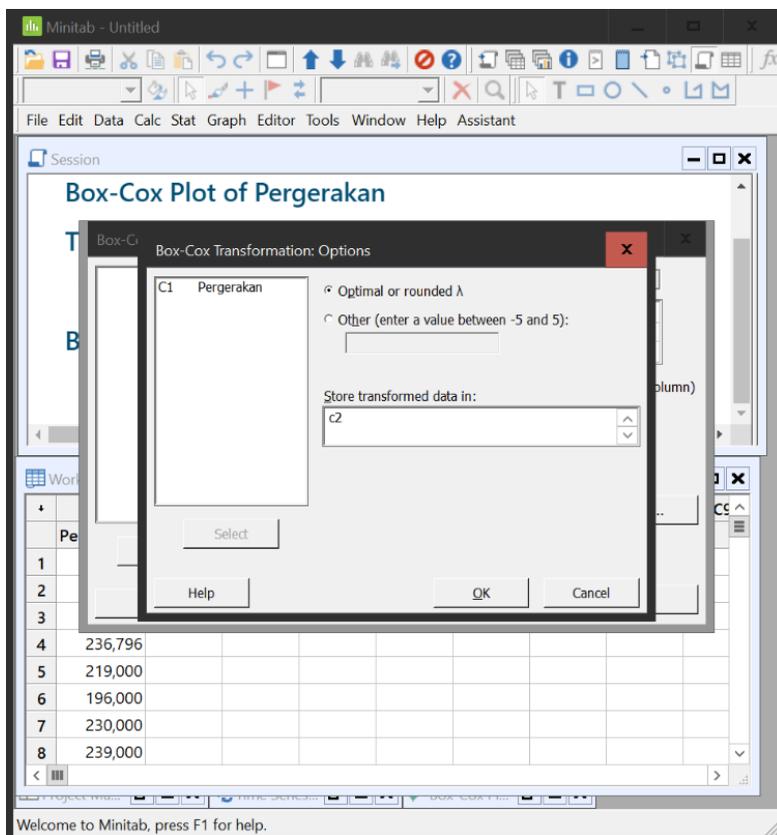
Gambar 4.19. Langkah Uji Stasioner Terhadap Varian

Setelah itu di klik Ok dan akan muncul grafik plot Transformasi Box-Cox seperti pada grafik 4.2.



Gambar 4.20. Plot Transformasi Box-Cox

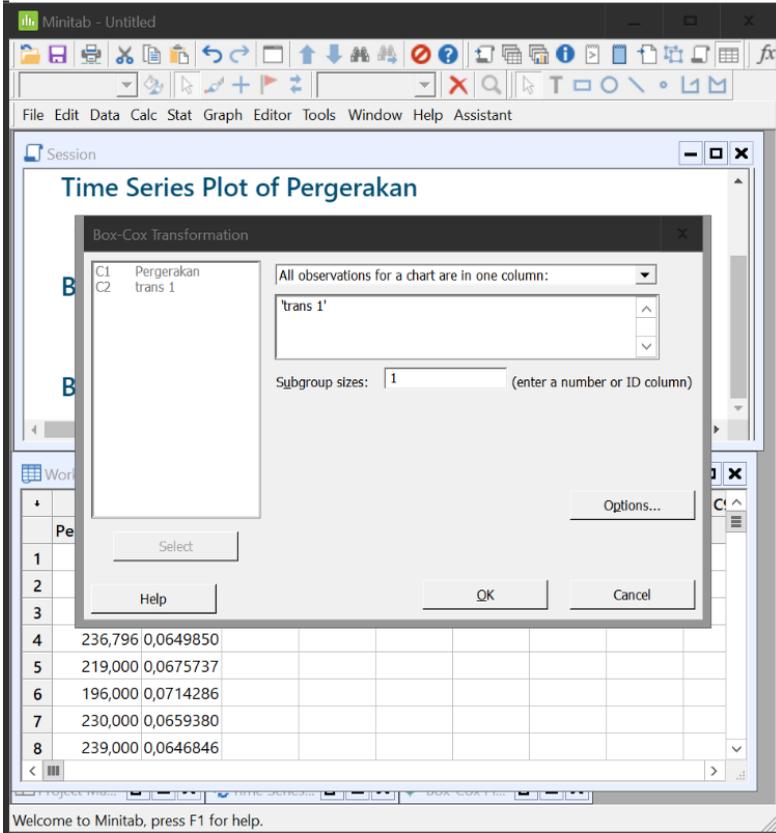
Pada gambar 4.20 Plot Transformasi Box-Cox menghasilkan nilai *Rounded Value* sebesar -0,5 karena nilai $\lambda < 1$ sehingga perlu dilakukan transformasi agar nilai *Rounded Value* didapatkan 1,00. Langkah untuk melakukan tranformasi dapat dilihat pada gambar 4.18 dan 4.19. Namun untuk tranformasi diklik *Option* pada gambar 4.19.



Gambar 4.21. Tranformasi Box-Cox

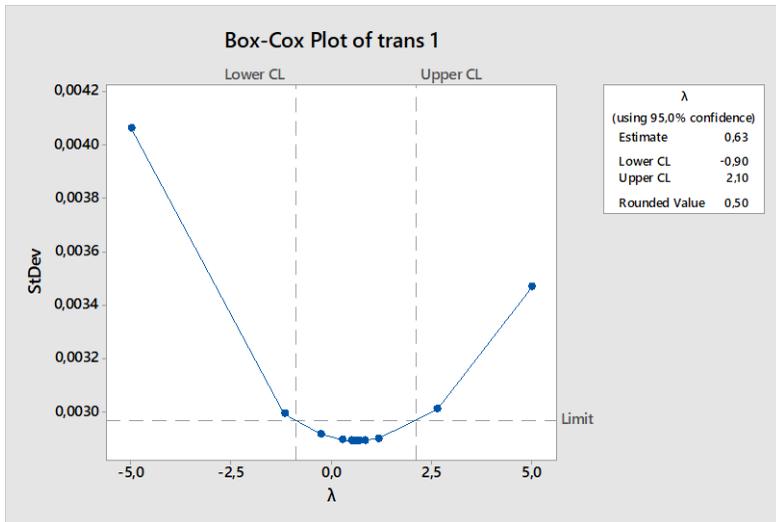
Seperti terlihat pada gambar 4.21 dipilih *Optimal or rounded λ* , kemudian *Store transformed data in* di ketik manual kolom C2. Setelah itu klik Ok. Namun pada saat klik Ok, masih muncul grafik seperti pada grafik 4.2 dikarenakan pada saat cek *transformasi box-cox* masih belum dipilih data C2 yaitu hasil dari transformasinya. Jadi harus mengulang lagi seperti pada gambar

4.18 dan 4.19, namun untuk data yang dipakai adalah data pada kolom C2 seperti gambar 4.22.



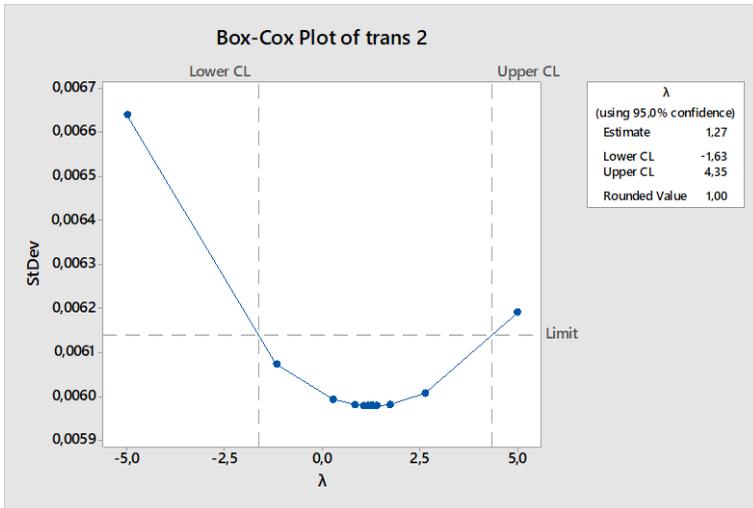
Gambar 4.22 Tahap Transformasi Box-Cox

Namun untuk *Option* (gambar 4.19) *Stored transformed data in* nya dikosongin terlebih dahulu. Hasilnya dapat dilihat pada gambar 4.23.



Gambar 4.23. Hasil Transformasi Box-Cox

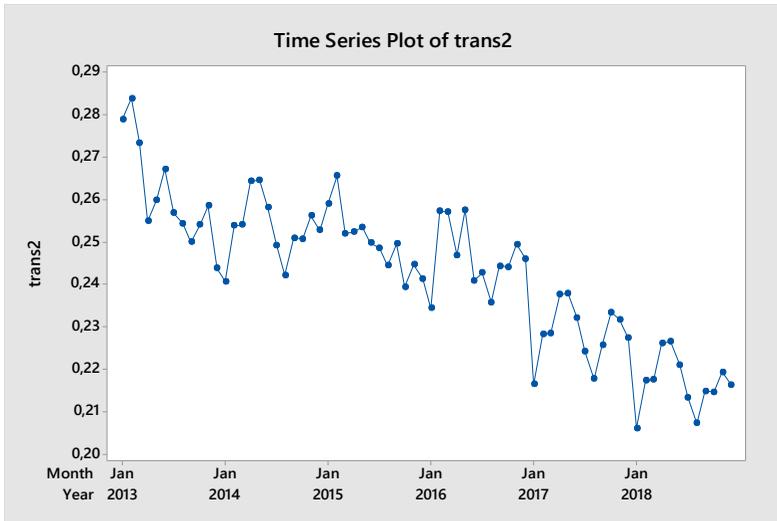
Dilihat pada grafik diatas untuk nilai *Rounded Value* masih belum = 1, maka perlu dilakukan tranformasi ulang seperti pada gambar 4.19, namun data yang dipilih adalah data yang terletak ada C2, dan kemudian *Option* (gambar 4.21) *Store transformed data in* C3. Setelah itu di ulang lagi langkah pada gambar 4.22 dengan data C3, dan *Option* (gambar 4.21) *Store transformed data in* dikosongin. Kemudian Ok, maka akan muncul grafik 4.24.



Gambar 4.24. Hasil Transformasi Box-Cox

Pada gambar 4.24. adalah hasil transformasi Box-Cox menunjukkan nilai *Rounded Value* (λ) = 1, yang artinya data telah stasioner dalam varian.

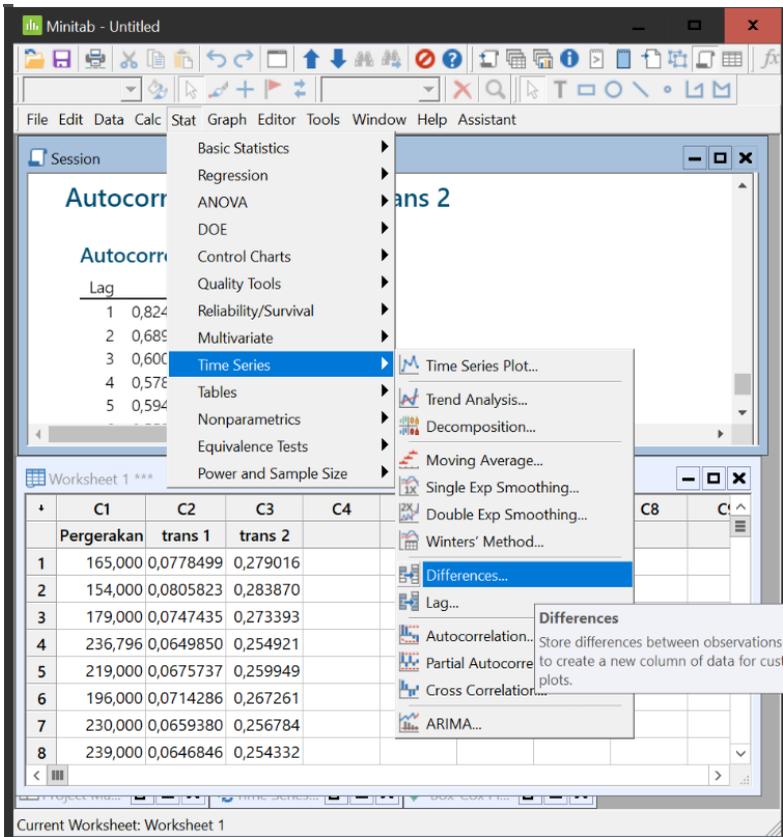
Setelah itu di cek lagi apakah data yang telah di tranformasikan apakah sudah stasioner terhadap *mean* atau belum dengan cara menggunakan grafik time series seperti pada gambar 4.13-4.16 namun data series yang digunakan yaitu data hasil transformasi 2.



Gambar 4.25. Time Series Plot Transformasi 2.

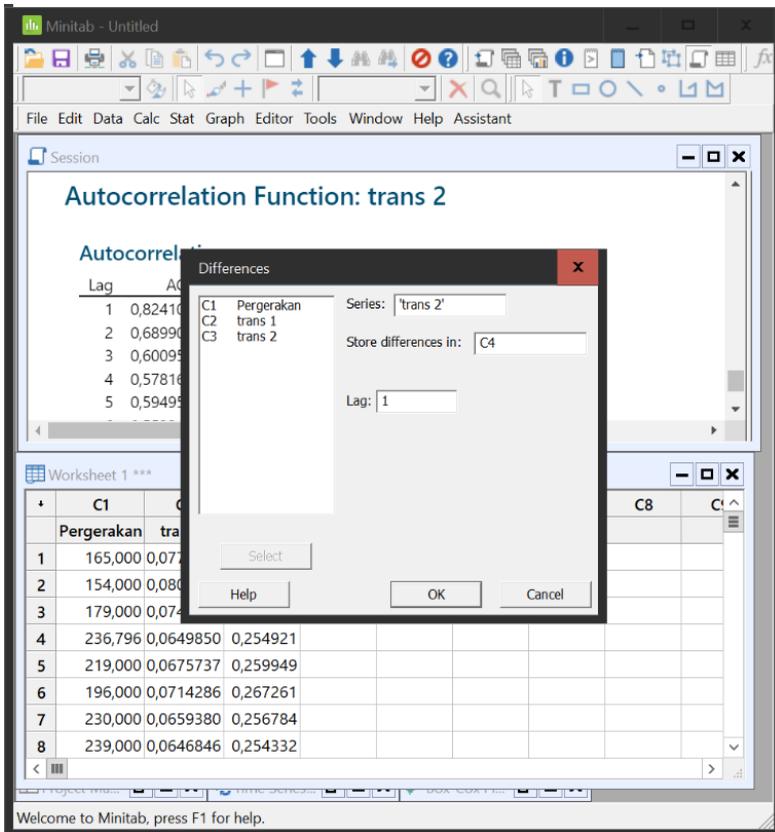
Dapat dilihat dari grafik 4.25 bahwa data tersebut belum stasioner terhadap *mean*, maka harus dilakukan *differencing* dengan lag 1 dan lag 12 (karena musiman terjadi pada bulan 12).

Langkah untuk melakukan *differencing* dapat dilihat pada gambar 4.26.



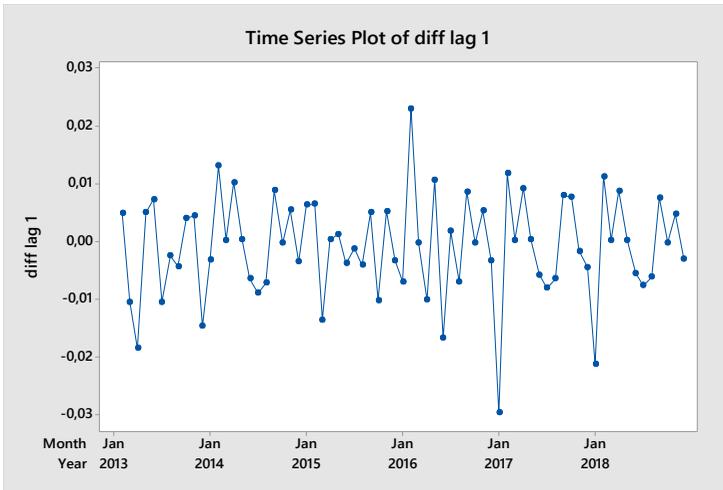
Gambar 4.26. Langkah Melakukan Differencing

Setelah itu untuk *Series* diisi trans 2 dan *Store differences in* C4. Untuk lag di isi dengan 1 kemudian Ok (gambar 4.27).

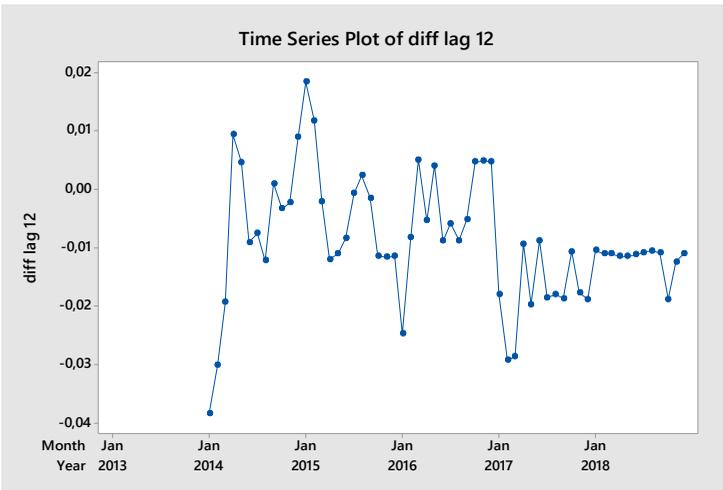


Gambar 4.27. Langkah Melakukan Differencing

Setelah data hasil dari *differencing* di simpan pada kolom C4, kemudian langkah selanjutnya melakukan kembali memunculkan grafik *time series* seperti pada langkah gambar 4.13, 4.14 dan 4.15. Untuk langkah pada gambar 4.15, *Series* diisi dengan C4 (untuk lag 1) dan C5 (untuk lag 12), kemudian klik Ok dan hasil grafik dapat dilihat pada gambar 4.28 dan 4.29.



Gambar 4.28. Plot Time Series Hasil Differencing Lag 1



Gambar 4.29. Plot Time Series Hasil Differencing Lag 12

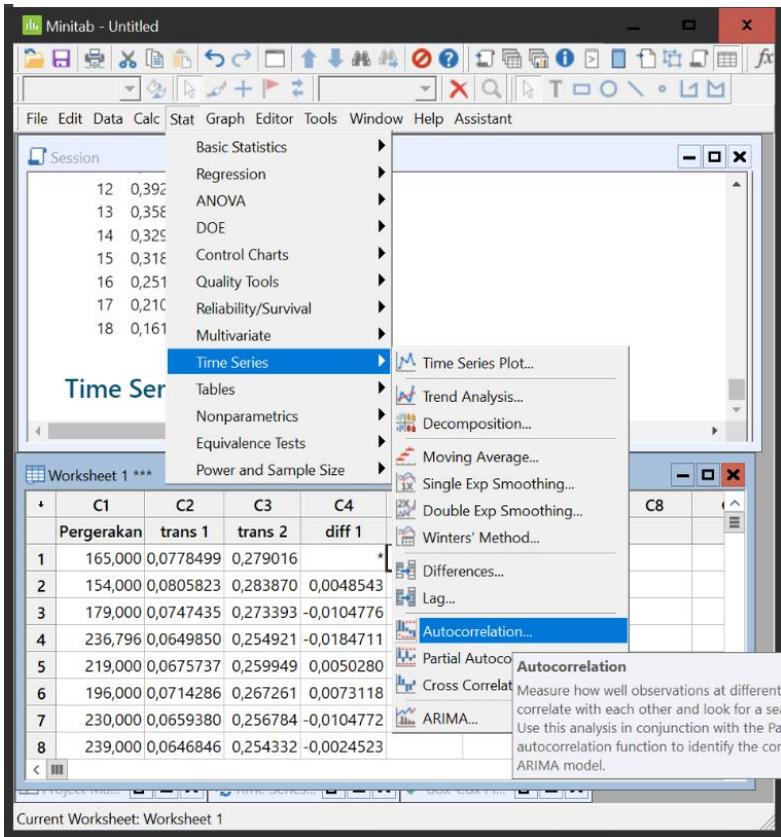
Pada gambar 4.28 dan 4.29 dapat dilihat bahwa grafik tidak menunjukkan adanya trend naik atau turun yang berarti data telah stasioner terhadap *mean*.

Setelah data dilakukan transformasi dan *differencing* dapat dilihat bahwa data telah stasioner dalam *varian* maupun *mean*. Data tersebut dapat dipakai untuk tahap selanjutnya yakni permodelan ARIMA.

4.1.2.3. Permodelan ARIMA

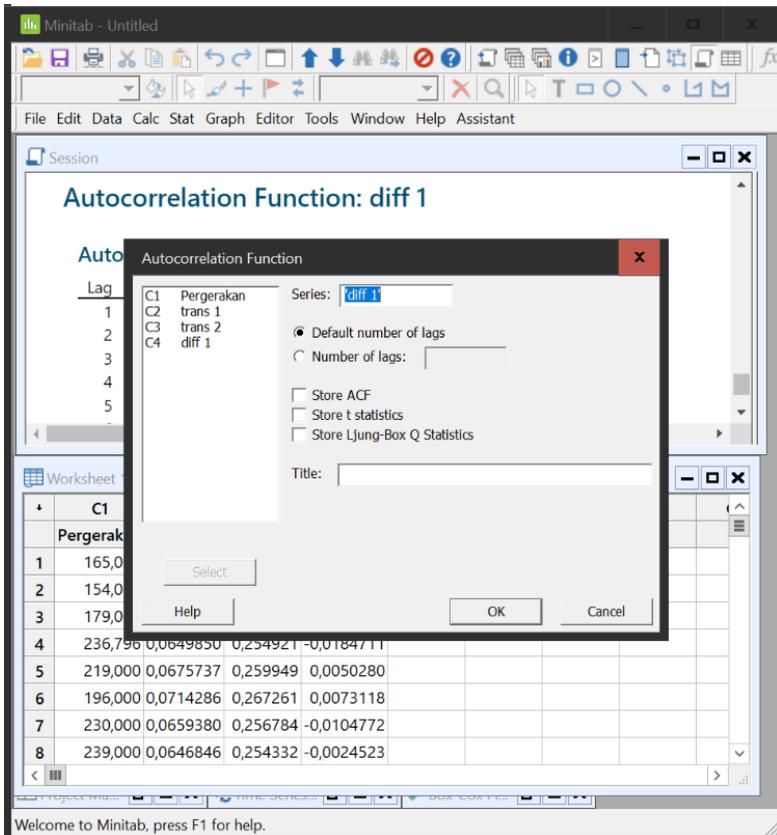
Pada tahap permodelan yakni pendugaan model Arima yang akan digunakan terlebih dahulu melihat *Autocorrelation Function* (ACF) dimana ACF ini mendeteksi ordo MA(q) dan *Partial Autocorrelation Function* (PACF) dimana mendeteksi ordo AR(p).

Untuk langkah dalam memunculkan grafik ACF dan PACF dapat dilihat pada gambar 4.30 dan 4.31.



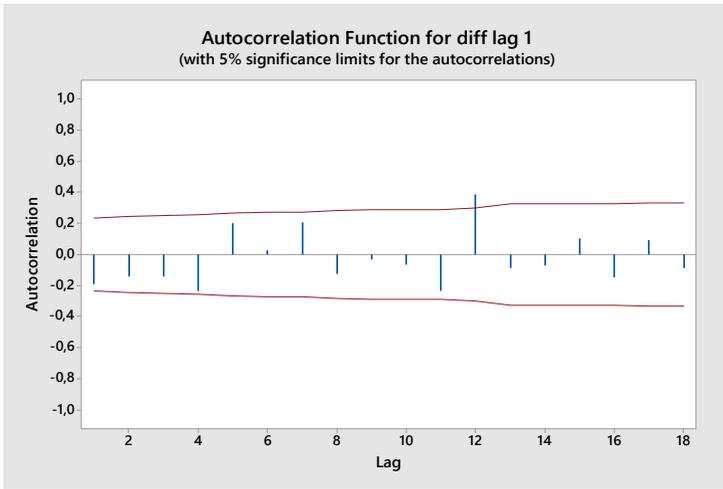
Gambar 4.30. Langkah Melihat Grafik ACF

Setelah itu dilihat pada gambar 4.24 untuk *Series dipilih* C4 dan C5. Kemudian klik Ok.

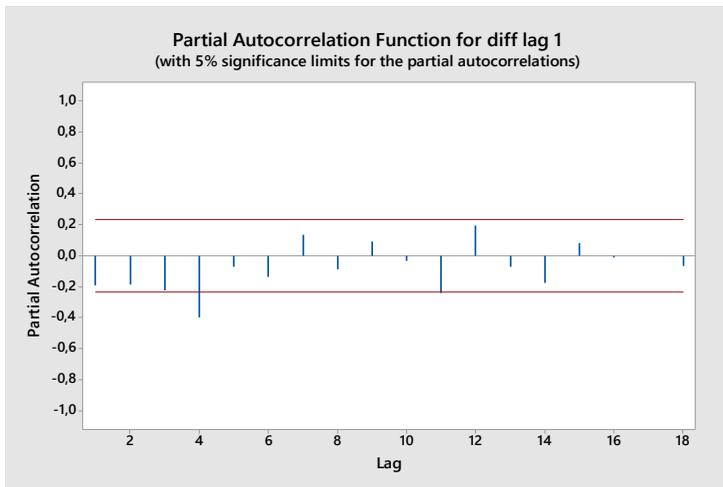


Gambar 4.31. Langkah Melihat Grafik ACF

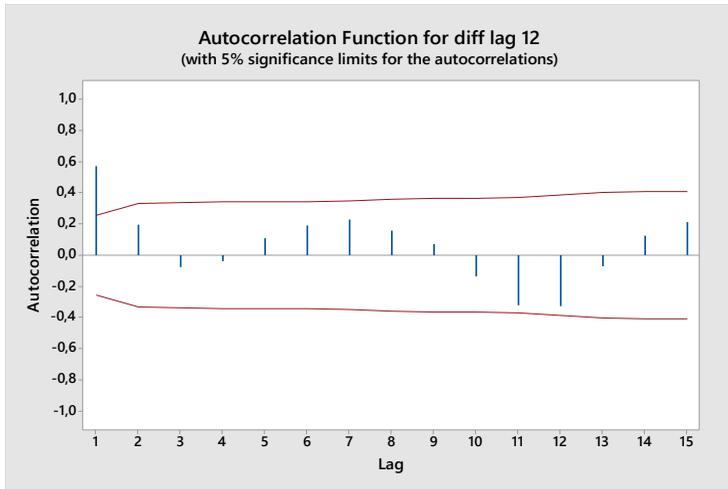
Setelah langkah tersebut dilakukan, maka akan terlihat hasil grafik ACF seperti yang terlihat pada gambar 4.32 dan 4.33. Kemudian dilakukan langkah yang sama seperti pada gambar 4.30 namun di pilih pada baris bawahnya yaitu *Partial Autocorrelation Function* dan akan muncul seperti pada gambar 4.31 dan dilakukan langkah yang sama seperti sebelumnya. Hasil grafik PACF dapat dilihat pada gambar 4.34 dan 4.35.



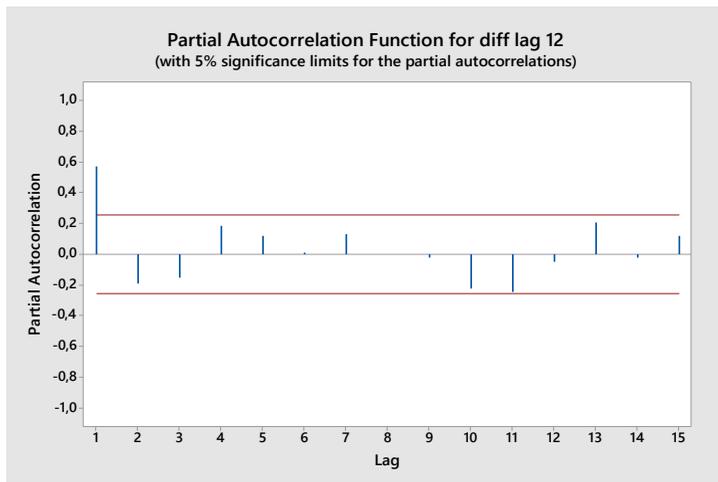
Gambar 4.32. Plot Autocorrelation Function (ACF) Lag 1



Gambar 4.33. Plot Partial Autocorrelation Function (PACF) Lag



Gambar 4.34. Plot Autocorrelation Function (ACF) Lag 12



Gambar 4.35. Plot Partial Autocorrelation Function (PACF) Lag

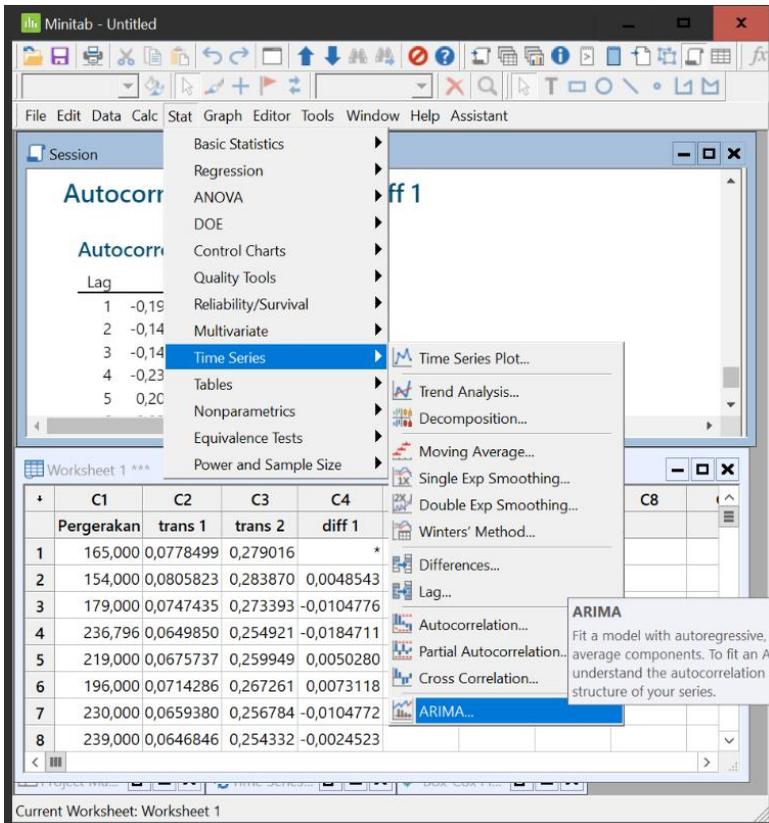
Pada gambar 4.32 plot ACF terdapat *lag* yakni 12, sedangkan pada gambar 4.33 plot PACF terdapat *lag* yakni 4, kemudian pada gambar 4.34 plot ACF terdapat *lag* yakni 1 dan pada gambar 4.35 plot PACF terdapat *lag* yakni 1. Keempat plot tersebut digunakan dalam pendugaan model ordo AR(p) dan MA(q) dengan bentuk umum model ARIMA (p,d,q), sedangkan untuk musiman ARIMA (P,D,Q)^s. Pada tabel berikut adalah hasil pendugaan model ARIMA:

Tabel 4.15. Trial Pendugaan Model ARIMA

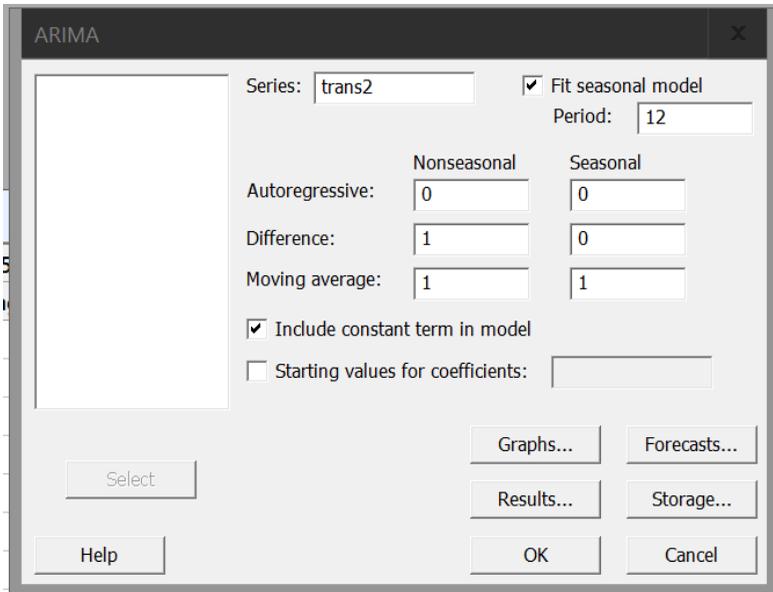
ARIMA (0,1,1)(0,0,1) ¹²
ARIMA (1,1,0)(0,0,1) ¹²
ARIMA (1,1,1)(1,0,0) ¹²
ARIMA (1,0,0)(0,1,1) ¹²

1. ARIMA (0,1,1)(0,0,1)¹²

Untuk cara melakukan uji signifikan parameter dilakukan dengan cara yang ada pada gambar 4.36 dan 4.37.



Gambar 4.36. Langkah Uji Parameter Arima $(0,1,1)(0,0,1)^{12}$



Gambar 4.37. Langkah Uji Parameter Arima $(0,1,1)(0,0,1)^{12}$

Hasil estimasi dari model ARIMA $(0,1,1)(0,0,1)^{12}$ dapat dilihat pada tabel 4.16 berikut:

Tabel 4.16. Hasil Uji Parameter Arima $(0,1,1)(0,0,1)^{12}$

Final Estimates of Parameters

Type	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value
MA 1	0,204	0,123	1,66	0,102
SMA 12	-0,329	0,122	-2,70	0,009
Constant	-0,00107	0,00100	-1,06	0,293

Dari estimasi tabel 4.16 menunjukkan bahwa MA 1 dan nilai Constant masih lebih dari 5% yaitu batas kesalahan

maka hal ini dapat dikatakan model ini masih belum signifikan.

Tabel 4.17. Hasil Uji Parameter White Noise Arima
(0,1,1)(0,0,1)¹²

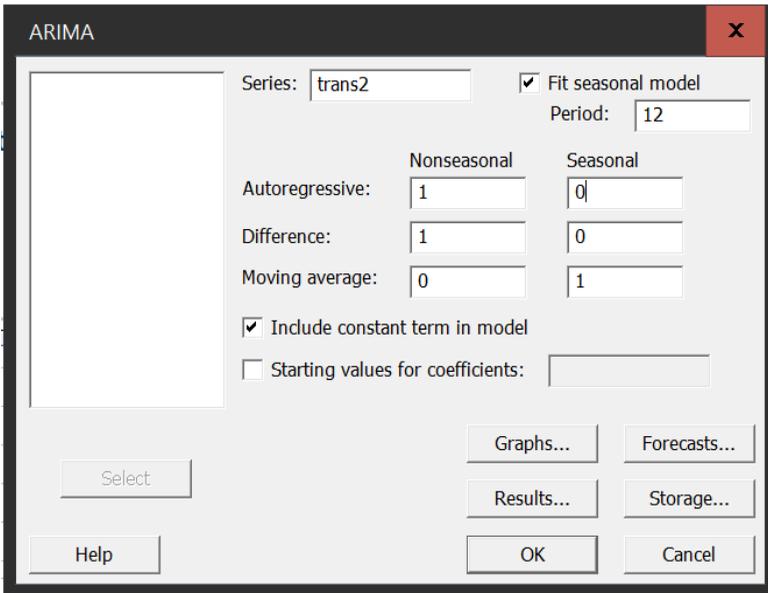
Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square Statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	22,00	31,76	43,97	49,06
DF	9	21	33	45
P-Value	0,009	0,062	0,096	0,314

Dari Tabel 4.17 dapat dilihat pada lag 12 memiliki P-Value yang < dari 5% yang berarti masih belum signifikan.

2. ARIMA (1,1,0)(0,0,1)¹²

Untuk cara melakukan uji signifikan parameter tersebut dilakukan dengan cara yang ada pada gambar 4.36 dan 4.38.



Gambar 4.38. Langkah Uji Parameter Arima $(1,1,0)(0,0,1)^{12}$

Hasil estimasi model ARIMA $(1,1,0)(0,0,1)^{12}$ dapat dilihat pada tabel 4.18 berikut:

Tabel 4.18. Hasil Uji Parameter Arima $(1,1,0)(0,0,1)^{12}$

Final Estimates of Parameters

Type	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value
AR 1	-0,115	0,123	-0,94	0,352
SMA 12	-0,352	0,120	-2,93	0,005
Constant	-0,00122	0,00129	-0,95	0,347

Pada tabel 4.18 dapat dilihat bahwa untuk AR 1 dan nilai Constan masih $> 5\%$ yang berarti model tersebut masih belum signifikan.

Tabel 4.19. Hasil Uji Parameter White Noise Arima
(1,1,0)(0,0,1)¹²

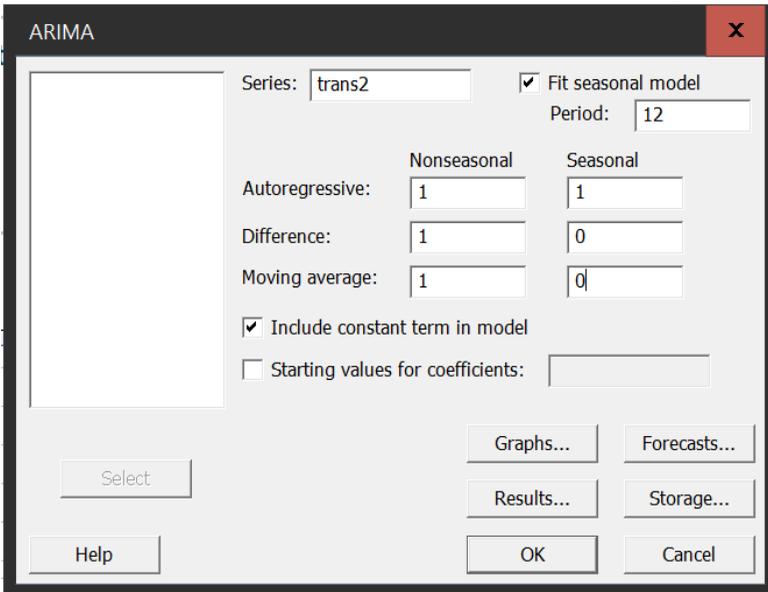
Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square Statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	19,23	29,83	42,13	47,07
DF	9	21	33	45
P-Value	0,023	0,095	0,133	0,388

Dilihat pada Tabel 4.19, pada lag 12 angka P-Value $< 5\%$ yang berarti tidak signifikan.

3. ARIMA (1,1,1)(1,0,0)¹²

Untuk cara melakukan uji signifikan parameter tersebut dilakukan dengan cara yang ada pada gambar 4.36 dan 4.39.



Gambar 4.39. Langkah Uji Parameter Arima $(1,1,1)(1,0,0)^{12}$

Hasil estimasi model ARIMA $(1,1,1)(1,0,0)^{12}$ dapat dilihat pada tabel 4.20 berikut:

Tabel 4.20. Hasil Uji Parameter Arima $(1,1,1)(1,0,0)^{12}$

Final Estimates of Parameters

Type	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value
AR 1	0,581	0,121	4,82	0,000
SAR 12	0,409	0,128	3,19	0,002
MA 1	0,9870	0,0618	15,96	0,000
Constant	-0,000191	0,000054	-3,52	0,001

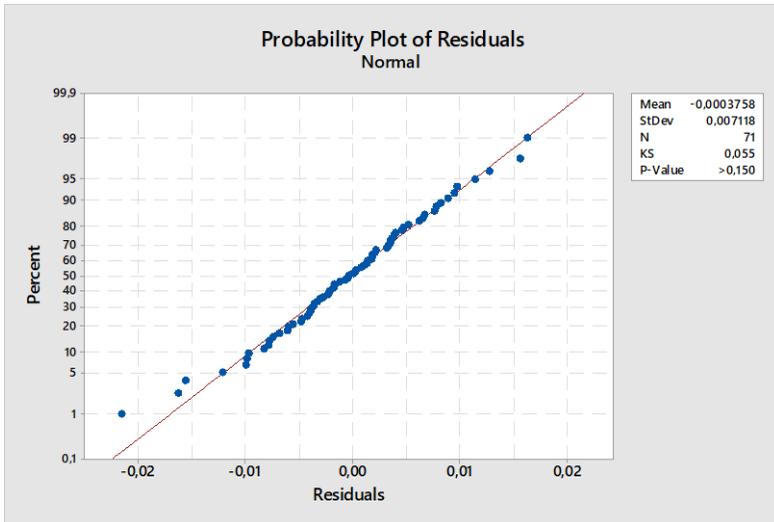
Dari tabel 4.20 model ARIMA $(1,1,1)(1,0,0)^{12}$ sudah memenuhi asumsi signifikan parameter dapat dilihat pada AR1, SAR12, MA1 dan nilai constan memiliki nilai P-Value $< 5\%$.

Tabel 4.21. Hasil Uji Parameter White Noise Arima $(1,1,1)(1,0,0)^{12}$

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square Statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	12,11	18,03	32,99	36,99
DF	8	20	32	44
P-Value	0,146	0,586	0,418	0,764

Dari tabel 4.21 dapat dilihat bahwa pada lag 12 memiliki nilai P-Value $> 5\%$ yang berarti untuk parameter white noise telah signifikan.

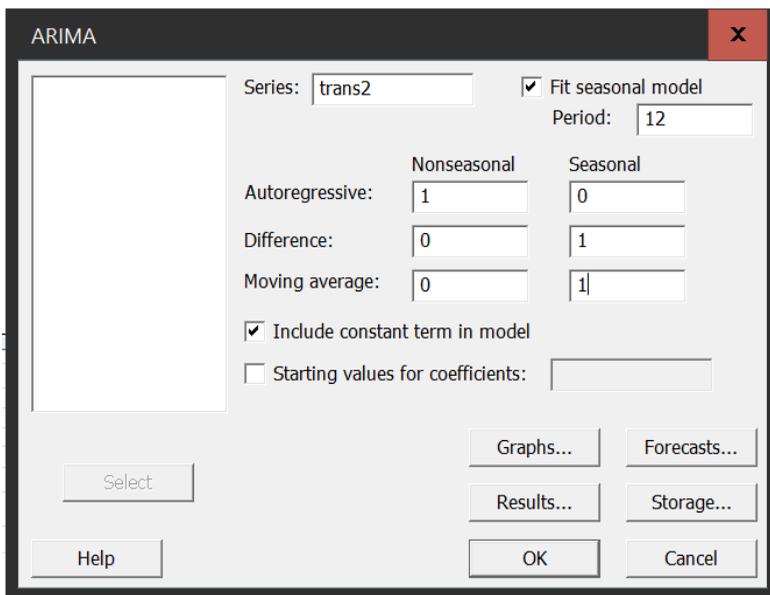


Gambar 4.40. Uji Tes Normal Arima (1,1,1)(1,0,0)¹²

Dari gambar 4.40 tentang uji tes normal memiliki P-Value > 0,15 yang berarti sudah signifikan.

4. ARIMA (1,0,0)(0,1,1)¹²

Untuk cara melakukan uji signifikan parameter tersebut dilakukan dengan cara yang ada pada gambar 4.36 dan 4.41.



Gambar 4.41. Langkah Uji Parameter Arima $(1,0,0)(0,1,1)^{12}$

Hasil estimasi model ARIMA $(1,0,0)(0,1,1)^{12}$ dapat dilihat pada tabel 4.21 berikut:

Tabel 4.22. Hasil Uji Parameter Arima $(1,0,0)(0,1,1)^{12}$

Final Estimates of Parameters

Type	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value
AR 1	0,611	0,101	6,02	0,000
SMA 12	0,695	0,134	5,18	0,000
Constant	-0,003501	0,000320	-10,94	0,000

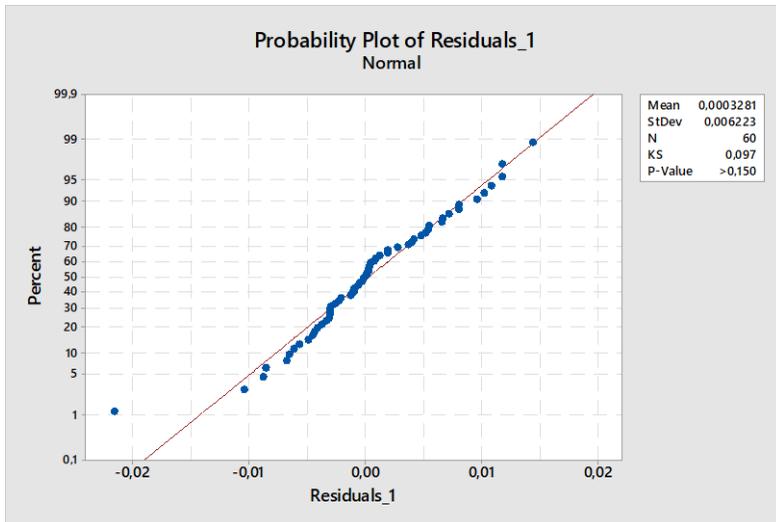
Dari tabel 4.22 model ARIMA $(1,0,0)(0,1,1)^{12}$ sudah memenuhi asumsi signifikan parameter dapat dilihat pada AR1, SMA12 dan nilai constan memiliki nilai P-Value $< 5\%$.

Tabel 4.23. Hasil Uji Parameter White Noise Arima
 $(1,0,0)(0,1,1)^{12}$

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square Statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	13,27	24,29	31,79	38,51
DF	9	21	33	45
P-Value	0,151	0,279	0,527	0,742

Dari tabel 4.23 dapat dilihat bahwa pada lag 12 memiliki nilai P-Value $> 5\%$ yang berarti untuk parameter white noise telah signifikan.



Gambar 4.42. Uji Tes Normal Arima (1,0,0)(0,1,1)¹²

Dari gambar 4.42 tentang uji tes normal memiliki P-Value > 0,15 yang berarti sudah signifikan.

4.1.2.4. Peramalan Model

Setelah didapatkan model ARIMA yang memenuhi syarat yaitu berparameter signifikan. Model tersebut diramalkan untuk tahun 2023. Hasil dari peramalan pergerakan lalu lintas pesawat pada tahun 2023 digunakan sebagai validasi dari model peramalan. Untuk selanjutnya dilakukan perhitungan tingkat kesalahan prediksi menggunakan kriteria *Root Mean Square Error* (RMSE). Berikut adalah hasil dari perhitungan kriteria RMSE dari 2 model ARIMA yang memenuhi syarat yaitu Arima (1,1,1)(1,0,0)¹² dan Arima (1,0,0)(0,1,1)¹².

Tabel 4.24. Hasil Kriteria RMSE

Model	RMSE
ARIMA (1,1,1)(1,0,0) ¹²	$7,28.10^{-3}$
ARIMA (1,0,0)(0,1,1) ¹²	$6,34.10^{-3}$

Hasil perhitungan kriteria tingkat kesalahan prediksi menggunakan RMSE maka diperoleh model ARIMA (1,0,0)(0,1,1)¹² dengan tingkat kesalahan terkecil diantara 2 model tersebut. Model ARIMA tersebut digunakan sebagai model untuk meramalkan tahun 2023. Hasil peramalan ditabelkan sebagai berikut:

Tabel 4.25. Peramalan Arima (1,0,0)(0,1,1)¹²

Bulan	Tahun				
	2019	2020	2021	2022	2023
Januari	589	693	838	1021	1259
Februari	461	541	646	778	945
Maret	479	565	676	816	994
April	454	536	640	770	935
Mei	433	511	608	730	885
Juni	484	574	688	831	1013
Juli	541	645	776	943	1158
Agustus	606	727	880	1076	1329
September	531	633	762	925	1133
Oktober	521	621	746	905	1108
November	487	579	693	837	1021
Desember	527	628	756	917	1123

(Hal ini sengaja dikosongkan)

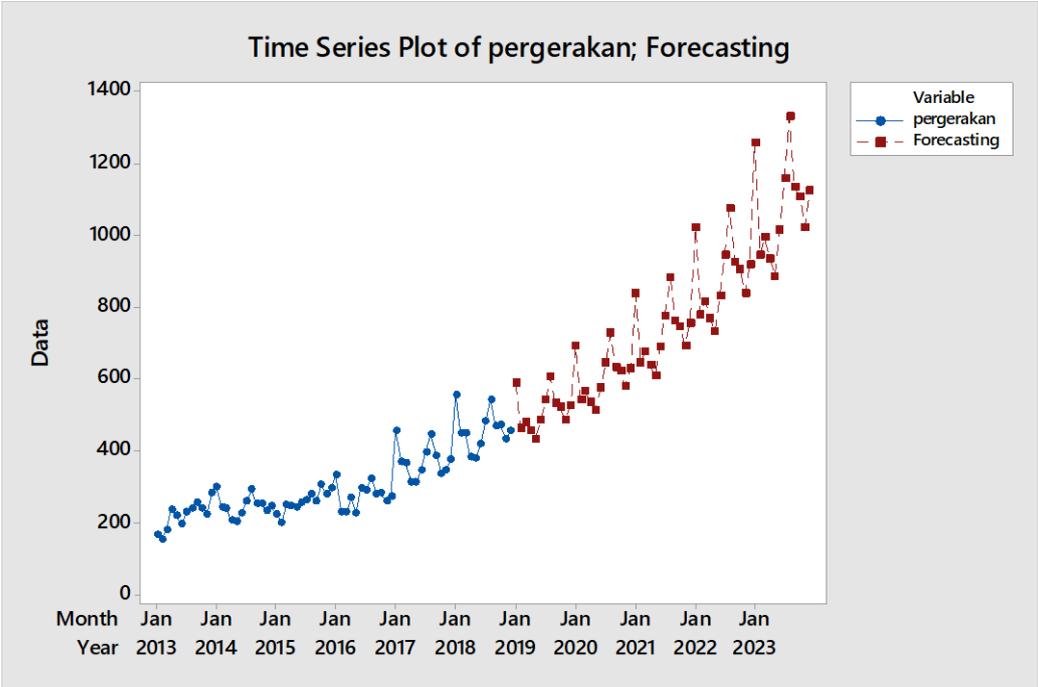
4.1.2.5. Rekapitulasi Hasil *Forecasting*

Tabel 4.26 Peramalan Pergerakan Lalu Lintas Pesawat 2013-2023

Bulan	Tahun							
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
JANUARI	165	298	222	332	456	556	589	693
FEBRUARI	154	241	201	228	369	450	461	541
MARET	179	240	248	229	367	448	479	565
APRIL	237	205	247	269	314	382	454	536
MEI	219	204	242	227	312	381	433	511
JUNI	196	225	257	297	344	420	484	574
JULI	230	259	262	288	396	483	541	645
AGUSTUS	239	291	280	324	445	543	606	727
SEPTEMBER	256	252	258	281	386	470	531	633
OKTOBER	240	253	305	282	337	472	521	621
NOVEMBER	224	232	279	258	347	433	487	579
DESEMBER	283	245	295	273	375	457	527	628

Tabel 4.27 Peramalan Pergerakan Lalu Lintas Pesawat 2013-2023

Bulan	Tahun		
	2021	2022	2023
JANUARI	838	1021	1259
FEBRUARI	646	778	945
MARET	676	816	994
APRIL	640	770	935
MEI	608	730	885
JUNI	688	831	1013
JULI	776	943	1158
AGUSTUS	880	1076	1329
SEPTEMBER	762	925	1133
OKTOBER	746	905	1108
NOVEMBER	693	837	1021
DESEMBER	756	917	1123



Gambar 4.43. Time Series of Total Forecasting

4.1.3. Perhitungan Jam Sibuk/*Peak Hour* Rencana

Setelah didapatkan jumlah pergerakan lalu lintas pesawat pada tahun rencana, kemudian dilakukan perhitungan volume jam puncak dimana merupakan jumlah pergerakan pesawat pada kondisi *peak hour*. Pergerakan lalu lintas pesawat pada jam puncak dapat diperoleh dengan cara mengkonversikan data pergerakan lalu lintas pesawat perbulan menjadi pergerakan lalu lintas pesawat pada jam puncak dengan mengalikannya dengan beberapa koefisien. Berikut ini adalah contoh perhitungan *peak hour* rencana untuk tahun 2023.

- a. *Average Monthly* (Rata-rata Pergerakan Perbulan)

$$\begin{aligned} \textit{Average Monthly} &= 0,08417 \times 12903 \\ &= 1086 \end{aligned}$$

Setelah didapatkan nilai *Average Monthly*, maka dapat dihitung jumlah pergerakan *Average Daily Passenger* (rata-rata harian)

- b. *Average Daily Passenger* (Rata-rata Pergerakan Harian)

$$\begin{aligned} \textit{Average Daily Passenger} &= 0,03226 \times 1086 \\ &= 35 \end{aligned}$$

Setelah didapatkan nilai *Average Daily Passenger*, maka dapat dihitung jumlah *Peak Daily Flow* (pergerakan maksimum harian)

- c. *Peak Daily Flow* (Pergerakan Maksimum Harian)

$$\begin{aligned} \textit{Peak Daily Flow} &= 1,26 \times 35 \\ &= 44 \end{aligned}$$

Setelah didapatkan nilai *Peak Daily Flow*, maka dapat dihitung jumlah pergerakan pada *Peak Hour Flow* (jam puncak)

d. *Peak Hour Flow* (Pergerakan Pada Jam Puncak)

$$\begin{aligned} \text{Peak Hour Flow} &= 0,0917 \times 44 \\ &= 4 \end{aligned}$$

Dengan mengulangi langkah yang sama untuk tiap total pergerakan lalu lintas pesawat setiap tahunnya, maka didapatkan pergerakan pada jam puncak dari tahun 2013-2023 untuk masing-masing tahun, berikut ini adalah rekapitulasi hasil perhitungan rencana *peak hour flow* masing-masing tahun yang ada pada Bandara Komodo :

Tabel 4.28. Hasil Perhitungan Peak Hour

Tahun	Total Pergerakan	Average Montly	Average Daily Passenger	Peak Daily Flow	Peak Hour Flow
2013	2622	221	7	9	1
2014	2945	248	8	10	1
2015	3096	261	8	11	1
2016	3288	277	9	11	1
2017	4449	374	12	15	1
2018	5493	462	15	19	2
2019	6112	514	17	21	2
2020	7253	610	20	25	2
2021	8709	733	24	30	3
2022	10549	888	29	36	3
2023	12903	1086	35	44	4

4.2. Perhitungan Kapasitas *Runway*

Perhitungan kapasitas *runway* ini dilakukan dengan melihat jumlah pergerakan pesawat pada jam sibuk pada tahun 2019, hal ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran seberapa besar kapasitas *runway* saat ini agar dapat mengoptimalkan pemakaian *runway* pada tahun 2023 dengan penambahan jumlah *exit taxiway* atau usaha yang lainnya. Pergerakan pesawat saat jam sibuk dapat dilihat pada hasil perhitungan *peak hour flow* pada tabel 4.28.

Kategori pesawat digolongkan berdasarkan kecepatan pendaratan. Untuk lebih jelasnya penggolongan pesawat berdasarkan peraturan Federal Aviation Administration (FAA) dapat dilihat pada tabel 4.29.

Tabel 4.29. Kategori Pesawat Berdasarkan Kecepatan

Kategori	Kecepatan Mendarat
A	< 90 knots
B	91 knots - 120 knots
C	121 knots - 140 knots
D	141 knots - 165 knots

(Sumber : FAA)

Tabel 4.30. Runway Occupancy Time Tiap Tipe Pesawat

Tipe Pesawat	ROT
Boeing 727 all series (B722, B72F)	65
Boeing 737 all series (B732, B733, B734, B735, B738, B739)	65
Boeing 747 all series (B743, B744, B74F)	75
Boeing 767 all series (B763)	70
Boeing 777 all series (B722, B773)	75
McDonnell Douglas MD 80 series (MD80, MD82)	70
McDonnell Douglas MD 90 series (MD90, MD93)	70
McDonnell Douglas MD 11 (MD11)	70
Airbus A300 - 600 (A306)	65
Airbus A310 family (A310)	65
Airbus A320 family (A319, A320)	65
Airbus A330 family (A330, A332, A333)	75
Airbus A340-500 (A345)	75
British Aerospace 146 (BA46)	55
Fokker 100 (F100)	60
Bombardier CRJ-1000	70
ATR-72	55

(Sumber : Fachri 2017)

Berdasarkan tabel kategori pesawat dan tabel *runway occupancy time*, didapatkan detail frekuensi pesawat yang beroperasi saat *peak hour* pada tabel 4.31.

Tabel 4.31. Detail Jenis Pesawat yang Beroperasi saat Peak Hour

Jenis Pesawat	Frek.	Approach Speed (knot)	ROT	Kategori Pesawat
B 737-800	0	141	65	D
Airbus A30	2	135	65	C
CJR-1000	1		70	
ATR 72	3	105	55	B

Jadwal penerbangan pada tanggal 1 Mei 2019 Pukul 15.00-16.00 dapat dilihat pada tabel 4.32 dan tabel 4.33.

Tabel 4.32. Data Keberangkatan Penerbangan Pada Peak Hour Bandara Komodo

No.	Airlines	Equipment	Tujuan	Keberangkatan	Kategori Pesawat
1	Garuda	CJR-1000	Jakarta	15.20	
2	Wings Air	ATR 72	Maumere	15.30	B
3	Citilink	A320	Jakarta	15.50	C

(Sumber : flightradar24.com diakses pada 1 Mei 2019)

Tabel 4.33. Data Kedatangan Penerbangan Pada Peak Hour Bandara Komodo

No.	Airlines	Equipment	Asal	Kedatangan	Kategori Pesawat
1	Wings Air	ATR 72	Lombok	15.10	B
2	Wings Air	ATR 72	Denpasar	15.15	B
3	Citilink	A320	Jakarta	15.20	C

(Sumber : flightradar24.com diakses pada tanggal 1 Mei)

Untuk konfigurasi *runway* yang paling sederhana yaitu *single runway configuration* diperkirakan kapasitas satu jam dari satu landasan dalam kondisi *Visual Flight Rules* (VFR) berada di suatu tempat antara 50-100 operasi per jam, sementara dalam kondisi *Instrument Flight Rules* (IFR) kapasitas ini dikurangi menjadi 50-70 operasi per jam, tergantung pada komposisi campuran pesawat terbang dan alat bantu navigasi yang tersedia. (Horonjeff, Mckelvey, Sproule, & Young, n.d.)

Jadi menurut seperti yang telah dijelaskan, untuk *peak hour* pada *runway* bandara Komodo hanya 3 penerbangan per jam maka tidak diperlukan analisis kapasitas *runway*.

4.3. Analisis Geometrik Fasilitas Sisi Udara Bandara Komodo

Dengan adanya peningkatan jumlah pergerakan lalu lintas pesawat pada bandara Komodo dan adanya pula penambahan pesawat rencana yang lebih besar, maka perlu dilakukannya perhitungan pengembangan fasilitas sisi udara bandara Komodo. data yang dibutuhkan adalah data spesifikasi pesawat dan kondisi geografis bandara Komodo.

4.3.1. Analisis Landasan Pacu/Runway

Menggunakan hasil dari peramalan/*forecasting* pergerakan lalu lintas pesawat pada bandara Komodo yang berlaku untuk 5 tahun kedepan diketahui bahwa tingkat pergerakan jumlah yang paling besar nantinya dijadikan sebagai acuan untuk menganalisis landasan pacu/*runway*, akan tetapi perlu diperhatikan adanya tipe pesawat tambahan yang lebih besar dari pesawat yang sudah ada pada bandara Komodo.

Untuk data pesawat yang terbesar yang direncanakan yaitu menggunakan pesawat dengan model Boeing 737-800. Spesifikasi

dari pesawat inilah yang digunakan sebagai data awal untuk menganalisa landasan pacu yang dibutuhkan. Kemudian data selanjutnya yang dibutuhkan adalah data geografis bandara Komodo khususnya pada lokasi landasan pacu.

4.3.1.1. Analisis Panjang Landasan Pacu/Runway

Tabel 4.34. Karakteristik Pesawat Udara

JENIS PESAWAT	REF CODE	KARAKTERISTIK PESAWAT UDARA					
		ARFL (m)	Lebar sayap (m)	OMGWS (m)	Panjang (m)	MTOW (kg)	TP (Kpa)
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
Bombardier CRJ 1000 NextGen	4C	1996	26.2	-	39.1	40824	1060
Bombardier CRJ 1000 NextGen EL	4C	1882	26.2	-	39.1	38995	1060

(Sumber : Kementerian Perhubungan & direktorat jenderal perhubungan udara, 2015)

Dengan mengacu pada KP 39 tahun 2015 dapat dilihat bahwa dibutuhkan panjang runway sepanjang 2256 meter agar semua pesawat yang pernah mendarat pada bandara Komodo dapat ditampung seluruhnya.

Setelah didapatkan data panjang landasan pacu yang dibutuhkan selanjutnya dilakukan koreksi panjang landasan pacu akibat pengaruh kondisi lingkungan dengan menggunakan data geografis dari lokasi terkait, data yang dibutuhkan antara lain :

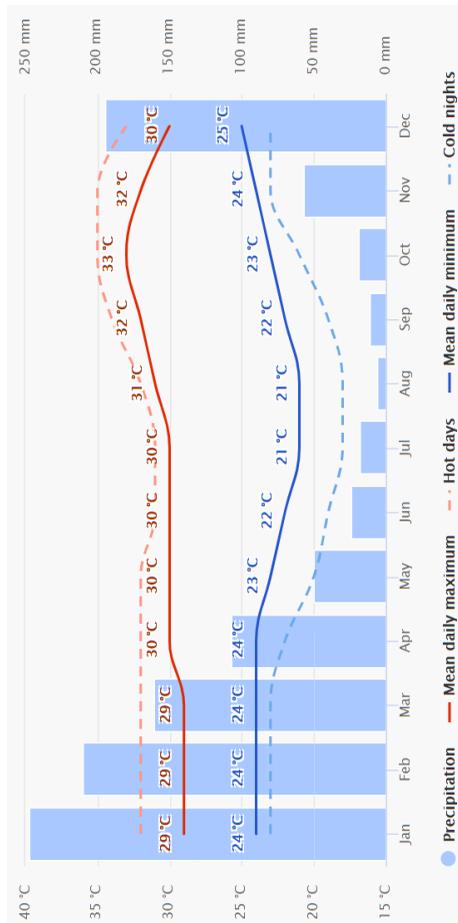
1. Ketinggian lokasi landasan pacu yang didapatkan dari sumber data bandara yang di keluarkan oleh Direktorat Jenderal Perhubungan Udara
2. Temperatur udara lokasi landasan pacu yang di dapatkan dari sumber *www.meteoblue.com*
3. Kemiringan landasan pacu atau gradient efektif yang didapatkan dari *software* Google Earth.

Setelah didapatkan data yang diperlukan tersebut, maka didapatkan data sebagai berikut :

- | | |
|-------------------------------------|--------------|
| 1. Aerodrome Reference Field Length | : 2256 m |
| 2. Elevasi Bandara Komodo | : 69,20 mdpl |
| 3. Temperatur Udara | : 33°C |
| 4. Gradient Efektif | : 0,0053% |

Perhitungan Angka Koreksi :

a. Koreksi panjang *runway* terhadap temperatur suhu



Gambar 4.44. Data Suhu Tiap Bulan

(Sumber : www.meteoblue.com)

Dari gambar diatas didapatkan :

- T_a : 33°C
- T_m : 29°C

Perhitungan *airport reference temperature* :

$$T = T_a + \frac{T_m - T_a}{3}$$

$$T = 33 + \frac{33 - 29}{3}$$

$$T = 31,67^{\circ}\text{C}$$

Setelah didapatkan nilai T, maka dilakukan perhitungan koreksi panjang landasan pacu terhadap pengaruh suhu sebesar T dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} F_t &= 1 + 0,01[T - (15 - 0,0065 h)] \\ &= 1 + 0,01[31,67 - (15 - 0,0065 \times 69,2)] \\ &= 1,1711 \end{aligned}$$

b. Koreksi panjang *runway* terhadap ketinggian

Dengan data yang didapatkan dari Direktorat Jenderal Perhubungan Udara diketahui bahwa bandara komodo berada pada ketinggian 69,20 mdpl. Maka dari itu dapat langsung dilakukan koreksi panjang *runway* terhadap ketinggian dengan menggunakan persamaan berikut :

$$F_e = 1 + 0,07 \frac{h}{300}$$

$$= 1 + 0,07 \frac{69,20}{300}$$

$$= 1,0161$$

- c. Koreksi panjang *runway* terhadap kemiringan gradient efektif

Koreksi kemiringan ini dibutuhkan apabila gradient efektif bernilai lebih besar dari 0%, dan apabila dibutuhkan koreksi maka koreksi tersebut dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$F_s = 1 + 0,1 s$$

Dimana s : kemiringan

Untuk dapat mengetahui kemiringan *runway* berturut-turut dibutuhkan *software* Google Earth untuk dapat menunjukkan profil ketinggian dari *runway* bandara Komodo. Cara agar mendapatkan ketinggian tiap segmen yaitu dengan cara menggerakkan kursor pada segmen yang diinginkan sesuai dengan apa yang telah ditentukan.



Gambar 4.45. Profil Ketinggian Runway Bandara Komodo

(Sumber : google, n.d.)

Berikut ini adalah rekapitulasi dari ketinggian tiap segmen dan kemiringan yang telah dihitung dengan ketinggian masing-masing segmen dikurangi dengan ketinggian minimum dan dikalikan dengan seratus persen :

Tabel 4.35. Ketinggian dan Kemiringan Tiap STA Bandara Komodo

STA (m)	Ketinggian (m)	Kemiringan (%)
STA + 0	61	-0,1
STA + 225	61	0,1
STA + 450	65	2,4
STA + 675	69	0,6
STA + 900	69	-0,2
STA + 1125	71	0,0
STA + 1350	72	2,3
STA + 1575	73	0,0
STA + 1800	72	-1,9
STA + 2025	66	0,0
STA + 2250	70	4,2

Dengan menggunakan data yang telah didapatkan, maka dilakukan penghitungan gradient efektif dari landasan pacu bandara Komodo, berikut ini adalah perhitungan untuk mendapatkan nilai gradient efektif :

$$S = \frac{73-61}{2250}$$

$$= 0,0053\%$$

Jadi dengan didapatnya nilai gradient efektif sebesar 0,0053% yang lebih besar dari pada 0%, maka diperlukan perhitungan koreksi panjang *runway* terhadap gradient efektif. Berikut ini adalah perhitungannya :

$$F_s = 1 + 0,1 \times 0,0053$$

$$= 1,00053$$

Setelah semua koefisien koreksi didapatkan, maka dilakukan perhitungan total panjang landasan pacu akibat adanya faktor koreksi dengan perhitungan berikut :

$$\begin{aligned} \text{ARFL} &= \frac{Lr_0}{F_e \times F_t \times F_s} \\ Lr_0 &= 2256 \times 1,1711 \times 1,0161 \times 1,00053 \\ &= 2685,96 \text{ meter} \\ &= 2700 \text{ meter} \end{aligned}$$

4.3.1.2. Analisis Lebar *Runway*

Lebar dari sebuah *runway* harus tidak kurang dari yang telah ditentukan dalam Tabel

Tabel 4.36. Lebar Minimum *Runway*

Code Number	Code Letter					
	A	B	C	D	E	F
1a	18 m	18 m	23 m	-	-	-
2	23 m	23 m	30 m	-	-	-
3	30 m	30 m	30 m	45 m	-	-
4	-	-	45 m	45 m	45 m	60 m

(Sumber : Kementerian Perhubungan & direktorat jenderal perhubungan udara, 2015)

4.3.1.3. *Runway Turn Pad*

Untuk memfasilitasi pesawat udara masuk ke daerah *turn pad runway*, sudut perpotongan dari *turn pad* dan *runway* tidak boleh lebih dari 30°. Lebar keseluruhan *turn pad* dan *runway* harus

sedemikian rupa sehingga sudut roda depan pengendali pesawat udara yang akan berputar di *turn pad* tidak akan melebihi 45° .

Tabel 4.37. Clearance Minimum Antara Outer Main Gear Wheels dan Sisi dari Turn Pad pada Runway

Code Letter	Minimum Clearance
A	1,5 m
B	2,25 m
C	4,5 m
D, E or F	4,5 m

(Sumber : Kementrian Perhubungan & direktorat jenderal perhubungan udara, 2015)

4.3.1.4. Kemiringan Melintang *Runway*

Kemiringan melintang harus memadai untuk mencegah genangan air.

Tabel 4.38. Kemiringan Melintang Runway

	Code Letter	
	A atau B	C, D, E atau F
Kemiringan (<i>slope</i>) maksimum	2,50%	2,00%
Kemiringan (<i>slope</i>) yang lebih disukai	2,00%	1,50%
Kemiringan (<i>slope</i>) minimum	1,50%	1,00%

(Sumber : KP 39 Tahun 2015)(Perhubungan et al., 2015)

4.3.1.5. Bahu *Runway*

Mengacu pada KP 39 Tahun 2015 6.2.12.3. Jika sebuah *runway* memiliki lebar 30m dan digunakan untuk pesawat udara bertempat duduk penumpang 100 orang atau lebih, bahu harus disediakan dan jumlah lebar *runway* dan bahu tersebut tidak boleh kurang dari 60 m.

Untuk kemiringan melintang pada bahu *runway* tidak boleh dari 2,5%.

4.3.1.6. *Runway Strip*

Runway dan *stopways* yang berhubungan dengan *runway strip* harus terletak di tengah di dalam *runway strip*. *Graded area* dari sebuah *runway strip* harus diperpanjang sampai jauh ke ujung keluar *runway* atau *stopway* lain yang berkaitan paling sedikit 60m.

Lebar *runway strip* dapat dilihat dari tabel dibawah ini :

Tabel 4.39. Lebar *Runway Strip* yang Ditambah

Kode Referensi Aerodrome	Lebar <i>runway strip</i>
1 atau 2	90 m
3 (jika lebar <i>runway</i> 30 m)	150 m ^a
3,4 (jika lebar <i>runway</i> 45 m atau lebih)	300 m ^b
^a Apabila penyediaan lebar <i>runway strip</i> yang optimal sebesar 150 m tidak dapat dilakukan, dapat disediakan minimum lebar <i>runway strip</i> yang ditingkatkan (<i>graded</i>) sebesar 90 m pada <i>runway</i> untuk pesawat udara dengan kode 3C dan diatasnya, dengan bergantung kepada penyesuaian pendaratan minima. ^b Apabila tidak mungkin untuk menyediakan lebar <i>runway strip</i> keseluruhan, dapat disediakan lebar minimum 150 m strip yang ditingkatkan kondisinya (<i>graded</i>), dengan bergantung kepada penyesuaian pendaratan minima.	

(Sumber : KP 39 Tahun 2015)

4.3.1.7. Runway End Safety Area (RESA)

Mengacu pada KP 39 Tahun 2015 6.4.1.1. RESA harus disediakan di bagian akhir sebuah *runway strip* dengan *code number* 3 atau 4. Untuk dimensi RESA, panjang minimum RESA harus berukuran 90 m dimana *runway* terkait sesuai untuk pesawat udara dengan *Code Number* 3 atau 4. Sebuah RESA dapat memanjang dari akhir sebuah *runway strip* sampai 240 m. Untuk lebar RESA harus tidak kurang dari dua kali lebar *runway* yang berhubungan.

Kemiringan (*slope*) pada RESA untuk memanjang yang mengarah kebawah pada sebuah RESA tidak boleh lebih dari 5% dan kemiringan melintang dari sebuah RESA tidak boleh lebih dari 5% baik mengarah ke atas atau ke bawah.

4.3.1.8. Clearway

Mengacu pada KP 39 Tahun 2015 untuk dimensi *clearway* panjangnya tidak boleh lebih dari setengah dari panjang *take-off run* yang tersedia pada *runway*. Untuk lebar dari *clearway* untuk *Code Number* 4 tidak boleh kurang dari 150 m.

Kemiringan (*slope*) untuk *clearway* adalah sebesar 1,25% terhadap bidang datar.

4.3.1.9. Stopway

Dimensi panjang *stopway* harus berakhir di 60 m sebelum *runway strip* dan untuk lebarnya harus sama dengan lebar *runway*.

4.3.1.10. Analisis *Declared Distance*

Declared distance adalah jarak-jarak operasional yang diberitahukan kepada penerbang untuk tujuan *take-off*, *landing* atau pembatalan *take-off* dengan aman. Jarak ini digunakan untuk menentukan apakah *runway* cukup untuk *take-off* atau *landing* seperti yang diinginkan atau untuk menentukan beban maksimum yang diijinkan untuk *take-off* atau *landing*.

- a. *Take-off run available* (TORA)

$$\begin{aligned} \text{TORA} &= \text{Panjang } \textit{runway} \\ &= 2700 \text{ meter} \end{aligned}$$

- b. *Take-off distance available* (TODA)

Panjang keseluruhan *runway* ditambah panjang *clearway*.

$$2700 + 150 = 2850 \text{ m}$$

- c. *Accelerate-Stop Distance Available* (ASDA)

$$\begin{aligned} \text{ASDA} &= \text{TORA} + \text{SWY} \\ &= 2700 + 60 \\ &= 2760 \text{ m} \end{aligned}$$

- d. *Landing Distance Available* (LDA)

$$\text{LDA} = 2400 \text{ m}$$

4.3.1.11. Analisis Arah *Runway* dengan *Windrose*

Untuk analisis ini digunakan data angin yang berada pada stasiun ukur arah angin di kota Ruteng sekitar 137 km jarak dari lokasi Bandara Komodo dikarenakan tidak adanya stasiun pengukur arah angin yang ada pada data NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) yang datanya terlampir pada lampiran.

Untuk mendapatkan hasil dari analisis *winrose* digunakan aplikasi *WinrosePro3* yang dapat di download dengan gratis di internet dengan sistem trial selama 10 hari. Langkah-langkah pengerjaan sebagai berikut :

1. Mengambil data angin dari website seperti gambar dibawah (gambar 4.46).



Gambar 4.46 Website Penyedia Data Angin

2. Setelah mendapatkan data, data yang didapat berupa file .txt yang kemudian di convert data tersebut dalam bentuk excel (.xlsx)

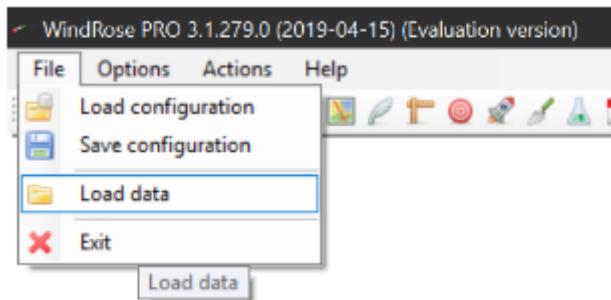
Identification						WIND					
USAF	NCDC	Date	HrMn	I	Type	QCP	Dir	Q	I	Spd	Q
972840	99999	20011108	0000	4	FM-12		,999	9	C	0.0	1
972840	99999	20050219	0600	4	FM-12		,999	9	C	0.0	1
972840	99999	20050219	0900	4	FM-12		,210	1	N	2.6	1
972840	99999	20050220	0000	4	FM-12		,999	9	C	0.0	1
972840	99999	20050220	0300	4	FM-12		,360	1	N	2.6	1
972840	99999	20050220	0900	4	FM-12		,060	1	N	2.6	1
972840	99999	20050220	1200	4	FM-12		,999	9	C	0.0	1
972840	99999	20050221	0600	4	FM-12		,090	1	N	2.6	1
972840	99999	20050221	0900	4	FM-12		,999	9	C	0.0	1
972840	99999	20050221	1200	4	FM-12		,999	9	C	0.0	1
972840	99999	20050222	0000	4	FM-12		,999	9	C	0.0	1
972840	99999	20050222	0600	4	FM-12		,270	1	N	3.1	1
972840	99999	20050223	0000	4	FM-12		,999	9	C	0.0	1
972840	99999	20050223	0300	4	FM-12		,300	1	N	2.6	1
972840	99999	20050223	1200	4	FM-12		,999	9	C	0.0	1
972840	99999	20050224	0000	4	FM-12		,999	9	C	0.0	1
972840	99999	20050224	0300	4	FM-12		,360	1	N	2.6	1
972840	99999	20050224	0600	4	FM-12		,310	1	N	4.1	1
972840	99999	20050224	0900	4	FM-12		,999	9	C	0.0	1
972840	99999	20050224	1200	4	FM-12		,999	9	C	0.0	1
972840	99999	20050225	0000	4	FM-12		,999	9	C	0.0	1
972840	99999	20050225	0600	4	FM-12		,330	1	N	2.6	1
972840	99999	20050225	0900	4	FM-12		,999	9	C	0.0	1
972840	99999	20050226	0000	4	FM-12		,999	9	C	0.0	1
972840	99999	20050226	0300	4	FM-12		,360	1	N	2.6	1

Gambar 4.47. Data Angin Ruteng .txt

972840	11099	20011108	0	4 FM-12,		210	9	00.00
972840	11099	20050219	600	4 FM-12,		210	9	00.00
972840	11099	20050219	900	4 FM-12,		210	1	02.06
972840	11099	20050220	0	4 FM-12,		360	9	00.00
972840	11099	20050220	300	4 FM-12,		360	1	02.06
972840	11099	20050220	900	4 FM-12,		60	1	02.06
972840	11099	20050220	1200	4 FM-12,		90	9	00.00
972840	11099	20050221	600	4 FM-12,		90	1	02.06
972840	11099	20050221	900	4 FM-12,		270	9	00.00
972840	11099	20050221	1200	4 FM-12,		270	9	00.00
972840	11099	20050222	0	4 FM-12,		270	9	00.00
972840	11099	20050222	600	4 FM-12,		270	1	03.01
972840	11099	20050223	0	4 FM-12,		300	9	00.00
972840	11099	20050223	300	4 FM-12,		300	1	02.06
972840	11099	20050223	1200	4 FM-12,		360	9	00.00
972840	11099	20050224	0	4 FM-12,		360	9	00.00
972840	11099	20050224	300	4 FM-12,		360	1	02.06
972840	11099	20050224	600	4 FM-12,		310	1	04.01
972840	11099	20050224	900	4 FM-12,		330	9	00.00
972840	11099	20050224	1200	4 FM-12,		330	9	00.00
972840	11099	20050225	0	4 FM-12,		330	9	00.00

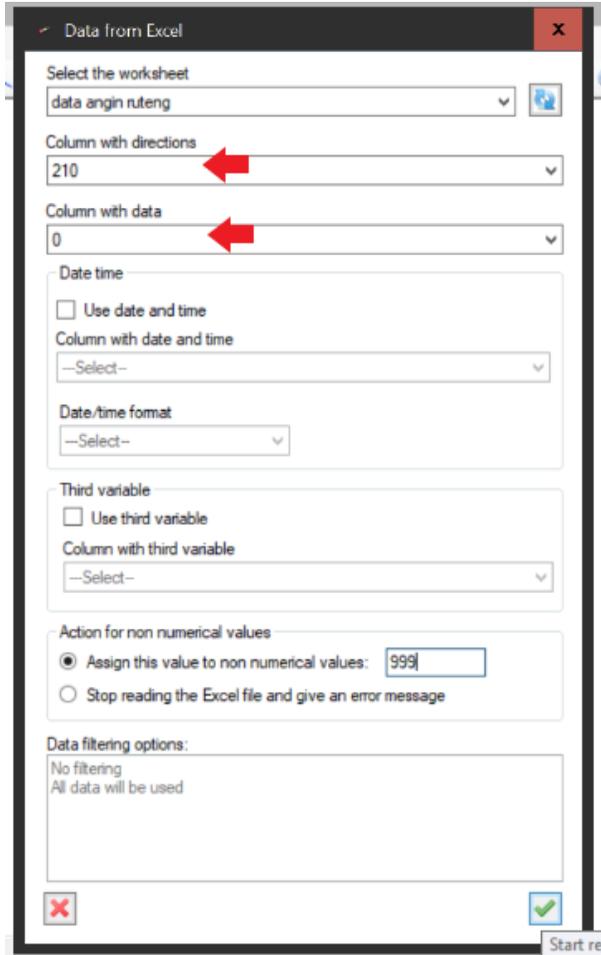
Gambar 4.48. Data Angin Ruteng .xlsx

3. Setelah didapatkan data tersebut dalam bentuk .xlsx kemudian buka aplikasi WindrosePro3 untuk dilakukan *running* arah windrose. Untuk langkahnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini.
 - a) Klik Load data seperti yang terlihat pada gambar



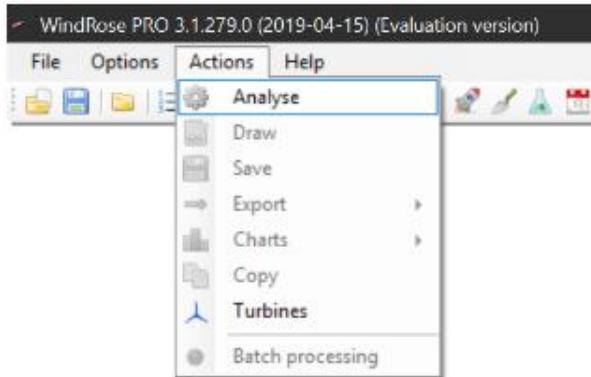
Gambar 4.49. WindrosePro3

- b) Kemudian pilih file data angin yang telah di konversi ke excel, kemudian klik ok.
- c) Untuk kemudian untuk panah berwarna merah pada gambar diisikan dengan kolom yang berisi dengan arah angin dan kecepatan angin



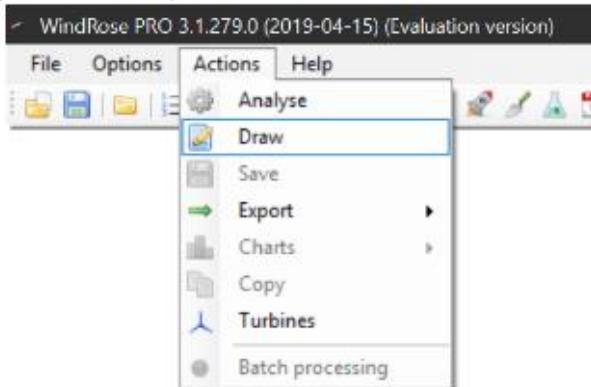
Gambar 4.50. WindrosePro3

- d) Kemudian klik ok, dan akan keluar pada layar utama dari software tsb. Kemudian klik pada action dan pilih analyse seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini.



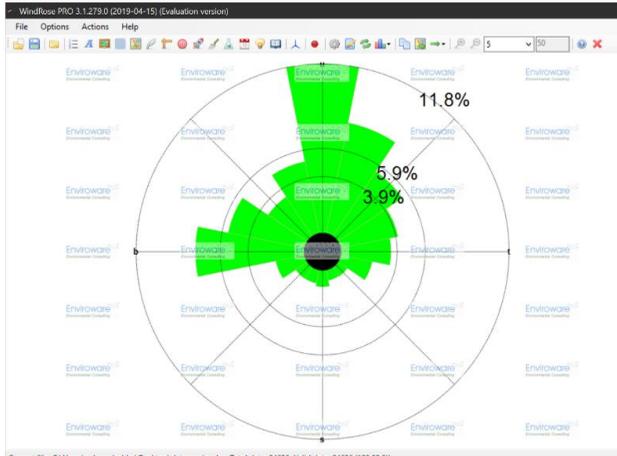
Gambar 4.51. WindrosePro3

- e) Setelah itu klik lagi pada action dan pilih draw seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.52. WindrosePro3

- f) Setelah itu dapat dilihat hasil yang seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.53. WindrosePro3

Dari hasil yang ditunjukkan oleh software WindrosePro3 dapat disimpulkan bahwa angin dominan berasal dari arah Utara dan dapat disimpulkan pula bahwa runway memiliki arah Utara.

Berikut ini adalah hasil perhitungan utilitas dari runway tersebut. Diketahui bahwa utilisasi sebesar $99\% > 95\%$ maka tidak diperlukan tambahan runway dengan arah yang berbeda.

Tabel 4.40. Hasil Perhitungan Utilisasi Runway Bandara Komodo Pada Setiap Arah

Runway orientation (degree)	Wind coverage (%)
0	99,94315413
10	99,93909371
20	99,94315413
30	99,94315413
40	99,95939581
50	99,94315413
60	99,94315413
70	99,94315413
80	99,95127497
90	99,92691246
100	99,9350333
110	99,93097288
120	99,93097288
130	99,92691246
140	99,93097288
150	99,92691246
160	99,92691246
170	99,93097288
180	99,94315413
190	99,93909371
200	99,94315413
210	99,94315413
220	99,95939581
230	99,94315413
240	99,94315413
250	99,94315413
260	99,95127497
270	99,92691246
280	99,9350333
290	99,93097288
300	99,93097288
310	99,92691246
320	99,93097288
330	99,92691246
340	99,92691246
350	99,93097288

4.3.2. Analisis Landasan Hubung/*Taxiway*

Perencanaan landasan hubung/*taxiway* harus mampu melayani berbagai macam pesawat, terutama pesawat berbadan lebar seperti pesawat dengan tipe Airbus. Dalam merencanakan landasan pacu/*taxiway* perlu diperhatikan beberapa hal terkait dimensi dari elemen *taxiway* yang dibutuhkan, diantaranya peraturan yang dipakai dalam perencanaan ini adalah KP 39 Tahun 2015. Dalam perencanaan landasan hubung ini menggunakan pesawat rencana Boeing 737 seri 800 yang memiliki kode referensi 4C.

4.3.2.1. Analisis Lebar Landasan Pacu/*Taxiway*

Lebar dari bagian yang lurus dari sebuah *taxiway* tidak boleh kurang dari lebar yang telah ditentukan.

Tabel 4.41. Lebar Minimum pada Bagian Lurus *Taxiway*

Code Letter	Lebar <i>Taxiway</i> Minimum (Bagian Lurus)
A	7,5 m
B	10,5 m
C	18 m
D	23 m
E	23 m
F	25 m

(Sumber : KP 39 Tahun 2015)

4.3.2.2. Jarak Bebas (*Clearance*) Tepian *Taxiway*

Lebar setiap bagian dari *taxiway* harus sedemikian rupa sehingga roda depan pesawat udara tetap berada di dalam *taxiway*.

Clearance diantara roda utama terluar dan tepi *taxiway*, di suatu titik tidak boleh kurang dari jarak yang telah ditentukan.

Tabel 4.42. Clearance Minimum Diantara Roda Utama Terluar Dari Pesawat Udara dan Tepian Taxiway

Code Letter	Clearance Minimum
A	1,5 m
B	2,25 m
C	4,5 m
D, E dan F	4,5 m

(Sumber : KP 39 Tahun 2015)

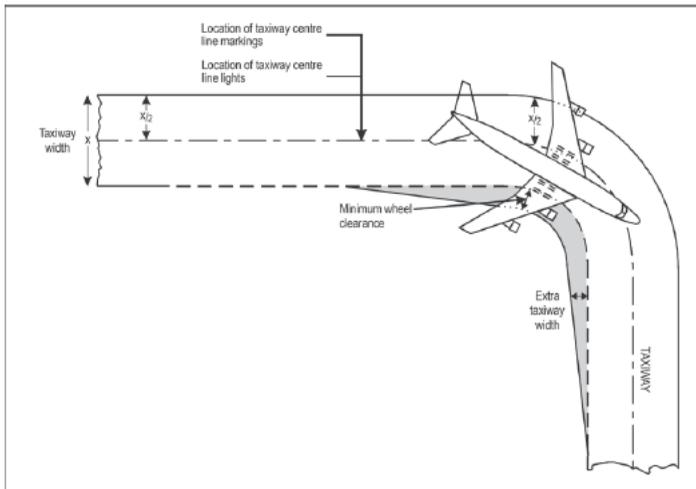
4.3.2.3. Taxiway Curves

Setiap perubahan arah dari *taxiway* harus dapat dibentuk dari sebuah kurva dengan radius minimum, yang ditentukan oleh desain kecepatan *taxiway*, tidak boleh kurang dari yang telah ditentukan.

Tabel 4.43. Radius untuk Kurva Taxiway

Desain Kecepatan <i>Taxiway</i>	Radius Kurva
20 km/h	24 m
30 km/h	54 m
40 km/h	96 m
50 km/h	150 m
60 km/h	216 m
70 km/h	294 m
80 km/h	384 m
90 km/h	486 m
100 km/h	600 m

(Sumber : KP 39 Tahun 2015)



Gambar 4.54. Kurva Taxiway

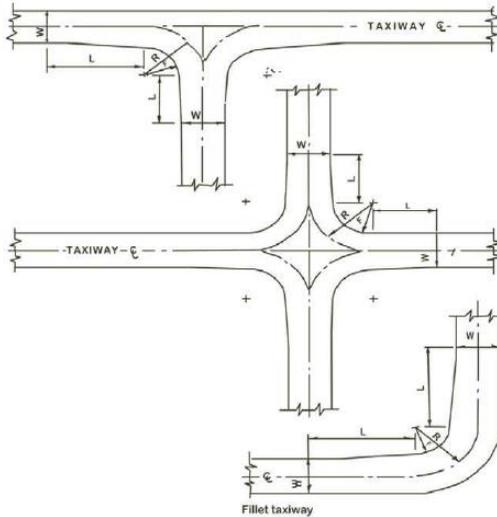
(Sumber : KP 39 Tahun 2015)

Untuk memfasilitasi pergerakan pesawat udara, *fillet* harus disediakan pada persimpangan dan sambungan antara *taxiway* dengan *runway*, *apron* dengan *taxiway* lainnya. Desain dari *fillet* harus dapat menjamin *clearance* roda minimum tetap terjaga saat pesawat udara melakukan manuver melewati persimpangan atau persambungan antar simpangan. Dimensi dari desain *fillet* didasarkan pada kode referensi pesawat udara dibawah ini.

Tabel 4.44. Dimensi Fillet Taxiway

Code letter	Radius Taxiway (R) (m)	Panjang transisi sampai ke fillet (L) (m)	Radius Fillet untuk menilai pelebaran oversteer simetris (F) (m)	Radius Fillet untuk menilai pelebaran oversteer satu sisi (F) (m)	Radius Fillet untuk melacak garis tengah (F) (m)
A	22,5	15	18,75	18,75	18
B	22,5	15	17,75	17,75	16,5
C	30	45	20,4	18	16,5
D	45	75	31,5 – 33	29 – 30	25
E	45	75	31,5 – 33	29 – 30	25
F	45	75	31,5 – 33	29 – 30	25

(Sumber : KP 39 Tahun 2015)



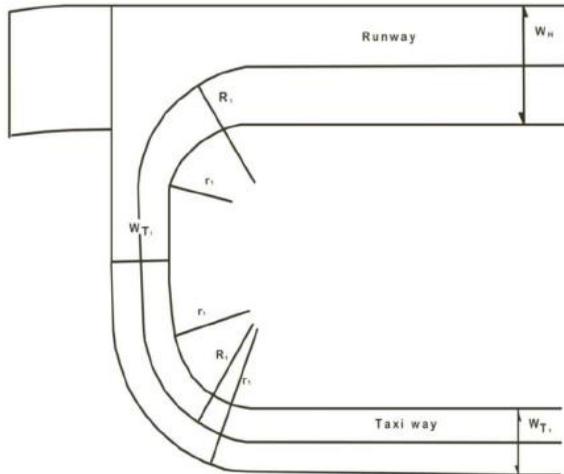
Gambar 4.55. Fillet Taxiway

(Sumber : KP 39 Tahun 2015)

Tabel 4.45. Radius Fillet

Code Letter	Lebar Runway (W_r) (m)	Lebar Taxiway Parallel (W_{T2}) (m)	Lebar Taxiway ke dalam dan keluar (W_{T1}) (m)	R_1 (m)	R_2 (m)	R_0 (m)	R_1 (m)	R_2 (m)
A	18	15	30	30	30	39	25	25
B	23	18	26.5	41.5	30	41.5	25	30
C	30	23	26.5	41.5	41.5	53	25	35
D	45	30	26.5	30	60	71.5	35	55
E	45	30	23	60	60	71.5	35	55
F	60	45	18	60	60	75	45	50

(Sumber : KP 39 Tahun 2015)



Gambar 4.56. Radius Fillet

(Sumber : KP 39 Tahun 2015)

4.3.2.4. Kemiringan Melintang *Taxiway*

1. Kemiringan memanjang sepanjang bagian *taxiway* manapun tidak boleh lebih dari 1,5% untuk pesawat dengan huruf kode referensi C, D, E atau F.
2. Apabila perubahan kemiringan tidak dapat dihindari, maka transisi dari satu kemiringan memanjang ke kemiringan memanjang lainnya harus dicapai melalui lengkung vertikal dengan tingkat perubahan tidak lebih dari 1,0% per 30 m (radius minimum kurvatur 3000 m) untuk pesawat dengan huruf kode referensi C, D, E atau F.

4.3.2.5. Kemiringan Melintang *Taxiway*

Kemiringan melintang pada bagian *taxiway* manapun harus memadai untuk mencegah genangan air dan tidak boleh kurang dari 1,0% dan tidak lebih dari 1,5% untuk huruf kode *taxiway* C, D, E atau F.

4.3.2.6. Jarak Pandang *Taxiway*

Jarak pandang yang tidak terhalangi sepanjang permukaan *taxiway*, dari titik diatas *taxiway*, tidak boleh kurang dari jarak yang telah ditentukan.

Tabel 4.46. Standart untuk Garis Penglihatan *Taxiway*

Code Letter	Jarak Pandang Minimum
A	150 m dari 1,5 m diatas <i>taxiway</i>
B	200 m dari 2 m diatas <i>taxiway</i>
C, D, E atau F	300 m dari 3 m diatas <i>taxiway</i>

(Sumber : KP 39 Tahun 2015)

4.3.2.7. Bahu *Taxiway*

Bahu *taxiway* harus disediakan untuk *taxiway* kode huruf C, D, E atau F. Untuk lebar keseluruhan *taxiway* dan bahu-bahunya pada bagian yang lurus tidak boleh kurang dari 35 m untuk *Code Letter* C. Pada kurva *taxiway* dan pada persimpangan atau perpotongan *taxiway* dimana terdapat peningkatan perkerasan, maka lebar bahu tidak boleh kurang dari lebar bahu bagian lurus *taxiway*.

4.3.2.8. Strip Taxiway

Taxiway harus ditempatkan di sebuah *taxiway strip*, yang mana sisi dalamnya adalah *graded area*.

1. Lebar *strip taxiway* disepanjang *taxiway* pada masing-masing sisi garis tengah *taxiway* tidak boleh kurang dari 26 m untuk *Code Letter C*.
2. Lebar *graded area* pada suatu *taxiway strip* di setiap sisi dari garis tengah *taxiway* tidak boleh kurang dari 12,5 m untuk *Code Letter C*.

4.3.2.9. Jarak Pemisah Minimum *Taxiway*

Jarak pemisah antara garis tengah *taxiway* meliputi *apron taxiway* dan struktur bangunan, kendaraan, dinding, tanaman, peralatan, pesawat yang parkir atau jalan tidak boleh kurang dari jarak yang ditentukan.

Tabel 4.47. Jarak Pemisah Minimum Taxiway

Garis tengah <i>precision approach runway</i>	Code letter					
Runway code number	A	B	C	D	E	F
1	82,5 m	87 m	93 m	-	-	-
2	82,5 m	87 m	93 m	-	-	-
3	157,5 m	162 m	168 m	176 m	-	-
4	-	-	168 m	176 m	182,5 m	190 m
Garis tengah <i>non-precision approach runway</i>	Code letter					
Runway code number	A	B	C	D	E	F
1	52,5 m	57 m	63 m	-	-	-
2	52,5 m	57 m	63 m	-	-	-
3	82,5 m	87 m	93 m	176 m	-	-
4	-	-	93 m	176 m	182,5 m	190 m
Garis tengah <i>non-instrument runway</i>	Code letter					
Runway code number	A	B	C	D	E	F
1	37,5 m	42 m	48 m	-	-	-
2	47,5 m	52 m	58 m	-	-	-
3	52,5 m	57 m	63 m	101 m	-	-
4	-	-	93 m	101 m	107,5 m	115 m
Garis tengah <i>taxiway</i>	Code letter					
	A	B	C	D	E	F
	23,75 m	33,5 m	44 m	66,5 m	80 m	97,5 m
Taxiway, selain aircraft stand taxilane, centre line ke objek	Code letter					
	A	B	C	D	E	F
	16,25 m	21,5 m	26 m	40,5 m	47,5 m	57,5 m

(Sumber : KP 39 Tahun 2015)

4.3.2.10. Exit Taxiway

- a. Perencanaan Desain *Exit Taxiway*

Exit Taxiway dibagi menjadi 2 macam berdasarkan sudutnya yaitu :

- a) *Exit taxiway* menyudut siku-siku (90°)
- b) *Rapid exit taxiway* (30°)

Dan dalam menentukan *exit taxiway* yang akan dipakai, perlu diketahui kecepatan rencana dari pesawat terbang saat akan memasuki sistem landasan hubung, penentuan kecepatan rancangan tersebut dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$R = \frac{V^2}{(125 \cdot \mu)}$$

Sehingga,

$$V = 11,18 \sqrt{(Rx\mu)}$$

Dimana :

V = Kecepatan rencana pesawat terbang (km/jam)

R = Jari-jari tikungan pada sistem *Taxiway*

μ = Koefisien gesek antara ban dan struktur perkerasan (0,13)

Dikarenakan radius *taxiway* sudah diketahui yaitu sebesar 30 m (pada sub bab 4.2.2.3), maka didapatkan nilai kecepatan rencana pesawat terbang (V) sebesar:

$$\begin{aligned} V &= 11,18 \sqrt{30 \times 0,13} \\ &= 22,079 \text{ km/jam} \end{aligned}$$

Dan jika dikorelasikan terhadap peraturan KP 39 Tahun 2015 pasal 6.7.9 mengenai “*Rapid Exit Taxiway*” maka kecepatan rencana tersebut tidak termasuk dalam semua katagori, oleh karena itu akan digunakan *exit taxiway* dengan sudut 90° .

b. Perencanaan Lokasi *Exit Taxiway* Rencana

Dalam perencanaan lokasi *exit taxiway* dibutuhkan data-data pesawat meliputi : kecepatan *touchdown* (S1), kecepatan awal ketika meninggalkan landasan (S2), perlambatan dalam pengereman (a) dan dengan bersumber pada skylibrary didapat data pesawat rencana yaitu Boeing 737 – 800 dengan kode reference 4C sebagai berikut:

Tabel 4.48. Data Pesawat Boeing 737-800

Take Off		Approach	
V_2 (IAS)	145 kts	V_{app} (IAS)	140 kts
Distance	2300 m	Distance	1600 m
MTOW	70530 kg		
WTC	M		

(Sumber : Skylibrary.com)

Dan dengan melihat pada tabel 4.49 maka jarak dari *threshold* ke awal marka akan didapat sebesar :

Tabel 4.49. Jarak Threshold ke Awal Marka

Lokasi dan Dimensi	Jarak pendaratan yang tersedia			
	Kurang dari 800 meter	800 m hingga, tetapi tidak mencapai 1200 m	1200 m hingga, tetapi tidak mencapai 2400 m	2400 m atau lebih
Jarak dari <i>threshold</i> ke awal marka	150 m	250 m	300 m	400 m
Panjang garis ^a	30 – 45 m	30 – 45 m	45 – 60 m	45 – 60 m
Lebar garis	4 m	6 m	6 – 10 m ^b	6 – 10 m ^b
Jarak lateral antara sisi dalam garis-garis	6 m ^c	9 m ^c	18 – 22.5 m	18 – 22.5 m
^a Digunakan dimensi jarak yang lebih besar jika ingin membuatnya lebih jelas. ^b jarak lateral dapat beragam dalam tiga batasan untuk meminimalkan kontaminasi penumpukan/ <i>deposit</i> karet ^c Angka ini disimpulkan dalam berkaitan dengan rentang roda utama luar				

(Sumber : KP 39 Tahun 2015)

Maka didapat data-data sebagai berikut :

- - *Touchdown Speed* (S1)
= 140 knot

= 72,0222 m/s
- - *Exit Taxiway* (S2)
= 22 km/h

= 6,133 m/s
- - Jarak *Threshold* ke *Touchdown* (D1)
= 300 m

= 984,252 ft

- - Rata-rata *Deceleration* (a)
= 1,5 m/s²

Dengan menggunakan persamaan ..., maka didapat nilai D2 sebesar :

$$D2 = \frac{(72,02^2) - (6,13^2)}{2 \times 1,5}$$

$$= 1716,4345 \text{ m}$$

Dan didapatkan lokasi *exit taxiway* pada jarak :

$$D_{total} = D1 + D2$$

$$z = 300 + 1716,4345$$

$$= 2016,4345 \text{ m} = 2100 \text{ m}$$

diukur dari ujung runway.

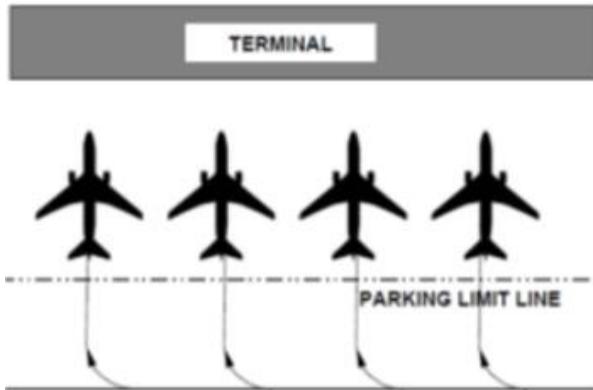
4.3.3. Analisis Tempat Parkir Pesawat/*Apron*

Pengembangan sisi udara bandara berupa landasan pacu/*runway* serta landasan hubung/*taxiway* harus disertai dengan analisis perhitungan terhadap kapasitas landasan parkir/*apron*. Landasan parkir/*apron* yang direncanakan harus mampu untuk melayani jenis pesawat yang beroperasi pada waktu yang akan datang. Jenis pesawat yang beroperasi di masa yang akan datang tersebut diketahui dari hasil peramalan/*forecasting* pergerakan lalu lintas pesawat dari tahun 2013-2023 seperti pada pembahasan pada sub bab 4.1. Dengan menggunakan persamaan dari *Asford* untuk menghitung pergerakan lalu lintas pesawat pada jam puncak/*peak hour*. Dari hasil yang didapatkan tersebut, maka selanjutnya dapat

digunakan sebagai perhitungan jumlah *gate* untuk selanjutnya dipergunakan untuk menghitung dimensi landasan parkir/*apron*.

4.3.3.1. Konfigurasi Parkir Pesawat

Konfigurasi dari parkir pesawat sangat menentukan dimensi dari landasan parkir/*apron*, dalam perencanaan pengembangan sisi udara pada bandara komoro ini direncanakan bahwa sistem parkir yang digunakan adalah sistem *Nose-In* yaitu sistem parkir pesawat tegak lurus sedekat mungkin dengan gedung terminal.



Gambar 4.57. Sistem Parkir Nose-In

4.3.3.2. Jumlah Gate

Perencanaan jumlah *gate* dipengaruhi oleh jumlah pesawat pada kondisi *peak hour* (V), waktu parkir di *gate* (T) dan utilitas (U). Berdasarkan persamaan :

$$G = (VxT)/U$$

Dimana :

G = Jumlah *gate*

V = Volume rencana untuk kedatangan atau keberangkatan

T = *Gate Occupancy Time*

U = Faktor pemakaian *gate* (0,6-0,8) bisa digunakan semua jenis penerbangan.

Untuk Data yang telah diperhitungkan dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.50. Hasil Perhitungan Jumlah Gate untuk 2023

Volume Peak Hour	GOT	U	Jumlah Gate
4	1,366667	0,8	8

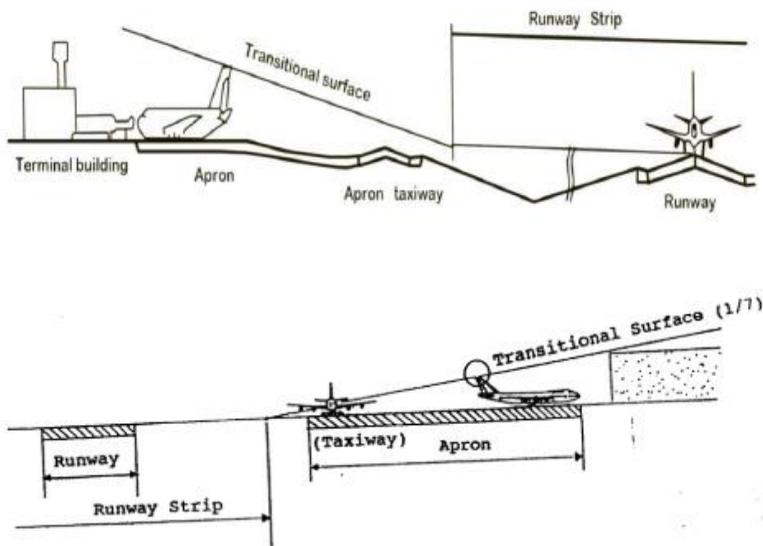
4.3.3.3. Dimensi *Apron*

Untuk menentukan dimensi *apron* digunakan peraturan KP 39 Tahun 2015.

Tabel 4.51. Dimensi Apron

Penjelasan	Kategori Pesawat udara					
	A	B	C	D	E	F
Dimensi Apron (untuk 1 pesawat)						
a. <i>Self taxiing</i> (45° taxiing)						
Panjang (m)	40	40	70	70-85	70	85
Lebar (m)	25	25	55	55-80	55-80	55-80
b. <i>Nose in</i>						
Panjang (m)	-	-	95	190	190	190
Lebar (m)	-	-	45	70	70	70

(Sumber : KP 39 Tahun 2015)



Gambar 4.58. Gambaran Vertikal Apron

(Sumber : KP 39 Tahun 2015)

Berikut ini adalah hasil perhitungan ukuran apron dari karakteristik pesawat berdasarkan tipe pesawat.

Tabel 4.52. Hasil Perhitungan Luas Apron

Tipe Pesawat	Kelas Pesawat	Kode Referensi	Jumlah Gate	Turning Area (m)	Wheel Base (m)	Wing Span (m)	Length (m)
ATR 72	C	3C	4	20	10,80	27,05	27,16
A 320	B	3C	1	24	12,50	34,10	37,60
CRJ 1000	B	4C	1	19	9,56	26,20	39,10
B 737-500	B	4C	1	21	11,07	28,90	31,00
B 737-800	B	4C	1	26	15,60	34,30	39,50
Tipe Pesawat	Lebar Taxilane (m)	Clearance (m)	Panjang Apron (m)	Lebar Apron (m)			
ATR 72	49	10	198	86			
A 320	88	10	59	136			
CRJ 1000	88	10	47	137			
B 737-500	88	10	52	129			
B 737-800	88	10	62	138			

4.3.3.4. Jarak Pemisah *Apron*

Aircraft parking position taxilane harus dipisahkan dari objek apapun dengan jarak tidak kurang dari yang telah ditentukan dengan menggunakan tabel berikut :

Tabel 4.53. Posisi Parkir Pesawat-Jarak Pemisah Minimum

Code Letter untuk pesawat udara	Dari garis tengah aircraft parking position taxilane ke objek	Dari Garis tengah apron ke Objek	Dari ujung sayap pesawat udara pada aircraft parking position ke objek
A	12,0 m	16,25 m	3,0 m
B	16,5 m	21,5 m	3,0 m
C	24,5 m	26,0 m	4,5 m
D	36,0 m	40,5 m	7,5 m
E	42,5 m	47,5 m	7,5 m
F	50,5 m	57,5 m	7,5 m
* Jarak pemisah minimum adalah 10 meter jika menggunakan parkir bebas (free moving)			

(Sumber : KP 39 Tahun 2015)

4.3.3.5. Desain Apron Ideal

Untuk desain apron ini dibuat dengan memperhitungkan luasan apron yang paling minimum.



Gambar 4.59. Desain Apron

Dari rencana desain ukuran apron didapatkan dimensi dari minimum yang telah ditetapkan dan dihitung dengan penghitungan (tabel 4.51) yang ada didapatkan 2 apron yaitu untuk pesawat tipe B dan tipe C.

1. Tipe C = $240 \times 90 = 21.600 \text{ m}^2$
2. Tipe B = $240 \times 130 = 31.200 \text{ m}^2$

$$= 52.800 \text{ m}^2$$

4.3.3.6. Desain Apron Mengikuti Eksisting

Untuk desain ini dilakukan agar tidak merubah layout yang ada dengan ukuran rencana menggunakan yang telah terhitung pada tabel 4.51.



Gambar 4.60. Desain Apron

Dari rencana desain tersebut didapatkan bahwa apron untuk pesawat tipe B dan tipe C digabung menjadi satu sehingga memiliki lebar yang lebih luas dan panjang yang lebih kecil.

$$\begin{aligned} \text{Total luas} &= 480 \times 130 \\ &= 62.400 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

4.4. Analisis Perkerasan pada Pengembangan Sisi Udara

Pengembangan fasilitas sisi udara pada bandara Komodo saat ini terdapat perpanjangan landasan pacu/*runway*, perpanjangan landasan hubung/*taxiway* dan perluasan landasan parkir/*apron*. Maka dari itu dengan adanya hal tersebut maka diperlukan pula perhitungan perkerasan untuk mendukung perubahan panjang dan dimensi tersebut. Untuk data yang

digunakan adalah data konstruksi perkerasan yang didapatkan dari Direktorat Jenderal Perhubungan Udara. Berdasarkan data yang ada maka dilakukan analisis tebal perkerasan untuk rencana 2023. Analisis perkerasan ini dilakukan dengan menggunakan metode dari FAA, yaitu dengan menggunakan kurva perencanaan perkerasan.

4.4.1. Analisis Perkerasan Landasan Pacu/Runway

Penambahan panjang landasan pacu pada bandara Komodo direnakan dikarenakan adanya peningkatan dari bandara yang saat ini hanya melayani rute domestik kemudian akan menjadi bandara yang melayani rute internasional. Dengan hal itu akan adanya peningkatan volume pergerakan lalu lintas pesawat dan penambahan jenis pesawat yang beraktifitas. Perkerasan yang direncanakan harus mampu melayani beban pesawat yang melintas dan volume pergerakan pesawat yang cukup tinggi. Untuk menghitung pergerakan perkerasan dibutuhkan data-data layaknya *California Bearing Ratio* (CBR), data pergerakan lalu lintas pesawat pada tahun rencana, serta beban pesawat rencana yang akan digunakan sebagai patokan untuk merencanakan perkerasan landasan pacu/runway.

Data eksisting untuk perkerasan yaitu dengan kode PCN 50/F/C/Y/T yang memiliki arti :

- 50 untuk kekuatan perkerasan
 - F untuk kode *flexible*/lentur
 - C untuk golongan CBR 6 (antara 4%-8%)
 - Y untuk tekanan ban maksimum 1,0 Mpa (145 psi)
 - T untuk proses analisis menggunakan teknikal analisis
-
- CBR Tanah Subgrade : 6
 - CBR Tanah Subbase : tidak diketahui

Tabel 4.54. Pergerakan Pesawat Tahun 2023

No	Jenis Pesawat	Pergerakan Pesawat	Tipe Roda
1	ATR-72	8088	Dual Wheel
2	A-320	2022	Dual Wheel
3	B-737	2150	Dual Wheel
4	CR1000	642	Dual Wheel

1. Menentukan Pesawat Rencana

Pesawat rencana didapat dengan menghitung beban roda (*Wheel Load*) tiap pesawat, beban roda pesawat terbesar nantinya dipilih sebagai pesawat rencana.

Tabel 4.55. Perhitungan Beban Roda Pesawat

No	Jenis Pesawat	W (lbs)
1	ATR-72	11938
2	A-320	38484
3	B-737	36932
4	CR1000	22326

(Sumber : KP 39 Tahun 2015)

Ditetapkan pesawat rencana dengan menentukan beban terbesar dari tiap pesawat yaitu pesawat A-320.

2. Menghitung *Annual Departure* Pesawat Campuran (R2)

Pesawat rencana yang direncanakan yaitu pesawat A-320 dengan konfigurasi roda pendaratan *Dual Wheel*, dikarenakan konfigurasi tiap pesawat sama maka tidak perlu mengkonversi dengan faktor pengali.

3. Menghitung *Equivalent Annual Departure* (R1)

Setelah semua didapatkan, maka dapat dilakukan perhitungan untuk mencari nilai R1 dari tiap pesawat dan dijumlahkan seluruh hasil dari R1 yang nantinya akan digunakan untuk menentukan tebal perkerasan dengan menggunakan grafik yang telah disediakan oleh FAA, berikut ini adalah hasil perhitungan R1 dan R1total:

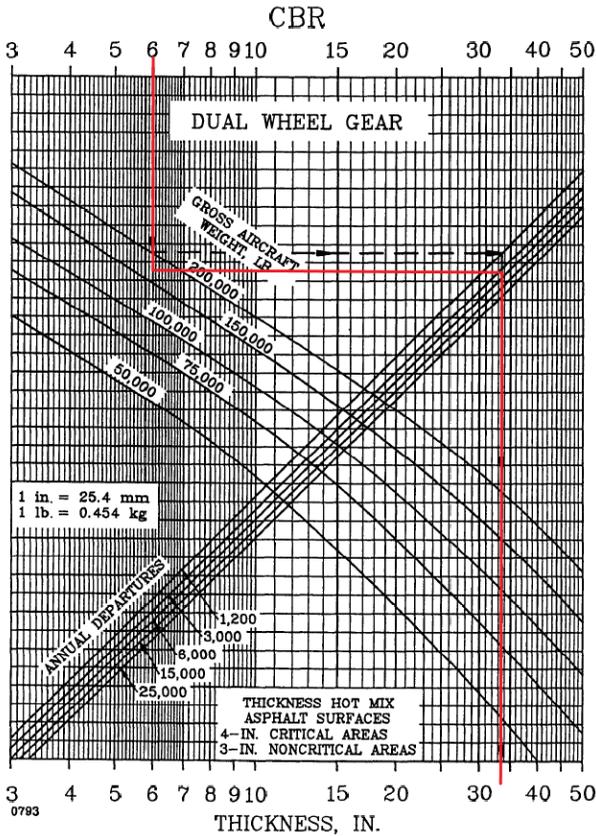
Tabel 4.56. Nilai Equivalent Annual Departure (R1)

No	Jenis Pesawat	Tipe Roda	Jumlah Roda	Mean Gear Distribution Fact	Pergerakan Pesawat	MTOW	
						kg	lbs
1	ATR-72	Dual Wheel	4	0,95	8088	22800	50265,4
2	A-320	Dual Wheel	4	0,95	2022	73500	162039,8
3	B-737	Dual Wheel	4	0,95	2150	70535	155503,1
4	CR1000	Dual Wheel	4	0,95	642	42640	94005,11

No	Gear Conv. Factor	R2	W2	W1	Log R1	R1
1	1	5790,228	11938,03	38484,44	2,17652013	150
2	1	1447,557	38484,44	38484,44	3,3057994	2022
3	1	1539,465	36931,98	38484,44	3,26462437	1839
4	1	459,5419	22326,21	38484,44	2,13837059	138
					Total R1	4149

4. Menentukan Tebal Perkerasan Total *Flexible Pavement*

Setelah didapat nilai MTOW pesawat rencana, R1total dan nilai CBR, maka digunakan Gambar 4.61.

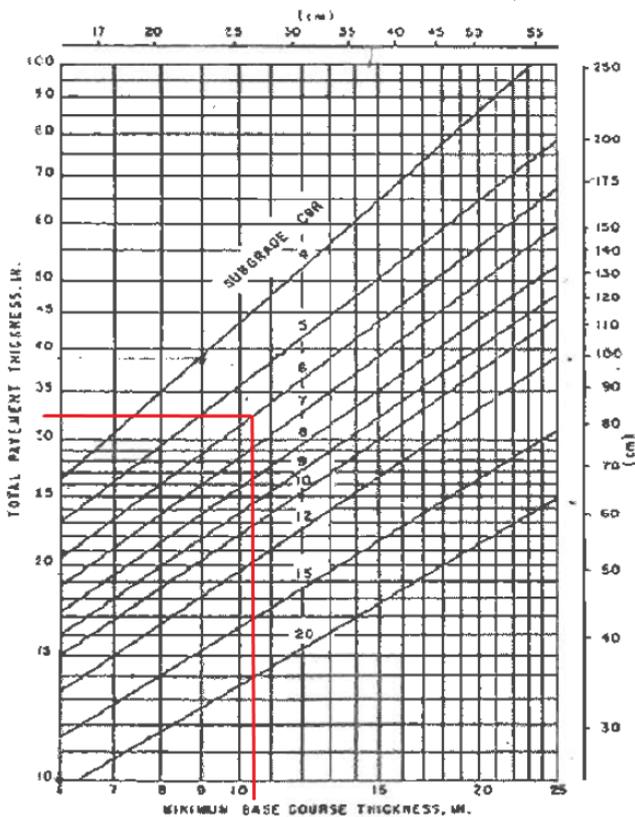


Gambar 4.61. Desain Kurva Flexible Pavement untuk Dual Wheel

Maka, didapatkan tebal total perkerasan untuk *flexible pavement* sebesar 33,5 inch.

5. Menentukan Tebal *Subbase Flexible Pavement*

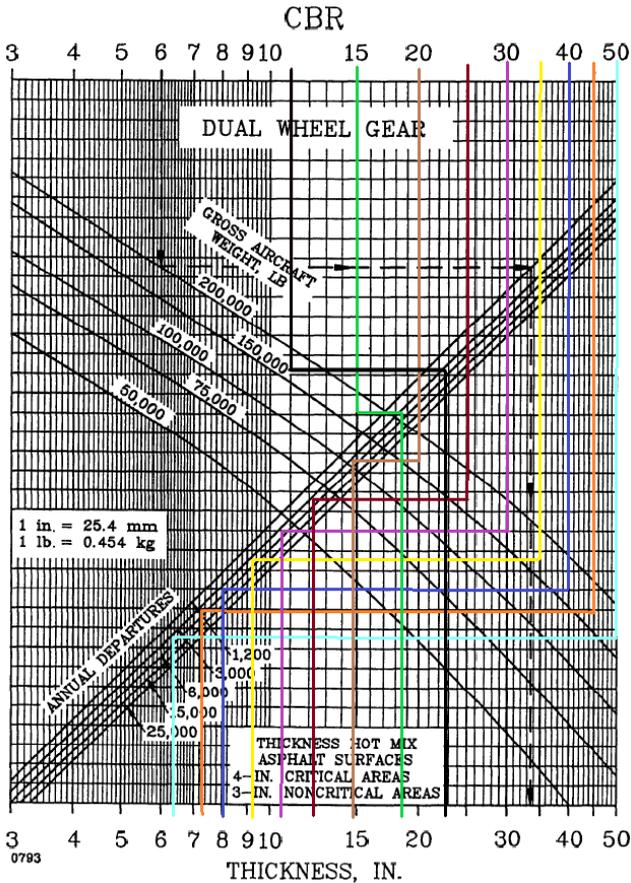
Dikarenakan kurangnya data CBR pada subbase, maka digunakan Gambar 4.62 untuk mencari tebal minimum lapisan base course dengan data total tebal.



Gambar 4.62. Kebutuhan Tebal Minimum Lapisan Base Course

Maka, berdasarkan tebal base course minimum sebesar 10,5 inch, maka tebal subbase yaitu $33,5 - 10,5 - 4 = 19$ inch

Dengan diketahuinya tebal subbase dengan base minimum, maka dapat dicari CBR subbase minimum sesuai dengan gambar 4.63.



Gambar 4.63. CBR Minimum Subbase

Dapat diketahui bahwa CBR minimum dengan ketebalan 19 in yaitu 15%. (garis hijau)

6. Menentukan Tebal *Surface*

Tebal *surface* dibagi menjadi 2 yaitu :

- Daerah Kritis = 4 inch
- Daerah Non Kritis = 3 inch

7. Rekapitulasi Tebal Perkerasan Lentur

Tabel 4.57. Tebal Perkerasan Lentur untuk Runway Tahun 2023
CBR subgrade 6% subbase 15%

Lapisan	Area Kritis		Area Tak Kritis		Area Pinggir	
	inch	cm	inch	cm	inch	cm
Surface Course	4,00	10,16	3,00	7,62	2,00	5,08
Base Course	10,50	26,67	9,45	24,00	7,35	18,67
Subbase Course	19,00	48,26	17,10	43,43	19,00	48,26
Total	33,50	85,09	29,55	75,06	28,35	72,01

Surface	33,5	14,5	4
Base			10,5
Subbase		19	19

Gambar 4.64. Tebal Perkerasan Lentur untuk Runway Tahun 2023 CBR subgrade 6% subbase 15%

Tabel 4.58. Tebal Perkerasan Lentur untuk Runway Tahun 2023
CBR subgrade 6% subbase 20%

Lapisan	Area Kritis		Area Tak Kritis		Area Pinggir	
	inch	cm	inch	cm	inch	cm
Surface Course	4,00	10,16	3,00	7,62	2,00	5,08
Base Course	14,50	36,83	13,05	33,15	10,15	25,78
Subbase Course	15,00	38,10	13,50	34,29	15,00	38,10
Total	33,50	85,09	29,55	75,06	27,15	68,96

Surface	33,5	18,5	4
Base			14,5
Subbase		15	15

Gambar 4.65. Tebal Perkerasan Lentur untuk Runway Tahun
2023 CBR subgrade 6% subbase 20%

Tabel 4.59. Tebal Perkerasan Lentur untuk Runway Tahun 2023
CBR subgrade 6% subbase 25%

Lapisan	Area Kritis		Area Tak Kritis		Area Pinggir	
	inch	cm	inch	cm	inch	cm
Surface Course	4,00	10,16	3,00	7,62	2,00	5,08
Base Course	17,30	43,94	15,57	39,55	12,11	30,76
Subbase Course	12,20	30,99	10,98	27,89	12,20	30,99
Total	33,50	85,09	29,55	75,06	26,31	66,83

Surface	33,5	21,3	4
Base			17,3
Subbase		12,2	12,2

Gambar 4.66. Tebal Perkerasan Lentur untuk Runway Tahun 2023 CBR subgrade 6% subbase 25%

Tabel 4.60. Tebal Perkerasan Lentur untuk Runway Tahun 2023 CBR subgrade 6% subbase 30%

Lapisan	Area Kritis		Area Tak Kritis		Area Pinggir	
	inch	cm	inch	cm	inch	cm
Surface Course	4,00	10,16	3,00	7,62	2,00	5,08
Base Course	19,00	48,26	17,10	43,43	13,30	33,78
Subbase Course	10,50	26,67	9,45	24,00	10,50	26,67
Total	33,50	85,09	29,55	75,06	25,80	65,53

Surface	33,5	23	4
Base			19
Subbase		10,5	10,5

Gambar 4.67. Tebal Perkerasan Lentur untuk Runway Tahun 2023 CBR subgrade 6% subbase 30%

Tabel 4.61. Tebal Perkerasan Lentur untuk Runway Tahun 2023
CBR subgrade 6% subbase 35%

Lapisan	Area Kritis		Area Tak Kritis		Area Pinggir	
	inch	cm	inch	cm	inch	cm
Surface Course	4,00	10,16	3,00	7,62	2,00	5,08
Base Course	20,40	51,82	18,36	46,63	14,28	36,27
Subbase Course	9,10	23,11	8,19	20,80	9,10	23,11
Total	33,50	85,09	29,55	75,06	25,38	64,47

Surface	33,5	24,4	4
Base			20,4
Subbase		9,1	9,1

Gambar 4.68. Tebal Perkerasan Lentur untuk Runway Tahun
2023 CBR subgrade 6% subbase 35%

Tabel 4.62. Tebal Perkerasan Lentur untuk Runway Tahun 2023
CBR subgrade 6% subbase 40%

Lapisan	Area Kritis		Area Tak Kritis		Area Pinggir	
	inch	cm	inch	cm	inch	cm
Surface Course	4,00	10,16	3,00	7,62	2,00	5,08
Base Course	21,50	54,61	19,35	49,15	15,05	38,23
Subbase Course	8,00	20,32	7,20	18,29	8,00	20,32
Total	33,50	85,09	29,55	75,06	25,05	63,63

Surface	33,5	25,5	4
Base			21,5
Subbase		8	8

Gambar 4.69. Tebal Perkerasan Lentur untuk Runway Tahun 2023 CBR subgrade 6% subbase 40%

Tabel 4.63. Tebal Perkerasan Lentur untuk Runway Tahun 2023 CBR subgrade 6% subbase 45%

Lapisan	Area Kritis		Area Tak Kritis		Area Pinggir	
	inch	cm	inch	cm	inch	cm
Surface Course	4,00	10,16	3,00	7,62	2,00	5,08
Base Course	22,20	56,39	19,98	50,75	15,54	39,47
Subbase Course	7,30	18,54	6,57	16,69	7,30	18,54
Total	33,50	85,09	29,55	75,06	24,84	63,09

Surface	33,5	26,2	4
Base			22,2
Subbase		7,3	7,3

Gambar 4.70. Tebal Perkerasan Lentur untuk Runway Tahun 2023 CBR subgrade 6% subbase 45%

Tabel 4.64. Tebal Perkerasan Lentur untuk Runway Tahun 2023
CBR subgrade 6% subbase 50%

Lapisan	Area Kritis		Area Tak Kritis		Area Pinggir	
	inch	cm	inch	cm	inch	cm
Surface Course	4,00	10,16	3,00	7,62	2,00	5,08
Base Course	23,10	58,67	20,79	52,81	16,17	41,07
Subbase Course	6,40	16,26	5,76	14,63	6,40	16,26
Total	33,50	85,09	29,55	75,06	24,57	62,41

Surface	33,5	27,1	4
Base			23,1
Subbase		6,4	6,4

Gambar 4.71. Tebal Perkerasan Lentur untuk Runway Tahun
2023 CBR subgrade 6% subbase 50%

4.4.2. Analisis Perkerasan Landasan Hubung/Taxiway dan Landasan Parkir/Apron

Perencanaan perkerasan *taxiway* dan *apron* direncanakan menggunakan perkerasan kaku dengan menambah sekitar 4 in aspal sebagai faktor kenyamanan. Untuk menghitung perkerasan tersebut dibutuhkan data-data layaknya *California Bearing Ratio* (CBR) yang akan dikonversi menjadi nilai “K” atau *modulus reaction subgrade*, data pergerakan pesawat pada tahun rencana, serta beban pesawat rencana yang akan digunakan sebagai patokan untuk merencanakan landasan hubung/*taxiway*.

Data eksisting untuk perkerasan yaitu dengan kode PCN 50/F/C/Y/T yang memiliki arti :

- 50 untuk kekuatan perkerasan
 - F untuk kode *flexible*/lentur
 - C untuk golongan CBR 6 (antara 4%-8%)
 - Y untuk tekanan ban maksimum 1,0 Mpa (145 psi)
 - T untuk proses analisis menggunakan teknikal analisis
- CBR Tanah Subgrade : 6
 - CBR Tanah Subbase : tidak diketahui

Nilai CBR dikonversikan menjadi *modulus reaction subgrade*, maka didapatkan nilai K *subgrade* dan *subbase* adalah sebagai berikut :

- K Value Tanah Subgrade : 94,969 pci
- K Value Tanah Subbase : tidak diketahui
- Concrete Flexural Strength : 650 psi

Tabel 4.65. Pergerakan Pesawat Tahun 2023

No	Jenis Pesawat	Pergerakan Pesawat	Tipe Roda
1	ATR-72	8088	Dual Wheel
2	A-320	2022	Dual Wheel
3	B-737	2150	Dual Wheel
4	CR1000	642	Dual Wheel

1. Menentukan Pesawat Rencana

Pesawat rencana didapat dengan menghitung beban roda (*Wheel Load*) tiap pesawat, beban roda pesawat terbesar nantinya dipilih sebagai pesawat rencana.

Tabel 4.66. Perhitungan Beban Roda Pesawat

No	Jenis Pesawat	W (lbs)
1	ATR-72	11938
2	A-320	38484
3	B-737	36932
4	CR1000	22326

Ditetapkan pesawat rencana dengan menentukan beban terbesar dari tiap pesawat yaitu pesawat A-320.

2. Menghitung *Annual Departure Pesawat Campuran (R2)*

Pesawat rencana adalah pesawat A-320 dengan konfigurasi roda pendaratan adalah *dual wheel*,

dikarenakan konfigurasi roda tiap-tiap pesawat sama maka tidak diperlukan konversi konfigurasi roda pendaratan.

3. Menghitung *Equivalent Annual Departure* (R1)

Setelah semua didapatkan, maka dapat dilakukan perhitungan untuk mencari nilai R1 dari tiap pesawat dan dijumlahkan seluruh hasil dari R1 yang nantinya akan digunakan untuk menentukan tebal perkerasan dengan menggunakan grafik yang telah disediakan oleh FAA, berikut ini adalah hasil perhitungan R1 dan R1total:

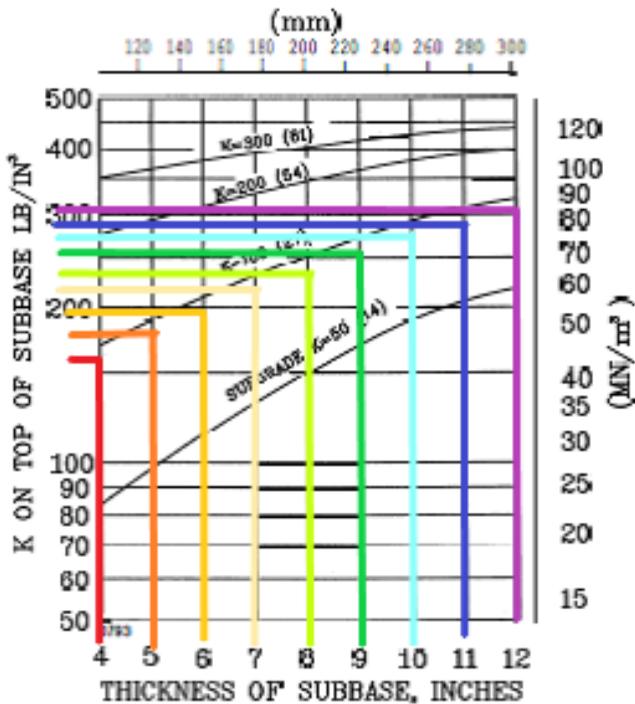
Tabel 4.67. Nilai Equivalent Annual Departure (R1)

No	Jenis Pesawat	Tipe Roda	Jumlah Roda	Mean Gear Distribution Fact	Pergerakan Pesawat	MTOW	
						kg	lbs
1	ATR-72	Dual Wheel	4	0,95	8088	22800	50265,4
2	A-320	Dual Wheel	4	0,95	2022	73500	162039,8
3	B-737	Dual Wheel	4	0,95	2150	70535	155503,1
4	CR1000	Dual Wheel	4	0,95	642	42640	94005,11

No	Gear Conv. Factor	R2	W2	W1	Log R1	R1
1	1	5790,228	11938,03	38484,44	2,17652013	150
2	1	1447,557	38484,44	38484,44	3,3057994	2022
3	1	1539,465	36931,98	38484,44	3,26462437	1839
4	1	459,5419	22326,21	38484,44	2,13837059	138
					Total R1	4149

4. Menentukan Modulus Pondasi Bawah/*Subbase*

Dengan menggunakan nilai K *subgrade* yang telah diketahui dari konversi angka CBR *subgrade*. Kemudian di cari dengan menggunakan gambar 4.72.

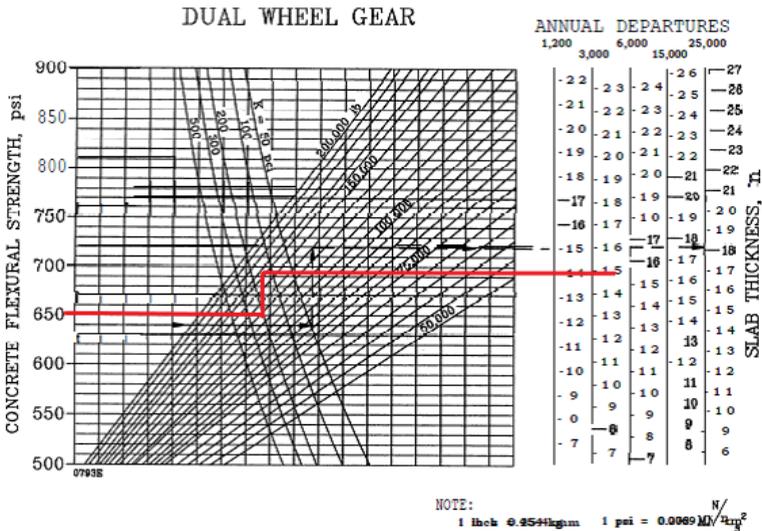


Gambar 4.72. Stabilisasi Subbase dengan Modulus Subgrade

Untuk tebal dari *subbase* digunakan trial 4-12 inch didapatkan nilai k rata-rata sebesar 200 dan 300 pci.

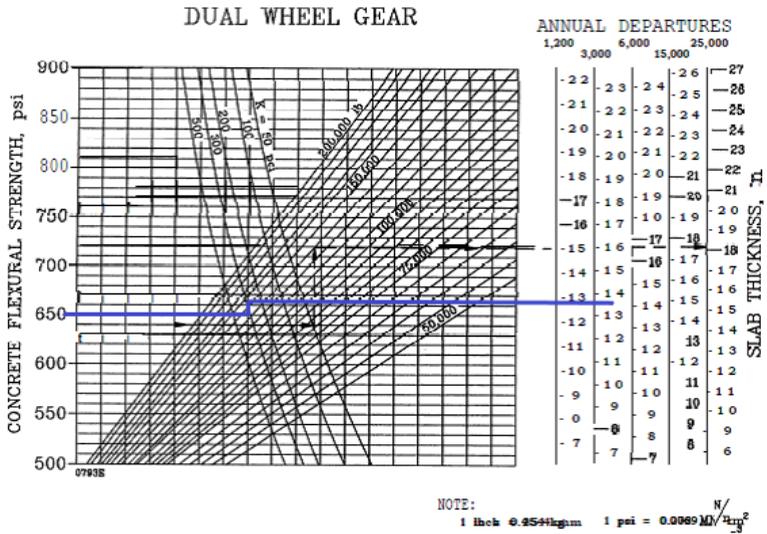
5. Menentukan Tebal Slab Beton pada Perkerasan Kaku/*Rigid Pavement*

Setelah didapatkan nilai MTOW pesawat rencana, R1 total dan CBR, maka digunakan gambar 4.73 untuk mengetahui tebal slab beton pada perkerasan kaku tersebut.



Gambar 4.73. Desain Kurva Rigid Pavement untuk Dual Wheel K subgrade 94,969 pci dan K subbase 200 pci

Untuk tebal plat beton didapatkan dari gambar 4.74 dengan ketebalan 15 inch.



Gambar 4.74. Desain Kurva Rigid Pavement untuk Dual Wheel K subgrade 94,969 pci dan K subbase 300 pci

Untuk tebal plat beton didapatkan dari gambar 4.60 dengan ketebalan 14 inch.

Tabel 4.68. Tebal Perkerasan Kaku Untuk Taxiway dan Apron Tahun 2023 dengan K subgrade 94,969 pci dan K subbase 200 pci

Lapisan	Area Kritis		Area Tak Kritis	
	inch	cm	inch	cm
Surface Course	4,00	10,16	3,00	7,62
Concrete	15,00	38,10	13,50	34,29
Subbase Course	6,00	15,24	6,00	15,24
Total	25,00	63,50	22,50	57,15

Surface	25	4
Concrete		15
Subbase		6

Gambar 4.75. Tebal Perkerasan Kaku Untuk Taxiway dan Apron Tahun 2023 dengan K subgrade 94,969 pci dan K subbase 200 pci

Tabel 4.69. Tebal Perkerasan Kaku Untuk Taxiway dan Apron Tahun 2023 dengan K subgrade 94,969 pci dan K subbase 300 pci

Lapisan	Area Kritis		Area Tak Kritis	
	inch	cm	inch	cm
Surface Course	4,00	10,16	3,00	7,62
Concrete	11,00	27,94	9,90	25,15
Subbase Course	14,00	35,56	14,00	35,56
Total	29,00	73,66	26,90	68,33

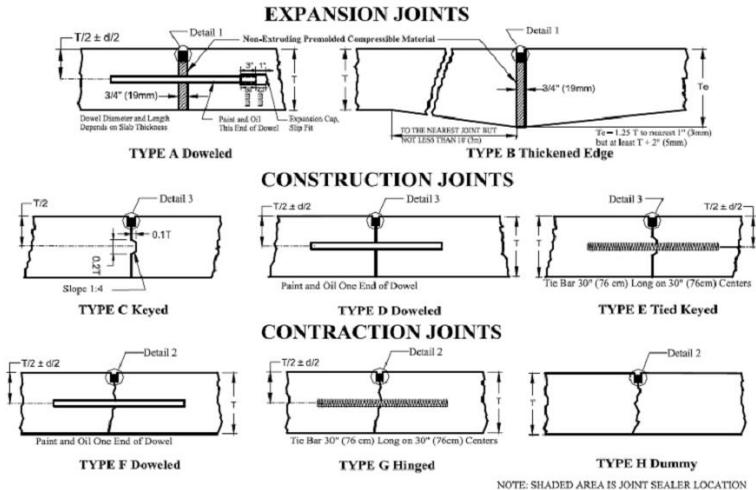
Surface	29	4
Concrete		11
Subbase		14

Gambar 4.76. Tebal Perkerasan Kaku Untuk Taxiway dan Apron Tahun 2023 dengan K subgrade 94,969 pci dan K subbase 300 pci

4.4.3. Perencanaan Sambungan Perkerasan Kaku

Terdapat 3 jenis sambungan yang direkomendasikan (FAA, 2002), yaitu *Isolation Joints* (Tipe A dan B), *Construction Joint* (Tipe C,D dan E) dan *Contraction Joint* (Tipe F,G dan H). Sambungan pada perkerasan kaku yang direncanakan menggunakan 3 jenis sambungan dimana setiap jenis sambungan memiliki tipe yang berbeda-beda (gambar 4..., berikut ini adalah sambungan yang dipakai beserta alasan dipakainya sambungan tersebut :

- *Isolation Joint* tipe A dipakai karena berdasarkan regulasi FAA merekomendasikan bahwa sambungan tipe B seharusnya dihindari sebisa mungkin dikarenakan dalam sisi pembuatan di lapangan sedikit sulit.
- *Construction Joint* memanjang menggunakan tipe E *Tied Keyed*, dikarenakan tulangan yang digunakan pada sambungan ini menggunakan tie bar yang cocok untuk sambungan memanjang.
- *Construction Joint* Melintang menggunakan tipe D *Doweled*, dikarenakan tulangan yang digunakan pada sambungan ini menggunakan dowel yang cocok untuk sambungan melintang.
- *Contraction Joint* memanjang menggunakan tipe G *Hingged*, dikarenakan tulangan yang digunakan pada sambungan ini menggunakan tie bar yang cocok untuk sambungan memanjang.
- *Contraction Joint* melintang menggunakan tipe F *Doweled*, dikarenakan tulangan yang digunakan pada sambungan ini menggunakan dowel yang cocok untuk sambungan melintang.



Gambar 4.77. Rigid Pavement Joint Types

Untuk jarak antar sambungan perkerasan kaku dengan perbaikan pondasi bawah berdasarkan peraturan FAA AC No. 150/5320-6D mengenai *Airport Pavement Design and Evaluation* yang mengatur tentang rekomendasi jarak maksimum sambungan perkerasan kaku dengan perbaikan pondasi bawah. Adapun jarak tersebut dapat dilihat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$l = \left(\frac{Eh^3}{12(1 - \mu^2)k} \right)^{\frac{1}{4}}$$

Dimana :

- E = modulus elastisitas beton 4.10^6 psi = 101470,5882 pci
- h = tebal plat, in
- μ = rasio Poisson untuk beton 0,15
- k = modulus reaksi tanah dasar, pci

$$l = \left(\frac{101470,5882 \times 15^3}{12(1 - 0,15^2)94,969} \right)^{\frac{1}{4}}$$

= 23,546 in = 25 in untuk ketebalan plat 15 in

$$l = \left(\frac{101470,5882 \times 11^3}{12(1 - 0,15^2)94,969} \right)^{\frac{1}{4}}$$

= 18,659 in = 20 in untuk ketebalan plat 11 in

BAB V

DESAIN BANDARA

Setelah dilakukan analisa dari tiap elemen sisi udara bandara Komodo untuk tahun rencana 2023, maka dilakukan penggabungan desain yang akan dibahas pada bab kali ini.

Untuk langkah awal disini akan membahas tentang desain dan ukuran layout eksisting yang bisa dilihat pada tabel 5.69 dan lampiran, langkah kemudian akan disediakan data pada tabel 5.70 dan lampiran tentang rencana desain yang telah dihitung pada bab IV.

Tabel 5.70. Fasilitas Sisi Udara Eksisting

Fasilitas Sisi Udara			
Landas Pacu/Runway			
Runway #1			
Ukuran	: 2.250 m x 45 m	Total Area	: 101.250 m ²
Surface	: Aspal Hotmix		
Azimuth	: 17-35		
PCN	: 50 F/C/Y/T		
Landas Hubung/Taxiway			
Taxiway #1			
Ukuran	: 97 m x 23 m	Total Area	: 2.231 m ²
Surface	: Aspal Hotmix		
PCN	: 50 F/C/Y/T		
Taxiway #2			
Ukuran	: 450 m x 23 m	Total Area	: 10.350 m ²
Surface	: Aspal Hotmix		
PCN	: 50 F/C/Y/T		

Landas Parkir/Apron			
Apron #1			
Ukuran	: 310 m x 100 m	Total Area	: 31.000 m ²
Surface	: Beton/Rigid		
PCN	: 50 F/C/Y/T		
Kapasitas	: 600		
	2 pesawat tipe Boeing 737-500, 2 Pesawat ATR 72-		
Landas Putar/Turning Area			
Turning Area #1			
Ukuran	: 90 m x 60 m	Total Area	: 5.400 m ²
Surface	: Aspal Hotmix		
PCN	: 50 F/C/Y/T		
Daerah Henti/Stopway			
Stopway #1			
Ukuran	: 60 m x 30 m	Total Area	: 1.800 m ²
Surface	: Aspal Hotmix		
PCN	: 50 F/C/Y/T		
Daerah RESA			
RESA #1			
Ukuran	: 90 m x 90 m	Total Area	: 8.100 m ²
Surface	: Tanah Padat		
RESA #2			
Ukuran	: 90 m x 90 m	Total Area	: 8.100 m ²
Surface	: Tanah Padat		
Strip Landasan Pacu/Runway Strip			
Strip #1			
Ukuran	: 2.430 m x 150 m	Total Area	: 364.500 m ²
Surface	: Rumput		

Tabel 5.71. Fasilitas Sisi Udara Rencana 2023

Fasilitas Sisi Udara			
Landas Pacu/Runway			
Runway #1			
Ukuran	: 2.700 m x 45 m	Total Area	: 121.500 m ²
Surface	: Aspal Hotmix		
Azimuth	: 17-35		
PCN	:		
Landas Hubung/Taxiway			
Taxiway #1			
Ukuran	: 240 m x 26,5 m	Total Area	: 6.360 m ²
Surface	: Aspal Hotmix		
PCN	:		
Taxiway #2			
Ukuran	: 450 m x 30 m	Total Area	: 13.500 m ²
Surface	: Aspal Hotmix		
PCN	:		
Landas Parkir/Apron			
Apron #1			
Ukuran	: 480 m x 130 m	Total Area	: 62.400 m ²
Surface	: Beton/Rigid		
PCN	:		
Capasitas	: 4 pesawat tipe B, 4 Pesawat tipe C		
Landas Putar/Turning Area			
Turning Area #1			
Ukuran	: <u>90 m x 60 m</u>	Total Area	: 5.400 m ²
Surface	: Aspal Hotmix		
PCN	:		
Daerah Henti/Stopway			
Stopway #1			

Ukuran	: 60 m x 45 m	Total Area	: 2.700 m ²
Surface	: Aspal Hotmix		
PCN	:		
Daerah RESA			
RESA #1			
Ukuran	: 240 m x 90 m	Total Area	: 21.600 m ²
Surface	: Tanah Padat		
RESA #2			
Ukuran	: 240 m x 90 m	Total Area	: 21.600 m ²
Surface	: Tanah Padat		
Strip Landasan Pacu/Runway Strip			
Strip #1			
Ukuran	: 2.820 m x 300 m	Total Area	: 846.000 m ²
Surface	: Rumput		

Pembahasan :

1. *Runway*

- Untuk hal ini dapat dilihat bahwa runway hanya memerlukan perpanjangan dikarenakan untuk lebar sudah mampu melayani pesawat rencana yaitu Boeing 737-800.
- Untuk perpanjangan dilakukan pada ujung runway nomor 35 atau arah utara mempertimbangkan dengan kecepatan landing pesawat dan jarak exit taxiway dengan ujung runway yang memiliki perhitungan jarak exit taxiway sepanjang 2100 m.
- Untuk daerah RESA perlu diperpanjang menjadi 240 m agar sesuai dengan peraturan (direktorat jenderal perhubungan udara, 2005) agar dapat melayani pesawat rencana.
- Untuk dimensi lebar dari stopway digunakan 30 m (direktorat jenderal perhubungan udara, 2005) akan

tetapi digunakan 45 m agar lebarnya sama dengan runway.

- Untuk runway strip digunakan lebar 300 m, akan tetapi menurut peraturan KP 39 Tahun 2015 dikatakan bisa digunakan 150 m akan tetapi perlu adanya peningkatan kondisinya (graded). (tabel 4.39)
- Digunakan dalam kondisi VFR dan IFR.

2. Taxiway

- Untuk panjang taxiway #1 (menghubungkan antara runway dan taxiway) untuk rencana memiliki panjang 240 m dengan memperhatikan peraturan KP 39 Tahun 2015 (tabel 4.43) dengan panjang transisi 75 m, akan tetapi apabila dibandingkan dengan kondisi eksisting berarti perlu adanya penggeseran runway/terminal dan apron, jadi apabila digunakan desain eksisting menurut peraturan KP 39 Tahun 2015 (gambar 4.39) bahwa apron taxiway tidak boleh termasuk dalam area runway strip, masih bisa digunakan untuk menggunakan panjang eksisting.
- Untuk lebar dari taxiway #1 dan taxiway #2 masing-masing tidak perlu pelebaran 3,5 m dan 7 m untuk dapat melayani pesawat rencana dikarenakan lebar minimum 23 m (tabel 4.40), jadi untuk lebar eksisting masih dapat digunakan.
- Digunakan dalam kondisi VFR dan IFR

3. Apron

- Untuk dimensi apron, harus dilakukan perpanjangan dikarenakan untuk eksisting, hanya dapat melayani 4 gate, namun untuk rencana tahun 2023 akan ada penambahan gate menjadi 8, maka dari itu untuk panjang harus ditambahkan sepanjang 170 m agar dapat melayani rencana tahun 2023.
- Untuk lebar dari apron dapat digunakan lebar eksisting yaitu 100 m dikarenakan untuk lebar masih

dapat memenuhi peraturan KP 39 tahun 2015 sebesar 95 m minimal (tabel 4.50).

Tabel 5.72. Hasil Desain Perencanaan Fasilitas Sisi Udara Bandara Komodo

Fasilitas Sisi Udara			
Landas Pacu/Runway			
Runway #1			
Ukuran	: 2.700 m x 45 m	Total Area	: 121.500 m ²
Surface	: Aspal Hotmix		
Azimuth	: 17-35		
PCN	:		
Landas Hubung/Taxiway			
Taxiway #1			
Ukuran	: 97 m x 23 m	Total Area	: 6.360 m ²
Surface	: Aspal Hotmix		
PCN	:		
Taxiway #2			
Ukuran	: 450 m x 23 m	Total Area	: 13.500 m ²
Surface	: Aspal Hotmix		
PCN	:		
Landas Parkir/Apron			
Apron #1			
Ukuran	: 480 m x 100 m	Total Area	: 48.000 m ²
Surface	: Beton/Rigid		
PCN	:		
Capasitas	: 4 pesawat tipe B, 4 Pesawat tipe C		

Landas Putar/Turning Area			
Turning Area #1			
Ukuran	: 90 m x 60 m	Total Area	: 5.400 m ²
Surface	: Aspal Hotmix		
PCN	:		
Daerah Henti/Stopway			
Stopway #1			
Ukuran	: 60 m x 45 m	Total Area	: 2.700 m ²
Surface	: Aspal Hotmix		
PCN	:		
Daerah RESA			
RESA #1			
Ukuran	: 240 m x 90 m	Total Area	: 21.600 m ²
Surface	: Tanah Padat		
RESA #2			
Ukuran	: 240 m x 90 m	Total Area	: 21.600 m ²
Surface	: Tanah Padat		
Strip Landasan Pacu/Runway Strip			
Strip #1			
Ukuran	: 2.820 m x 150 m	Total Area	: 423.000 m ²
Surface	: Rumput		

(Halaman Ini Sengaja dikosongkan)

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Adapun hal-hal yang dapat disimpulkan dari hasil analisa perhitungan dan perencanaan dalam Tugas Akhir ini antara lain sebagai berikut :

1. Dari data pergerakan lalu lintas pesawat yang beroperasi pada Bandara Komodo, didapatkan hasil peramalan menggunakan metode ARIMA pada tahun 2023 dengan jumlah sebesar 12.903 pergerakan pesawat pada saat keberangkatan dan untuk kedatangan memiliki jumlah yang sama yaitu sebesar 12.903 pergerakan pesawat dengan pola musiman yang terjadi pada bulan Desember/Januari.
2. Pesawat desain yang digunakan adalah pesawat dengan tipe Boeing 737 seri 800 dikarenakan jenis pesawat tersebut sering digunakan untuk penerbangan internasional dan Airbus 320 untuk perencanaan tebal perkerasan.
3. Untuk geometri sisi udara :
 - Didapatkan runway dengan panjang 2700 m dan lebar 45 m. Maka diperlukan perpanjangan runway pada sisi utara runway dengan nomor 35 sepanjang 450 m.
 - Untuk perencanaan apron digunakan apron eksisting dengan konfigurasi parkir pesawat *nose-in*. Untuk total luas apron didapatkan sebesar 48.000 m² agar dapat menampung jumlah pesawat pada saat kondisi *peak hour* pada tahun 2023. Maka perlu dilakukan perluasan sebesar 17.000 m².
4. Untuk tebal perkerasan yang diperlukan untuk tahun rencana 2023 :

- a) Runway dan taxiway dengan menggunakan perkerasan lentur dengan total ketebalan 33,5 in.
- b) Taxiway dan Apron dengan menggunakan perkerasan kaku dengan total ketebalan minimum 25 in.

6.2. Saran

Saran yang dapat diberikan dari perencanaan ini adalah :

1. Perlu adanya penambahan pengukur kecepatan angin yang bertiup guna untuk memastikan diperlukannya runway tambahan yang berbeda arah atau tidak.
2. Seharusnya untuk perencanaan bandara sangat penting untuk mengikuti standar geometri yang telah ditetapkan secara internasional.

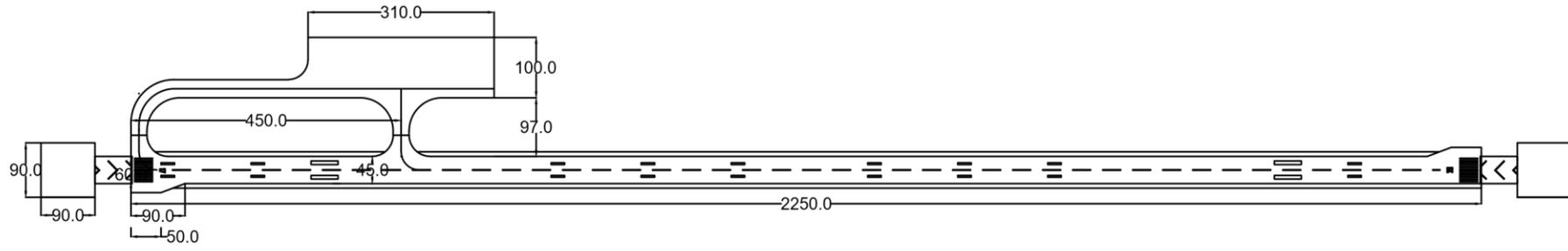
DAFTAR PUSTAKA

- Dimitriou, D. J. (2018). Comparative evaluation of airports productivity towards tourism development Comparative evaluation of airports productivity towards tourism. *Cogent Business & Management*.
- Direktorat Jenderal Perhubungan Udara. (2005). Departemen Perhubungan Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, *SKEP/77/VI*.
- FAA. (2002). Desain Perkerasan Bandar Udara 150/5320-6D.
- google. (2019). Google Earth.
- Horonjeff, R., Mckelvey, F. X., Sproule, W. J., & Young, S. B. (n.d.). *Planning and Design of Airports*.
- Kementrian Perhubungan, & direktorat jenderal perhubungan udara. (2015). Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara, 39.
- Perhubungan, K., Direktur, P., Perhubungan, J., Program, P., Konstruksi, P., Bandar, P., ... Udara, P. (2015). {advisory circular casr part 139-23},.

(Halaman Ini Sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN

(Halaman Ini Sengaja dikosongkan)



TGL	DIGAMBAR	JABATAN	TTD
25.05.2019	ACHMAD ROBBY RAMADHAN	MAHASISWA	
TGL	DIPERIKSA	JABATAN	TTD
27.05.2019	Ir. ERWIN A. NE, PhD.	DOSEN PEMBIMBING	

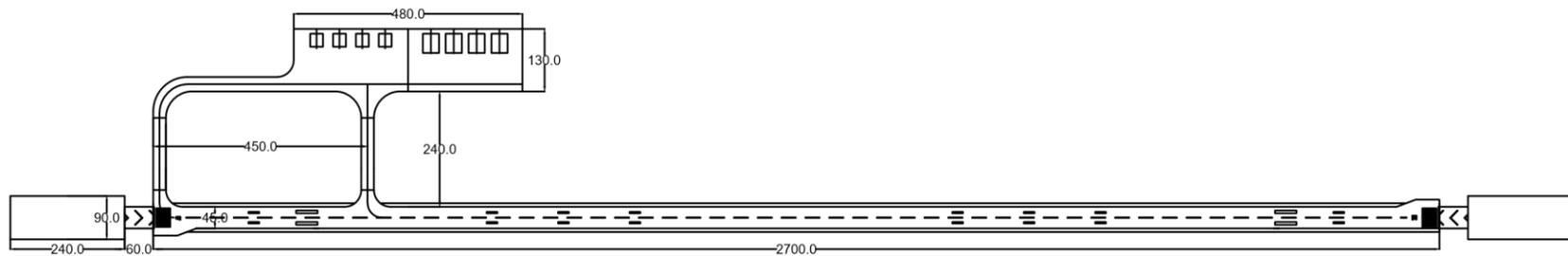
NO.	NAMA MAHASISWA	HRP
1	ACHMAD ROBBY RAMADHAN	3114100137
2	-	-
3	-	-

RENCANA

JUDUL GAMBAR
**LAYOUT EKSTING
 BANDARA KOMODO**

SKALA	NO. GAMBAR	REFERENSI
1 : 11.000	TUGAS AKHIR	-
TANGGAL	1	
25.05.2019		

(Halaman Ini Sengaja dikosongkan)



PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

TGL	DIGAMBAR	JABATAN	TTD
26.05.2019	ACHMAD ROBBY RAMADHAN	MAHASISWA	
TGL	DIPERIKSA	JABATAN	TTD
27.05.2019	Dr. EDWIN A. ME, PhD.	DOSEN PEMBIMBING	

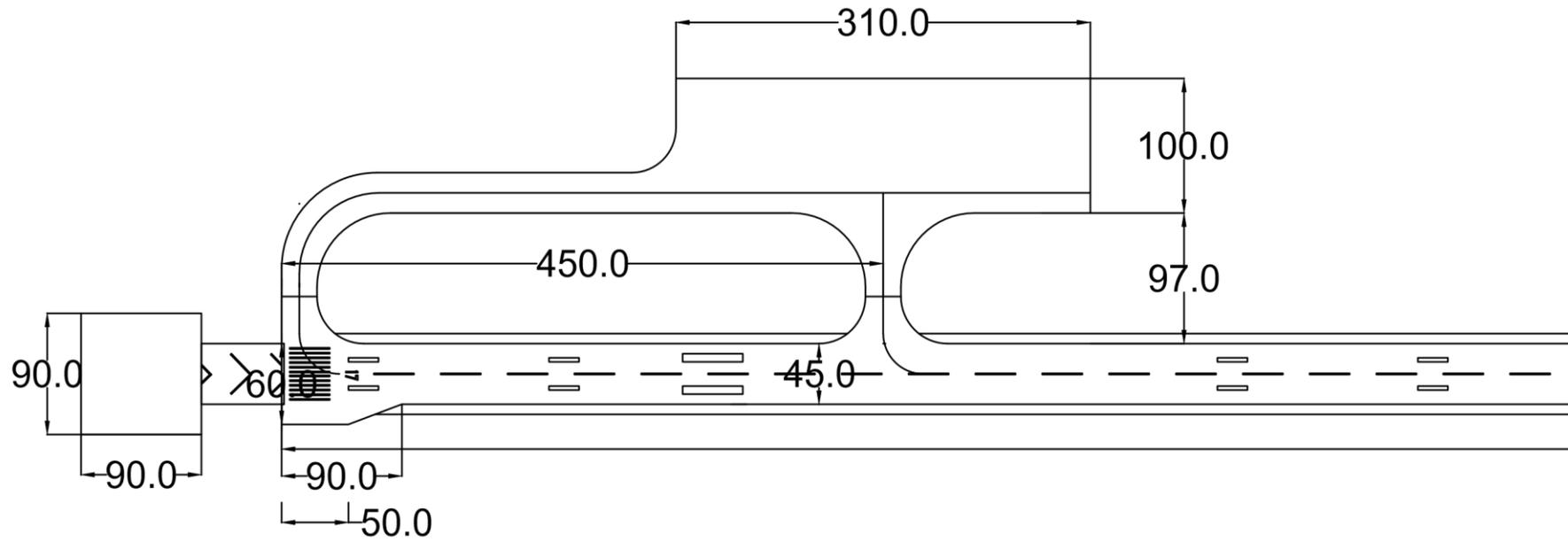
NO.	NAMA MAHASISWA	HRP
1	ACHMAD ROBBY RAMADHAN	3114100137
2	-	-
3	-	-

REKICANA -

JUDUL GAMBAR
**LAYOUT RENCANA
 BANDARA KOMODO**

SKALA	NO. GAMBAR	REFERENSI
1 : 15000		
TANGGAL	TUGAS AKHIR	-
25.05.2019	2	

(Halaman Ini Sengaja dikosongkan)



TGL	DIGAMBAR	JABATAN	TTD
25.05.2019	ACHMAD ROBBY RAMADHAN	MHSISWA	
TGL	DIPERIKSA	JABATAN	TTD
27.05.2019	Dr. EDWIN A. HE, PhD.	DOSEN PEMBIMBING	

NO.	NAMA MAHASISWA	HRP
1	ACHMAD ROBBY RAMADHAN	3114100137
2	-	-
3	-	-

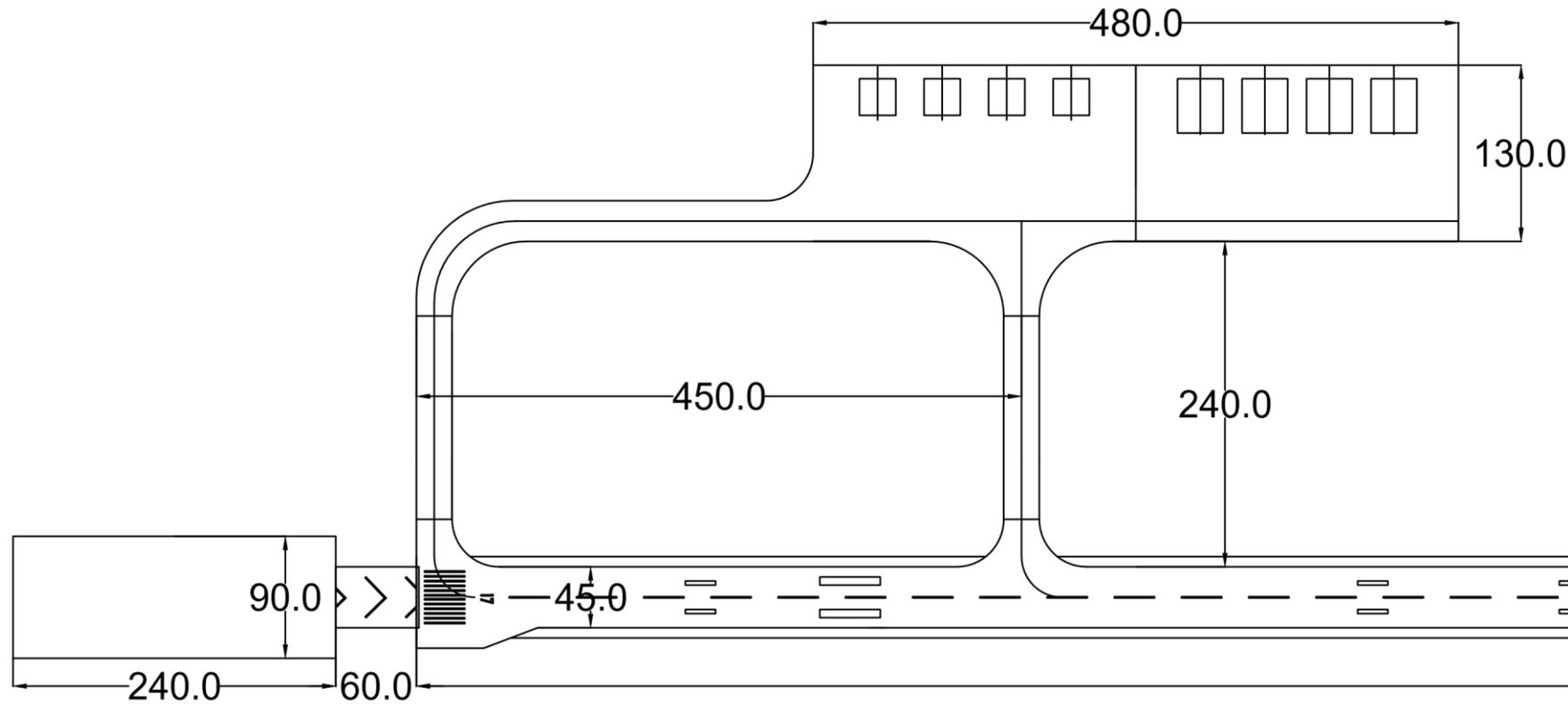
RENCANA

EKSISTING

JUDUL GAMBAR
 APRON
 TAXIWAY
 BANDARA KOMODO

SKALA	NO. GAMBAR	REFERENSI
1 : 5000		
TANGGAL	TUGAS AKHIR	
25.05.2019	3	-

(Halaman Ini Sengaja dikosongkan)



TGL	DIGAMBAR	JABATAN	TTD
26.08.2019	ACHMAD ROBBY RAMADHAN	MAHASISWA	
TGL	DIPERIKSA	JABATAN	TTD
27.05.2019	H. ERWIN A. M., Ph.D.	DOSEN PEMBIMBING	

NO.	NAMA MAHASISWA	HRP
1	ACHMAD ROBBY RAMADHAN	3114100137
2	-	-
3	-	-

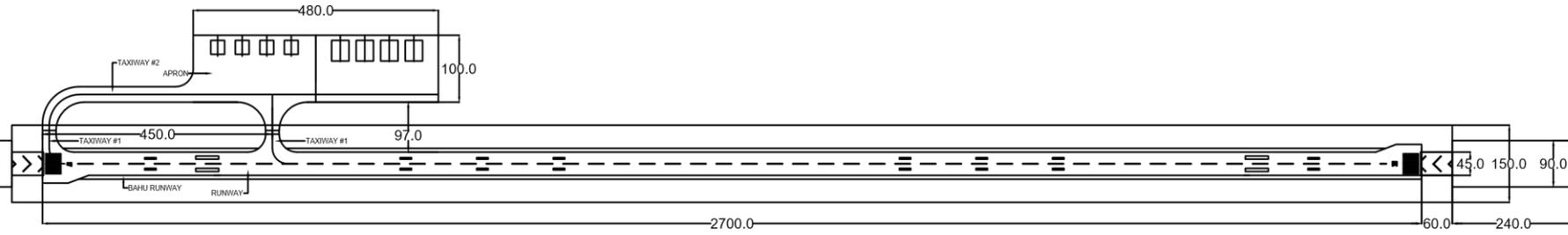
REKAMANA

APRON dan TAXIWAY

JUDUL GAMBAR
DESIGN IDEAL
BANDARA KOMODO

SKALA	NO. GAMBAR	REFERENSI
1 : 5000	TUGAS AKHIR	-
YANGGAL	4	
25.05.2019		

(Halaman Ini Sengaja dikosongkan)



PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

TGL	DIGAMBAR	JABATAN	TTD
26.05.2019	ACHMAD ROBBY RAMADHAN	MAHASISWA	
TGL	DIPERIKSA	JABATAN	TTD
27.05.2019	H. ERWIN A. M., PH.D.	DOSEN PEMBIMBING	

NO.	NAMA MAHASISWA	HRP
1	ACHMAD ROBBY RAMADHAN	3114100137
2	-	-
3	-	-

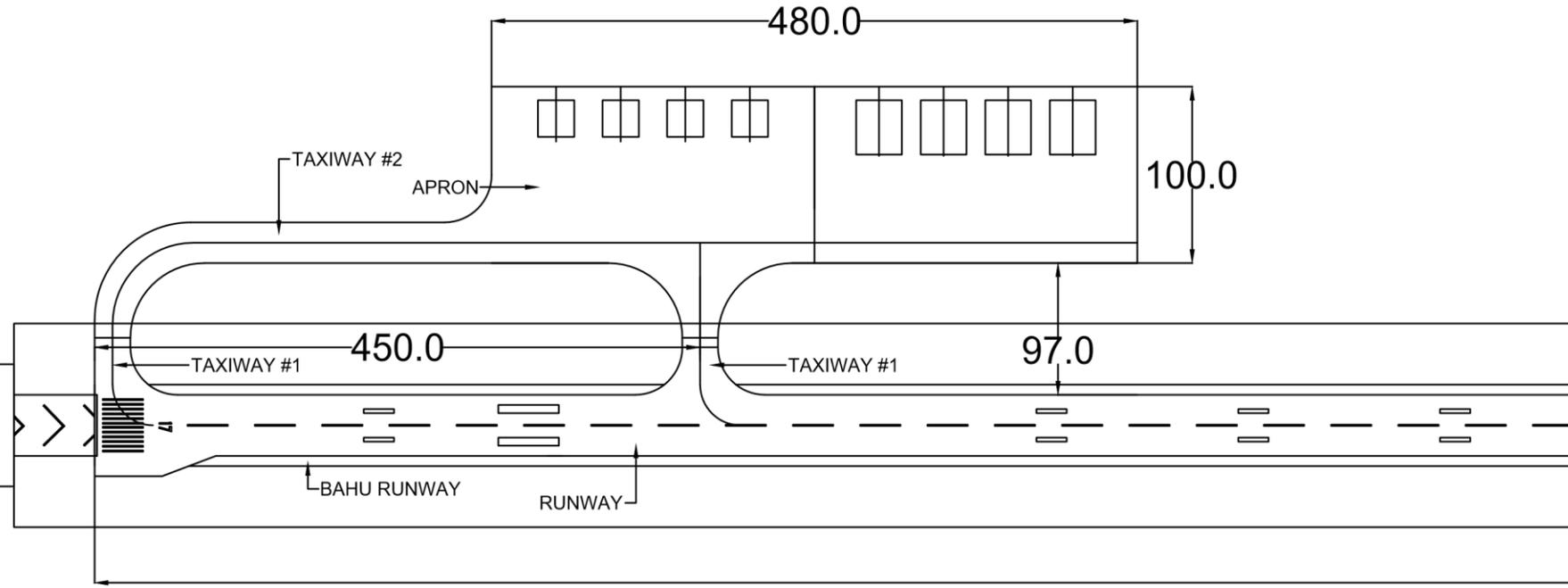
REKICANA

HASIL DESAIN

JUDUL GAMBAR
DESAIN LAYOUT
BANDARA KOMODO

SKALA	NO. GAMBAR	REFERENSI
1 : 13.000	TUGAS AKHIR	-
TANGGAL	5	
25.05.2019		

(Halaman Ini Sengaja dikosongkan)



TGL	DIGAMBAR	JABATAN	TTD
25.09.2019	ACHMAD ROBBY RAMADHAN	MAHASISWA	

TGL	DIPERIKSA	JABATAN	TTD
27.09.2019	H. ERWIN A. M., Ph.D.	DOSEN PEMBIMBING	

NO.	NAMA MAHASISWA	HRP
1	ACHMAD ROBBY RAMADHAN	3114100137
2	-	-
3	-	-

REKAMANA
TAXIWAY dan APRON

JUDUL GAMBAR
HASIL DESAIN
BANDARA KOMODO

SKALA	NO. GAMBAR	REFERENSI
1 : 5000	TUGAS AKHIR	-
TANGGAL	6	
25.09.2019		

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

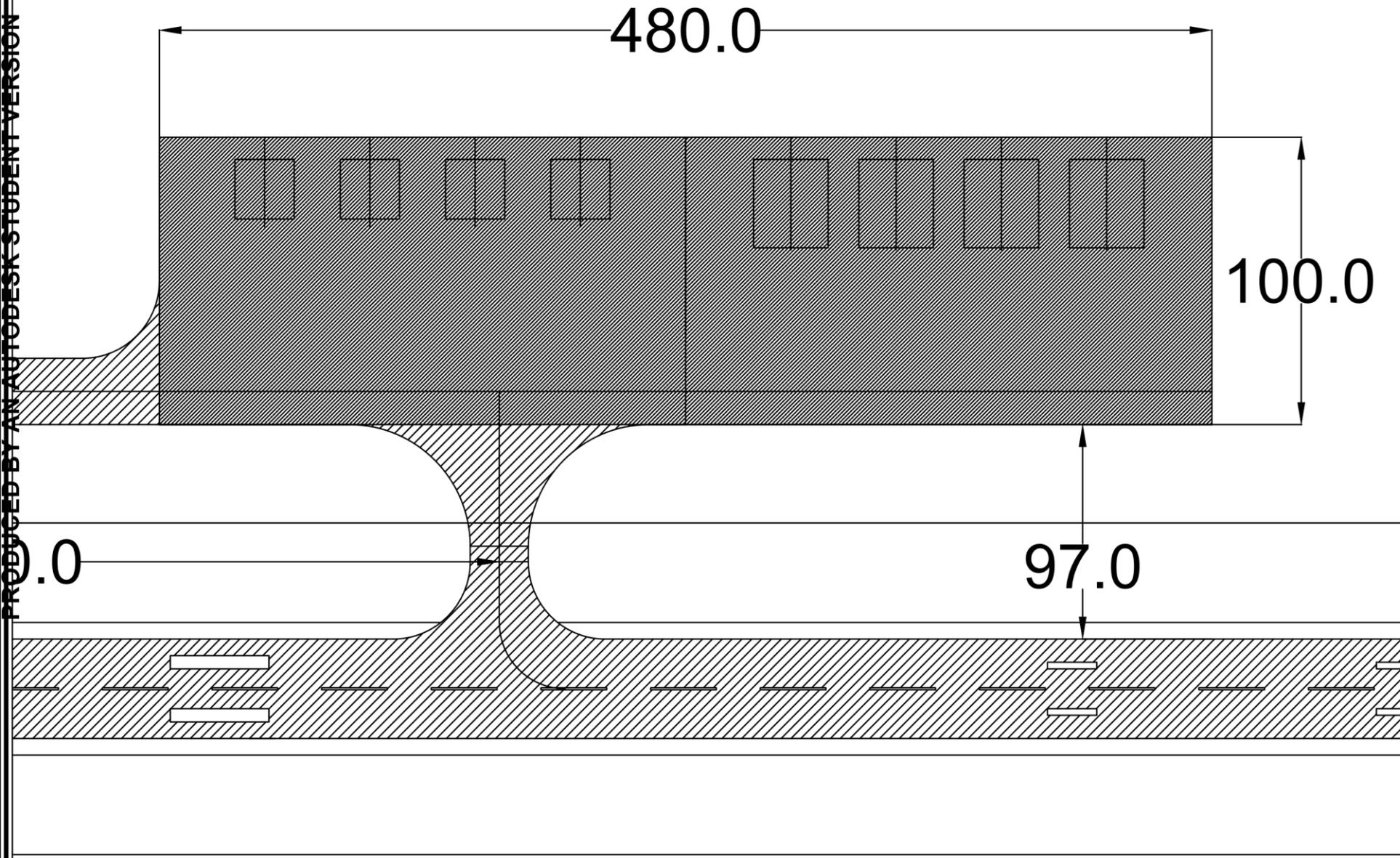
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

(Halaman Ini Sengaja dikosongkan)

 RIGID/KAKU
 FLEXIBLE/LENTUR

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

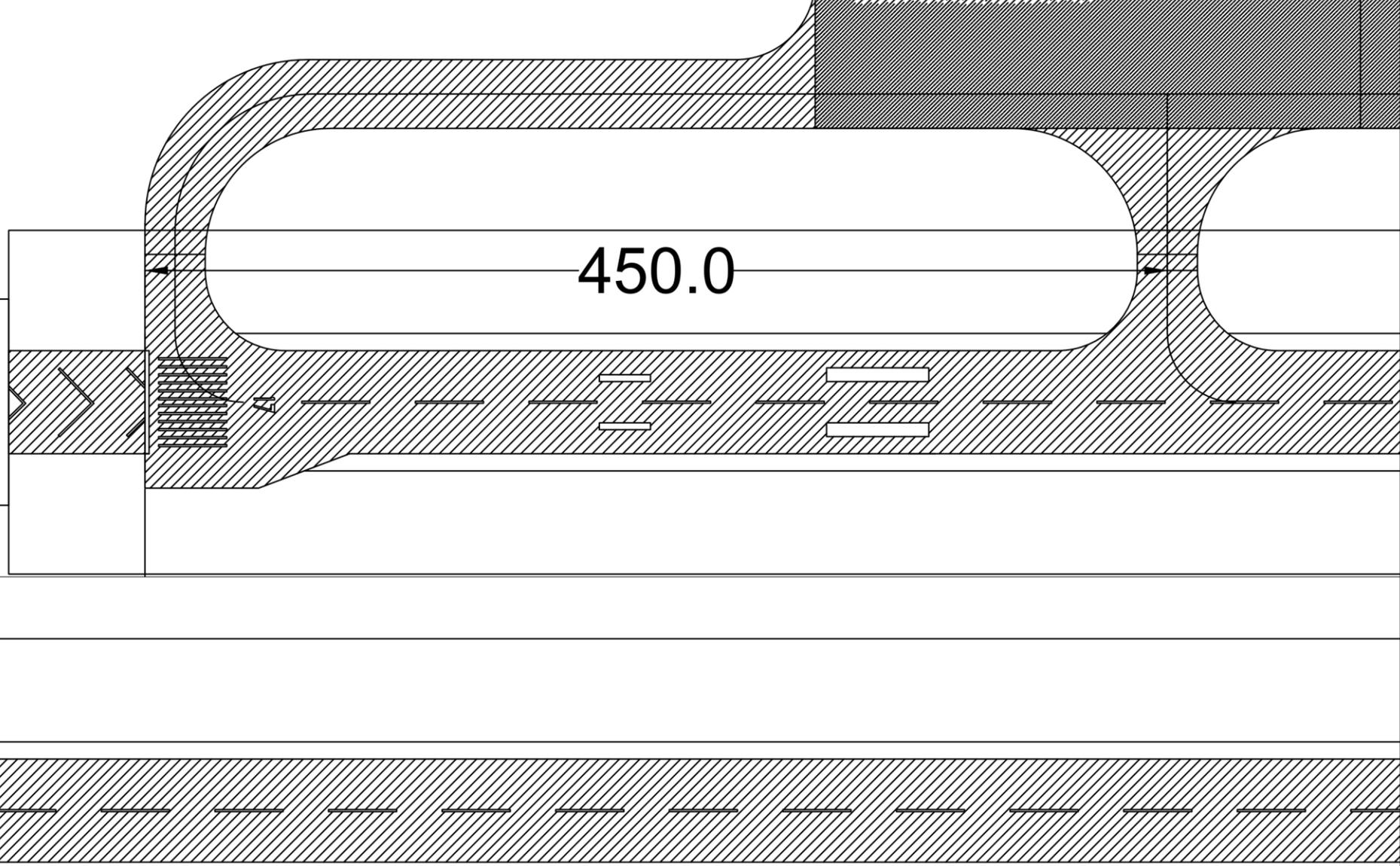
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



TGL	DIGAMBAR	JABATAN	TID
19/06/2019	ACHMAD ROBBY RAMADHAN	MAHASISWA	
TGL	DIPERIKSA	JABATAN	TID
19/06/2019	H. ERWIN A. N.E., Ph.D.	DOSEN PEMBINA	
NO.	NAMA MAHASISWA	HRP	
1	ACHMAD ROBBY RAMADHAN	3114100137	
2			
3			
REKAMAH			
Apron dan Taxiway			
JUDUL GAMBAR			
Perkerasan Rigid			
SKALA	NO. GAMBAR	REFERENSI	
1 : 2500			
TANGGAL	TUGAS AKHIR		
19/06/2019	7		

(Halaman Ini Sengaja dikosongkan)

450.0



2700.0

-  RIGID/KAKU
-  FLEXIBLE/LENTUR

TGL	DIGAMBAR	JABATAN	TTD
19/06/2019	ACHMAD ROBBY RAMADHAN	MAHASISWA	
TGL	DIPERIKSA	JABATAN	TTD
19/06/2019	H. EDWIN A. M., Ph.D.	DOSEN PEMBINA	
NO.	NAMA MAHASISWA	HRP	
1	ACHMAD ROBBY RAMADHAN	3114100137	
2			
3			
REKAMAH			
Runway dan Taxiway			
JUDUL GAMBAR			
Perkerasan Lentur			
SKALA	NO. GAMBAR	REFERENSI	
1 : 2500			
TANGGAL	TUGAS AKHIR		
19/06/2019	8		

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

(Halaman Ini Sengaja dikosongkan)

BIODATA PENULIS



Achmad Robby Ramadhan,

Penulis dilahirkan di Surabaya, 20 Januari 1996 merupakan anak kedua dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Cendrawasih (Sidoarjo), SDN Kepuh Kiriman I (Sidoarjo), SMPN 1 Waru (Sidoarjo), SMAN 16 (Surabaya). Setelah lulus dari SMAN 16 Surabaya, hingga akhirnya diterima sebagai mahasiswa di S1 Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan, Institut

Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2014 dengan NRP 03111440000137 melalui jalur Mandiri. Selama perkuliahan penulis aktif mengikuti kegiatan kepanitiaan di KM ITS. Penulis pula pernah bergabung dalam organisasi kemahasiswaan, yakni sebagai staff Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa HMS FTSLK ITS periode 2015-2016. Pada akhir semester 6, penulis mendapatkan kesempatan untuk kerja praktek di PT. Adhi Karya dengan proyek pembangunan Apartemen di Bekasi Utara.

Email : roxs.boy@gmail.com



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



Form AK/TA-04
rev01

NAMA PEMBIMBING	: Ir. Ervina Ahyudanari, ME, PhD
NAMA MAHASISWA	: ACHMAD ROBBY RAMADHAN
NRP	: 03111410000137
JUDUL TUGAS AKHIR	: PERENCANAAN PENGEMBANGAN SISI UDARA BANDARA KOMODO
TANGGAL PROPOSAL	: 3 Januari 2019
NO. SP-MMTA	: 37359/IT2.VI.4.1/PP.05.02.00/2019

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	30/4 19	<ul style="list-style-type: none"> PERAMALAN PERGERAKAN LALU - LINTAS PESAWAT DENGAN METODE ARIMA PENENTUAN PEAK HOUR 	<ul style="list-style-type: none"> MEMBENARKAN TATA CARA METODE ARIMA PEMBERIAN NARASI ASUMSI DATA Peak hour digunakan data jumlah pergerakan lalu lintas pesawat 	
2.	6/5 19	<ul style="list-style-type: none"> MENDAPATKAN PANJANG RUNWAY dan LOKASI EXIT TAXIWAY MEMENTUKAN JUMLAH GATE 	<ul style="list-style-type: none"> membenarkan LDA, ASDA, TODA pada runway exit taxiway ada 2 atau 1 tergantung dari arah pendaratan jumlah gate dihitung dari peak hour rencana 2023 	
3.	13/5 19	<ul style="list-style-type: none"> mengerti penjelasan metode ARIMA mendapatkan hasil & gambar dari runway, exit taxiway & jumlah apron mendapatkan tebal perkerasan 	<ul style="list-style-type: none"> menentukan runway dapat dipakai 2 arah atau tidak tebal perkerasan menggunakan berbagai macam nilai CBR menentukan jenis sambungan untuk perkerasan kasar 	
4.	20/5 19	<ul style="list-style-type: none"> membuat hasil & kesimpulan mendapatkan jenis sambungan 	<ul style="list-style-type: none"> menambahkan narasi analisis windrose 	
5.	27/5 19	<ul style="list-style-type: none"> Desain sisi udara (geometri) tanpa merubah bayot eksisting secara total 		