



PROYEK AKHIR TERAPAN – RC096599

**PERENCANAAN PENGEMBANGAN SISI UDARA (*AIR SIDE*) PADA BANDAR UDARA SYAMSUDIN NOOR,
KALIMANTAN SELATAN**

BERLIAN PUTRA WICAKSANA
NRP. 3115 040 631

Dosen Pembimbing
Ir. RACHMAD BASUKI, MS.
NIP. 19641114 198903 1001

PROGRAM LINTAS JALUR DIV TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



PROYEK AKHIR TERAPAN – RC096599

**PERENCANAAN PENGEMBANGAN SISI UDARA (*AIR SIDE*) PADA BANDAR UDARA SYAMSUDIN NOOR,
KALIMANTAN SELATAN**

BERLIAN PUTRA WICAKSANA
NRP. 3115 040 631

Dosen Pembimbing
Ir. RACHMAD BASUKI, MS.
NIP. 19641114 198903 1001

PROGRAM LINTAS JALUR DIV TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



APPLIED FINAL PROJECT – RC096599

**DESIGN OF AIR SIDE DEVELOPMENT AT
SYAMSUDIN NOOR AIRPORT, SOUTH KALIMANTAN**

BERLIAN PUTRA WICAKSANA
NRP. 3115 040 631

Counselor Lecturer
Ir. RACHMAD BASUKI, MS.
NIP. 19641114 198903 1001

DIV LINTAS JALUR PROGRAM CIVIL ENGINEERING
Civil Engineering and Planning Faculty
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2016



APPLIED FINAL PROJECT – RC096599

**DESIGN OF AIR SIDE DEVELOPMENT AT
SYAMSUDIN NOOR AIRPORT, SOUTH KALIMANTAN**

BERLIAN PUTRA WICAKSANA
NRP. 3115 040 631

Counselor Lecturer
Ir. RACHMAD BASUKI, MS.
NIP. 19641114 198903 1001

DIV LINTAS JALUR PROGRAM CIVIL ENGINEERING
Civil Engineering and Planning Faculty
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2016

**PERENCANAAN PENGEMBANGAN SISI UDARA
(AIR SIDE) PADA BANDAR UDARA SYAMSUDIN
NOOR, KALIMANTAN SELATAN**

PROYEK AKHIR TERAPAN

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains Terapan
pada
Program Studi D-IV Lintas Jalur Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

BERLIAN PUTRA WICAKSANA
NRP. 3115 040 631

20 JAN 2017

Disetujui oleh Pembimbing Proyek Akhir Terapan :

Pembimbing I

1. Ir. Rachmad Basuki, MS
NIP. 19641114 1989031001



SURABAYA
JANUARI, 2017

**PERENCANAAN PENGEMBANGAN SISI UDARA (AIR
SIDE) PADA BANDAR UDARA SYAMSUDIN NOOR,
KALIMANTAN SELATAN**

Nama Mahasiswa : Berlian Putra Wicaksana
NRP : 3115 040 631
Jurusan : Lintas Jalur D-IV Teknik Sipil
Dosen Pembimbing : Ir. Rachmad Basuki, MS.

ABSTRAK

Bandar udara Syamsudin Noor masuk dalam kategori bandar udara tersibuk nomor 8 di Indonesia. Pergerakan pesawat tiap tahunnya selalu meningkat untuk beberapa jenis pesawat. Hal ini yang menjadi alasan perlunya dilakukan pengembangan, untuk kasus ini adalah pengembangan fasilitas sisi udara (air side). Tujuannya adalah untuk mengetahui dimensi/ukuran serta struktur perkerasan yang mampu melayani pergerakan pesawat di tahun yang direncanakan.

Tahapan perencanaan yang dilakukan diawali dengan peramalan pergerakan pesawat 5 tahun yang akan datang hingga tahun 2020. Hasil dari peramalan digunakan untuk mengetahui jenis pesawat rencana. Pesawat rencana dijadikan acuan untuk analisis geometrik sisi udara yaitu landasan pacu, landas hubung paralel, landas hubung keluar, landas parkir, dan perencanaan perkerasan. Jenis perkerasan yang digunakan adalah perkerasan kaku pada penambahan panjang landasan pacu dan landas parkir, serta perkerasan lentur pada landas hubung paralel. Perencanaan perkerasan menggunakan metode FAA (Federal Aviation Administration) cara manual dan menggunakan software FAARFIELD.

Kesimpulan didapatkan jenis pesawat rencana yang dijadikan acuan adalah Boeing 737-900ER. Kebutuhan landasan pacu untuk lepas landas dan mendarat pesawat Boeing 737-

900ER berturut-turut adalah 2770 m dan 2529 m. Panjang kebutuhan landasan pacu yang digunakan adalah 2770 m. Dimensi landasan pacu dikembangkan menjadi 3000x45 m, letak landas hubung keluar berada pada STA 2+700 dan 3+000. Tebal perkerasan untuk landasan pacu, landas hubung paralel, dan landas parkir berturut-turut adalah 672 mm, 589 mm, dan 665 mm.

Kata Kunci : Fasilitas sisi udara, Landasan pacu, Landas hubung, Landas hubung keluar, Landas parkir, Perkerasan kaku, Perkerasan lentur, Metode FAA, FAARFIELD

DESIGN OF AIR SIDE DEVELOPMENT AT SYAMSUDIN NOOR AIRPORT, SOUTH KALIMANTAN

Student Name : Berlian Putra Wicaksana
NRP : 3115 040 631
Department : Lintas Jalur D-IV Teknik Sipil
Counselor Lecturer : Ir. Rachmad Basuki, MS.

ABSTRACT

Syamsudin Noor airport include in the busiest airport category number 8 in Indonesia. Aircraft movements each year has increased in several types of aircraft. This is the reason that development needed, in this case is air side development. Purpose of this development is to find out the dimensions and also pavement structure that able to serve every aircraft movement in a planned year.

First step for planning an airport is forecasting aircraft movements for 5 years to come until 2020. The result of forecasting is used to determine a designed aircraft. Designed aircraft that used as a reference to airside geometric analysis, in this case is runway, parallel taxiway, exit taxiway, apron, and designing pavements structure. Type of pavement that used is rigid pavement at an addition of runway and apron, also flexible pavement at parallel taxiway. Planning pavement is using FAA (Federal Aviation Administration) method manually and using FAARFIELD software.

The conclusions that obtained is designed aircraft that used as a reference is Boeing 737-900ER. Length of runway that needed for take off and landing by Boeing 737-900ER's aircraft in a row is 2770 m and 2529 m. Length of runway that used is 2770 m. Dimensions of runway developed into 3000 x 45 m, exit taxiway located at STA 2 + 700 and 3 + 000. Pavements thick for

runway, parallel taxiway, and apron in a row is 672 mm, 589 mm and 665 mm.

Keywords : Airside facilities, Runway, Taxiway, Exit taxiway, Apron, Rigid pavement, Flexible pavement, FAA methods, FAARFIELD

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi wa Barakatuh.

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang selalu memberikan karunia serta hidayah-Nya kepada penulis dan atas ijin-Nya penulis dapat menyelesaikan Proyek Akhir Terapan dengan Judul :

“PERENCANAAN PENGEMBANGAN SISI UDARA (*AIR SIDE*) PADA BANDAR UDARA SYAMSUDIN NOOR, KALIMANTAN SELATAN”

Pada kesempatan yang berbahagia ini dengan segala hormat dan kerendahan hati ijin penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Rachmad Basuki selaku dosen pembimbing proyek akhir terapan Program Lintas Jalur D-IV Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
2. Bapak Tri Mustofa, SIP dan Ibu Sudaryati, SIP, kedua orang tua saya yang telah memberikan dukungan dan doanya.
3. Teman-teman Program Lintas Jalur D-IV Genap Tahun Ajaran 2015 yang telah memberikan dukungannya.

Akhir kata semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Wassalamualaikum Warahmatullahi wa Barakatuh.

Surabaya, Desember 2016
Penyusun,

Berlian Putra Wicaksana

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL.....	xxi
DAFTAR SIMBOL.....	xxv
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	4
1.5. Manfaat.....	4
1.6. Spesifikasi Bandar Udara.....	5
1.7. Lokasi Bandar Udara.....	6
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. Gambaran Umum.....	7
2.2. Sifat-sifat Pesawat Terbang.....	7
2.2.1. Berat Pesawat Terbang.....	8
2.2.2. Konfigurasi Roda Pendaratan.....	10
2.2.3. Karakteristik Kemampuan Pesawat.....	11
2.3. Peramalan Pertumbuhan Pesawat Terbang Menggunakan Metode Regresi Linear Sederhana.....	15
2.4. Fasilitas Sisi Udara (<i>Airside</i>).....	16
2.4.1. Landasan Pacu/ <i>Runway</i>	16
2.4.1.1. Konfigurasi <i>Runway</i>	17
2.4.1.2. Lingkungan Bandar Udara.....	21
2.4.1.3. Perencanaan Panjang Landas Pacu/ <i>Runway</i> Terkoreksi	23

2.4.1.4. Karakter Fisik Landasan Pacu/ <i>Runway</i>	24
2.4.2. Landas Hubung/ <i>Taxiway</i>	32
2.4.2.1. Lebar Landas Hubung/ <i>Taxiway</i>	33
2.4.2.2. Persyaratan Jarak <i>Taxiway/Taxilane</i> yang Diizinkan	36
2.4.2.3. <i>Taxiway</i> Paralel.....	40
2.4.2.4. Belokan dan Persimpangan (<i>Curves and Intersection</i>)	42
2.4.2.5. <i>Crossover Taxiway</i>	43
2.4.2.6. Landas Hubung Keluar/ <i>Exit Taxiway</i>	45
2.4.3. Landas Parkir/ <i>Apron</i>	48
2.4.3.1. Penentuan Jumlah Gerbang/ <i>Gate</i>	49
2.4.3.2. Dimensi Gerbang/ <i>Gate</i>	50
2.5. Metode Perencanaan Perkerasan	51
2.6. Perencanaan Perkerasan Metode FAA Cara Manual	52
2.6.1. Perkerasan Lentur/ <i>Flexible Pavement</i>	54
2.6.2. Perkerasan Kaku/ <i>Rigid Pavement</i>	55
2.7. Perencanaan Perkerasan Metode FAA dengan <i>Software</i> <i>FAARFIELD</i>	60
2.7.1. Perencanaan Perkerasan Lentur/ <i>Flexible Pavement</i>	64
2.7.1.1. Lapis Permukaan Campuran Aspal Panas/ <i>Hot Mix</i> <i>Asphalt Surfacing</i>	64
2.7.1.2. Lapis Pondasi Atas/ <i>Base Course</i>	64
2.7.1.3. Lapis Pondasi Bawah/ <i>Subbase Course</i>	66
2.7.1.4. Tanah Dasar/ <i>Subgrade</i>	67
2.7.2. Perencanaan Perkerasan Kaku/ <i>Rigid Pavement</i>	68
2.7.2.1. Perkerasan Beton/ <i>Concrete Pavement</i>	68
2.7.2.2. Lapis Pondasi Bawah/ <i>Subbase Course</i>	68
2.7.2.3. Tanah Dasar/ <i>Subgrade</i>	69
2.7.2.4. Sambungan/ <i>Joint</i> Perkerasan Kaku	70
2.7.2.5. Sambungan Baja	76
2.8. Perencanaan Drainase	77
2.8.1. Curah Hujan Rencana	78
2.8.1.1. Metode Log Pearson III	78

2.8.2. Debit Rencana Saluran (Q).....	80
2.8.2.1. Koefisien Pengaliran (C)	81
2.8.2.2. Waktu Konsentrasi (Tc).....	83
2.8.2.3. Intensitas Hujan (I)	85
2.8.2.4. Dimensi Saluran Drainase	87
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	89
3.1. Perumusan Masalah, Identifikasi Masalah, dan Tujuan .	89
3.2. Studi Pustaka	89
3.3. Pengumpulan Data.....	90
3.3.1. Data Sekunder.....	90
3.4. Pengolahan Data	90
3.4.1. Peramalan/ <i>Forecasting</i> Pesawat.....	90
3.4.2. Menghitung Nilai k dan <i>Flexural Strength</i> Beton	91
3.4.3. Menghitung Curah Hujan Rencana	91
3.5. Perhitungan dan Analisis Data.....	91
3.5.1. Penambahan Panjang <i>Runway</i>	92
3.5.2. Letak <i>Exit Taxiway</i> dan Dimensi/Ukuran <i>Taxiway</i>	92
3.5.3. Perencanaan Perkerasan.....	92
3.5.4. Dimensi Saluran Drainase <i>Runway</i>	93
3.6. Kesimpulan dan Saran	93
3.7. <i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian.....	94
BAB IV. PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA ...	97
4.1. Peramalan/ <i>Forecasting</i> Pergerakan Pesawat.....	97
4.1.1. Analisis Pergerakan Pesawat Eksisting	97
4.1.2. Analisis Peramalan Pertumbuhan Pergerakan Pesawat	98
4.1.2.1. Metode Regresi Linear Sederhana.....	98
4.1.2.2. ARIMA	101
4.2. Analisis Kondisi Eksisting Bandar Udara Syamsudin Noor	106
4.2.1. Landasan Pacu/ <i>Runway</i>	107
4.2.2. Landas Hubung/ <i>Taxiway</i>	107

4.2.3. Landas Parkir/ <i>Apron</i>	108
4.3. Analisis Geometrik Fasilitas Sisi Udara (<i>Airside</i>) Bandar Udara Syamsudin Noor.....	108
4.3.1. Analisis Landasan Pacu/ <i>Runway</i>	108
4.3.1.1. Analisis Panjang <i>Runway</i> Cara Analitis (<i>Take Off</i>)..	109
.....	109
4.3.1.2. Analisis Panjang <i>Runway</i> Cara Analitis (<i>Landing</i>) ..	111
.....	111
4.3.1.3. Dimensi <i>Runway</i> dan Lingkungan <i>Runway</i> Menurut ICAO.....	112
4.3.2. Analisis Landas Hubung/ <i>Taxiway</i> dan <i>Exit Taxiway</i> ...	117
.....	117
4.3.2.1. Dimensi <i>Taxiway</i> Menurut FAA.....	118
4.3.2.2. Letak <i>Exit Taxiway</i>	120
4.3.3. Analisis Landas Parkir/ <i>Apron</i>	122
4.3.3.1. Jumlah Gerbang/ <i>Gate</i>	124
4.3.3.2. Ukuran Gerbang/ <i>Gate</i>	124
4.4. Perencanaan Perkerasan pada Pengembangan Fasilitas Sisi Udara.....	128
4.4.1. Analisis Perkerasan Eksisting	128
4.4.2. Perencanaan Perkerasan <i>Runway</i>	130
4.4.2.1. Perencanaan Perkerasan <i>Runway</i> Metode FAA Menggunakan Cara Manual.....	130
4.4.2.2. Perencanaan Perkerasan <i>Runway</i> Menggunakan <i>Software</i> FAARFIELD	135
4.4.3. Perencanaan Perkerasan <i>Taxiway</i> Paralel	136
4.4.4. Perencanaan Perkerasan <i>Apron</i>	137
4.4.5. Perencanaan Sambungan Perkerasan Kaku	139
4.5. Perencanaan Saluran Drainase <i>Runway</i>	140
4.5.1. Penentuan Daerah Pengaliran	141
4.5.2. Perhitungan Koefisien Pengaliran (C)	141
4.5.3. Perhitungan Waktu Konsentrasi (Tc).....	142
4.5.4. Perhitungan Intensitas Hujan (I)	144
4.5.5. Perhitungan Debit Rencana Saluran (Qrencana)	147
4.5.6. Perhitungan Dimensi Saluran	147

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	151
5.1. Kesimpulan	151
5.2. Saran	152

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN
BIODATA PENULIS

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Lokasi Penambahan Panjang <i>Runway</i>	3
Gambar 1.2. Lokasi Bandar Udara Syamsudin Noor, Kalimantan Selatan	6
Gambar 2.1. Konfigurasi Roda Pendaratan Standar.....	10
Gambar 2.2. Konfigurasi Roda Pendaratan Kompleks	11
Gambar 2.3. Panjang <i>Runway</i> yang Dibutuhkan Pesawat untuk Lepas Landas dan Mendarat.....	14
Gambar 2.4. Contoh Konfigurasi <i>Runway</i> Tunggal. (San Diego International Airport)	18
Gambar 2.5. Contoh Konfigurasi <i>Runway</i> Ganda. (Orlando International Airport)	19
Gambar 2.6. Contoh Konfigurasi <i>Runway</i> Berpotongan. (La Guardia Airport, New York)	20
Gambar 2.7. Contoh Konfigurasi <i>Runway</i> V terbuka. (Jacksonville International Airport)	21
Gambar 2.8. Kemiringan Memanjang <i>Runway</i>	27
Gambar 2.9. <i>Runway Strips</i>	29
Gambar 2.10. Penampang <i>Stopway/Overrun</i>	30
Gambar 2.11. Penampang <i> Holding Bay</i>	31
Gambar 2.12. Belokan <i>Taxiway</i> < 90°	34
Gambar 2.13. Belokan <i>Taxiway</i> > 90°	34
Gambar 2.14. Belokan <i>Taxiway</i> dengan Sudut 90°	35
Gambar 2.15. <i>Wingtip Clearance</i> untuk <i>Taxiway</i> Paralel	38
Gambar 2.16. <i>Wingtip Clearance</i> dari <i>Taxiway</i>	38
Gambar 2.17. <i>Wingtip Clearance</i> dari <i>Taxilane</i>	39
Gambar 2.18. TSA dan TOFA pada Perpotongan <i>Taxiway</i>	40
Gambar 2.19. <i>Dual Taxiway</i> Paralel	41
Gambar 2.20. <i>Taxiway Crossover</i> Dimana Arah Pembalikan Dibutuhkan Berdasarkan TDG	45
Gambar 2.21. Exit <i>Taxiway</i> 90°	46
Gambar 2.22. Exit <i>Taxiway</i> 45°	46
Gambar 2.23. Exit <i>Taxiway</i> 30°	47

Gambar 2.24. Kurva Perencanaan Kaku <i>Single Wheel Gear</i>	59
Gambar 2.25. Kurva Perencanaan Kaku <i>Dual Wheel Gear</i>	59
Gambar 2.26. Kurva Perencanaan Kaku <i>Dual Tandem Gear</i>	60
Gambar 2.27. Tampilan <i>Software</i> FAARFIELD	61
Gambar 2.28. <i>Two Effective Tire Widths-No Overlap</i>	62
Gambar 2.29. <i>One Effective Tire Width-Overlap</i>	62
Gambar 2.30. Sambungan Isolasi Tipe A dan A-1	71
Gambar 2.31. Detail Sambungan Isolasi	72
Gambar 2.32. Sambungan Kontraksi Tipe B, Tipe C dan D	72
Gambar 2.33. Detail Sambungan Kontraksi	73
Gambar 2.34. Sambungan Kontruksi Tipe E.....	73
Gambar 2.35. Detail Sambungan Kontruksi.....	73
Gambar 2.36. Posisi Dowel Pada Tepi Perkerasan (Tipe C dan E)	74
Gambar 2.37. Kurva IDF.....	86
Gambar 3.1. <i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian	94
Gambar 4.1. Grafik Pertumbuhan Pergerakan Pesawat Tahun 2011-2015.....	98
Gambar 4.2. Grafik Pergerakan Pesawat Tahun 2011-2015	101
Gambar 4.3. Plot Data Pergerakan Pesawat B737-900ER	102
Gambar 4.4. Plot ACF Pesawat B737-900ER	102
Gambar 4.5. Plot PACF Pesawat B737-900ER.....	102
Gambar 4.6. Uji Signifikan Dugaan ARIMA (1,1,1)	103
Gambar 4.7. Uji Asumsi <i>White Noise</i> ARIMA	103
Gambar 4.8. Grafik Pergerakan Pesawat Tahun 2016-2020	105
Gambar 4.9. Geometrik Bandar Udara Syamsudin Noor	127
Gambar 4.10. Kurva Perencanaan Perkerasan Kaku untuk Pesawat Rencana Boeing 737-900ER	134
Gambar 4.11. Hasil Akhir <i>Software</i> FAARFIELD untuk Perkerasan <i>Runway</i> Baru.....	136
Gambar 4.12. Hasil Akhir <i>Software</i> FAARFIELD untuk Perkerasan <i>Taxiway</i> Baru	137

Gambar 4.13. Hasil Akhir <i>Software</i> FAARFIELD untuk Perkerasan <i>Apron</i> Timur	139
Gambar 4.14. Detail Sambungan Tipe E.....	140
Gambar 4.15. Detail 3 Sambungan Tipe E.....	140

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. <i>Aerodrome Reference Code</i>	24
Tabel 2.2. Lebar <i>Runway (Width)</i>	25
Tabel 2.3. Bahu Landasan	25
Tabel 2.4. <i>Turning Area</i>	26
Tabel 2.5. Kemiringan Memanjang Maksimum <i>Runway</i>	26
Tabel 2.6. Kemiringan Melintang Maksimum <i>Runway</i>	27
Tabel 2.7. Jarak Pandang Minimum <i>Runway</i>	28
Tabel 2.8. Persyaratan <i>Runway Strips</i>	28
Tabel 2.9. Dimensi <i>Stopway/Overrun</i>	30
Tabel 2.10. Dimensi RESA	32
Tabel 2.11. Standar Perpotongan untuk TDG 4	33
Tabel 2.12. Standar Perencanaan Berdasarkan ADG	37
Tabel 2.13. Standar Rincian Persimpangan Untuk TDG 4.....	43
Tabel 2.14. <i>Crossover Taxiway</i> dengan Arah Pembalikan Antara Taxiway Berdasarkan TDG.....	44
Tabel 2.15. Letak dan Ukuran <i>Aiming Point Marking</i>	47
Tabel 2.16. Klasifikasi Kelas Pesawat Terbang	50
Tabel 2.17. Jarak Bebas Antar Pesawat Di Apron	51
Tabel 2.18. Faktor Konversi Roda Pendaratan Pesawat.....	54
Tabel 2.19. Harga Pendekatan Nilai k dari Berbagai Jenis Tanah	57
Tabel 2.20. Faktor Konversi Roda Pendaratan Pesawat.....	58
Tabel 2.21. Nilai Standar pada <i>Software FAARFIELD</i>	63
Tabel 2.22. Nilai Standar CDF pada <i>Software FAARFIELD</i> ...	64
Tabel 2.23. Ketebalan Minimum Agregat Lapis Pondasi Bawah	66
Tabel 2.24. Contoh Persyaratan Pemadatan	67
Tabel 2.25. Contoh Kepadatan Untuk Tanah Dasar.....	68
Tabel 2.26. Rekomendasi Perbaikan dari Tanah Bergelombang	70
Tabel 2.27. Jenis Sambungan Perkerasan Kaku	74

Tabel 2.28. Rekomendasi Jarak Maksimum Sambungan–Perkerasan Kaku Dengan atau Tanpa Perbaikan Pondasi Bawah	75
Tabel 2.29. Dimensi dan Jarak Spasi Dowel Bar	77
Tabel 2.30. Tabel Nilai Distribusi untuk Harga Cs Positif	79
Tabel 2.31. Tabel Nilai Distribusi untuk Harga Cs Negatif	80
Tabel 2.32. Koefisien Pengaliran (C)	82
Tabel 2.33. Koefisien Manning pada Aliran Permukaan	84
Tabel 2.34. Koefisien Intercept	85
Tabel 4.1. Data Pergerakan Pesawat Tahun 2011-2015	97
Tabel 4.2. Nilai x dan y untuk Pesawat Tipe B737-900ER	99
Tabel 4.3. Hasil Peramalan Pergerakan Pesaawat dengan Metode Regresi Linier Sederhana	100
Tabel 4.4. Peramalan Pergerakan Pesawat Tahun 2016	104
Tabel 4.5. Peramalan Pergerakan Pesawat Tahun 2020	104
Tabel 4.6. Peramalan Pergerakan Pesawat Tahun 2016-2020...	105
Tabel 4.7. Lebar <i>Runway</i> menurut ICAO	113
Tabel 4.8. Lebar <i>Shoulder</i> menurut ICAO	113
Tabel 4.9. <i>Turning Area</i> menurut ICAO	114
Tabel 4.10. Jarak Pandang Minimum <i>Runway</i> menurut ICAO	115
Tabel 4.11. <i>Runway Strips</i> menurut ICAO	115
Tabel 4.12. Dimensi <i>Stopway/overrun</i>	116
Tabel 4.13. Dimensi <i> Holding bay</i>	117
Tabel 4.14. Standar Perencanaan <i>Taxiway</i> berdasarkan ADG ..	118
Tabel 4.15. Standar Perencanaan <i>Taxiway</i> berdasarkan TDG...	118
Tabel 4.16. Standar Persimpangan berdasarkan TDG 4	119
Tabel 4.17. Persimpangan <i>Taxiway</i> dengan Arah Putar berdasarkan TDG	119
Tabel 4.18. Persimpangan <i>Taxiway</i> dengan Arah Putar berdasarkan ADG	120
Tabel 4.19. Letak Exit <i>Taxiway</i> tiap-tiap Pesawat	122
Tabel 4.20. Pergerakan Pesawat Tahun 2016-2020	123
Tabel 4.21. Pergerakan Pesawat pada Jam Puncak/ <i>Peak Hour</i> . ..	123

Tabel 4.22. Dimensi Gerbang/ <i>Gate</i> per Pesawat.....	125
Tabel 4.23. Komposisi Parkir untuk Tahun 2020.....	126
Tabel 4.24. Tebal Perkerasan Existing	129
Tabel 4.25. Nilai CBR Lapangan	130
Tabel 4.26. Data Pergerakan Pesawat Tahun 2016-2020.....	131
Tabel 4.27. Rekapitulasi R1 tiap-tiap Pesawat.....	133
Tabel 4.28. Rekomendasi Jarak Sambungan Maksimum untuk Perkerasan <i>Rigid</i> dengan <i>Stabilized Subgrade</i>	140
Tabel 4.29. Rekapitulasi Nilai C rata-rata	142
Tabel 4.30. Rekapitulasi Waktu Konsentrasi (T_c)	144
Tabel 4.31. Curah Hujan Bandar Udara Syamsudin Noor Tahun 2000-2011.....	145
Tabel 4.32. Perhitungan Curah Hujan Rancangan dengan Metode Log Pearson III.....	146
Tabel 4.33. Rekapitulasi Perhitungan Dimensi Saluran Drainase	149

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR SIMBOL

V1	: Kecepatan Putusan/ <i>Decision Speed</i> (m/s)
V2	: Kecepatan Awal untuk Mendaki/ <i>Initial Climb Out Speed</i> (m/s)
Vr	: Kecepatan Rotasi/ <i>Rotation Speed</i> (m/s)
Vlof	: Kecepatan Angkat/ <i>Lift Off Speed</i> (m/s)
Y	: Variabel Response atau Variabel Akibat (Dependent)
X	: Variabel Predictor atau Variabel Faktor Penyebab (Independent)
a	: konstanta
b	: koefisien regresi (kemiringan); besaran Response yang ditimbulkan oleh Predictor
Ft	: Faktor koreksi temperatur
Fe	: Faktor koreksi elevasi
Fs	: Faktor koreksi kemiringan/ <i>gradient</i>
T	: Temperatur di Bandar Udara ($^{\circ}\text{F}$ atau $^{\circ}\text{C}$)
h	: Elevasi Bandar Udara (ft atau m)
S	: kemiringan <i>runway/runway gradient</i> (%)
ARFL	: <i>Aeroplane Reference Field Length</i> (untuk pesawat rencana) (m)
Lr ₀	: Panjang runway terkoreksi (m)
D1	: Jarak dari <i>threshold</i> untuk <i>touchdown</i> (m)
D2	: Jarak <i>exit taxiway</i> dari titik <i>touchdown</i> (m)
V1	: Kecepatan <i>touchdown</i> di <i>runway</i> (m/s)
V2	: Kecepatan awal keluar <i>runway</i> (m/s)
a	: Perlambatan (m/s^2)
G	: Jumlah gerbang (<i>gate</i>)
V	: Volume rencana untuk kedatangan/keberangkatan (gerakan/jam)
T	: <i>Gate Occupancy Time</i> (jam)
U	: Faktor pemakaian gerbang/ <i>gate</i> (0,6 – 0,8)
R	: Radius putar pesawat (ft atau m)
C	: Jarak pesawat dan pesawat ke gedung terminal (25 ft – 35 ft)

P	: Panjang pesawat (ft atau m)
W	: Lebar <i>taxilane</i> (ft atau m)
R1	: <i>Equivalent annual departure</i> pesawat rencana
R2	: <i>Annual departure</i> pesawat campuran dinyatakan dalam roda pendaratan pesawat rencana
W1	: Beban roda pesawat rencana
W2	: Beban roda pesawat yang ditanyakan
k	: Nilai k tanah dasar/ <i>subgrade</i>
Q _{rencana}	: Debit rencana saluran drainase (ft ³ /s)
C	: Koefisien pengaliran
I	: Intensitas hujan (in/hr)
A	: Area drainase (ha)
Tc	: Waktu konsentrasi (menit)
t1	: Waktu untuk mencapai awal saluran dari titik terjauh (menit)
t2	: Waktu aliran dalam saluran sepanjang L dari ujung saluran (menit)
lo	: Jarak titik terjauh ke fasilitas drainase (m)
nd	: Koefisien manning
i _s	: Kemiringan saluran memanjang (%)
k	: Koefisien intercept
Sp	: Kemiringan saluran memanjang drainase (%)
R ₂₄	: Curah hujan rencana (in/jam)
v	: Kecepatan aliran dalam saluran drainase (m/s)
n	: Koefisien kekasaran/manning
R	: Keliling basah saluran drainase (m)
S	: Kemiringan memanjang saluran drainase (%)
b	: Lebar saluran drainase (m)
h	: Tinggi basah saluran drainase (m)
w	: tinggi jagaan saluran drainase (m)
Q _{saluran}	: Debit saluran drainase (m ³ /s)
A	: Luas basah saluran (m ²)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kalimantan Selatan merupakan salah satu dari 35 provinsi di Indonesia dengan ibukotanya adalah Banjarmasin. Provinsi Kalimantan Selatan memiliki luas wilayah 37.530,52 km² dengan populasi hampir 3,7 juta jiwa. Banjarmasin merupakan kota terbesar dan terpadat di Kalimantan dengan luas wilayah 72 km² dengan populasi sebanyak 675.440 jiwa (Wikipedia). Perekonomian di Kalimantan Selatan didukung oleh sektor pertanian, perkebunan, dan tambang. Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS) nilai ekspor impor pada bulan Februari 2015 surplus US\$ 468,44 juta. Negara utama tujuan ekspor Kalimantan adalah India dengan nilai US\$190,49 juta, Tiongkok dengan nilai US\$115,84 juta dan Jepang dengan nilai US\$85,78 juta.

Adanya sektor ekspor dan impor yang cukup besar ini harus diikuti dengan peningkatan infrastruktur transportasi baik darat, laut, maupun udara. Peningkatan infrastruktur transportasi selain untuk sektor ekspor dan impor juga untuk memperlancar sektor lain seperti pariwisata dan transmigrasi. Tidak hanya untuk tujuan itu, peningkatan infrastruktur transportasi sudah sewajarnya dilakukan sejalan dengan meningkatnya pula kebutuhan manusia.

Bandar udara Syamsudin Noor adalah bandar udara besar yang dimiliki Provinsi Kalimantan Selatan dan merupakan Bandar udara tersibuk ke-8 di Indonesia. Jumlah pergerakan pesawat baik keberangkatan maupun kedatangan selalu meningkat tiap tahunnya. Terletak di Kabupaten Banjarbaru dengan jarak \pm 25 km dari Kota Banjarmasin. Bandar udara Syamsudin Noor merupakan salah satu Bandar udara yang dikelola PT. (Persero) Angkasa Pura I dan memiliki permintaan angkutan udara untuk penumpang dan kargo yang cukup potensial. Menurut KM No.11 Tahun 2010, hierarkinya Bandar udara Syamsudin Noor merupakan Bandar udara Pengumpul Skala Sekunder (I/3),

sedangkan menurut penggunaannya adalah Bandar udara internasional haji.

Bandar udara Syamsudin Noor memiliki panjang landas pacu (*runway*) sebesar 2.500 x 45 m dengan total luas area 112.500 m² dan arah azimuth 10 – 28, 4 buah landas hubung (*taxiway*) dengan total luas 18.318 m², 2 landas parkir (*apron*) dengan total luas 80.412 m², dan terminal domestik dengan luas 9.943 m² dan dapat menangani 3.013.191 penumpang. Dengan *runway* dimensi tersebut, kemampuan maksimum Bandar udara Syamsudin Noor adalah untuk melayani jenis pesawat sekelas B767-300 ER dan telah menjadi embarkasi haji. Disisi lain, pertumbuhan ekonomi di Propinsi Kalimantan Selatan yang tiap tahun terus mengalami peningkatan serta potensi umroh dari wilayah cakupan Bandar udara Syamsudin Noor sangat besar. Saat ini potensi jamaah umroh yang mencapai 10 kloter serta permintaan terhadap pengembangan rute penerbangan luar negeri dan pengembangan potensi wilayah sangat tinggi.

Meningkatnya rute penerbangan sejalan dengan meningkatnya jenis pesawat yang dilayani Bandar udara. Semakin meningkat jenis pesawat dengan dimensi serta berat yang lebih besar, maka harus dilakukan beberapa pengembangan. Pada studi kasus ini difokuskan pada pengembangan fasilitas sisi udara (*air side*). Pengembangan fasilitas sisi udara (*air side*) yang dimaksud adalah penambahan panjang landasan pacu dan penambahan landas hubung paralel. Lokasi yang akan dilakukan pengembangan berupa penambahan panjang landasan pacu/*runway* terdapat pada Gambar 1.1. Pengembangan yang dimaksud pada fasilitas sisi udara (*air side*) direncanakan harus mampu melayani pergerakan pesawat di waktu yang akan datang.



Gambar 1.1. Lokasi Penambahan Panjang *Runway*

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada proyek akhir terapan ini adalah :

1. Berapa pertumbuhan pesawat pada 5 tahun mendatang?
2. Berapa panjang *runway* yang dibutuhkan untuk jenis pesawat rencana?
3. Bagaimana konfigurasi letak *exit taxiway* dan *taxiway* paralel?
4. Berapa dimensi/ukuran *exit taxiway* dan *taxiway* paralel?
5. Berapa tebal perkerasan yang dibutuhkan untuk melayani jenis pesawat rencana?
6. Berapa dimensi saluran drainase *runway*?

1.3. Tujuan

Tujuan proyek akhir terapan ini adalah :

1. Mengetahui pertumbuhan pesawat untuk 5 tahun mendatang.
2. Mengetahui panjang *runway* yang dibutuhkan untuk tipe pesawat rencana.
3. Mengetahui konfigurasi letak *exit taxiway* dan *taxiway* paralel.

4. Mengetahui dimensi/ukuran *exit taxiway* dan *taxiway* paralel.
5. Mengetahui tebal perkerasan yang dibutuhkan untuk melayani tipe pesawat rencana.
6. Mengetahui dimensi saluran drainase *runway*.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah pada proyek akhir terapan ini adalah :

1. Pengembangan yang dilakukan adalah penambahan panjang landasan pacu/*runway* dan landas hubung/*taxiway* paralel.
2. Perhitungan perkerasan dilakukan pada daerah penambahan panjang *runway*, *apron* timur, dan *taxiway* paralel masing-masing menggunakan jenis perkerasan kaku dan perkerasan lentur pada *taxiway* paralel.
3. Perhitungan perkerasan *runway* menggunakan metode FAA cara grafik dan software bantu FAARFIELD.
4. Rencana Anggaran Biaya (RAB) tidak diperhitungkan.
5. Perhitungan dimensi saluran hanya pada saluran drainase tepi *runway*.

1.5. Manfaat

Manfaat proyek akhir terapan ini adalah :

1. Mengetahui ukuran/dimensi fasilitas sisi udara yang sesuai dengan jenis pesawat yang direncanakan.
2. Menjadi referensi untuk pengembangan bandar udara di waktu yang akan datang.

1.6. Spesifikasi Bandar Udara

Nama Bandar udara	: Syamsudin Noor.
Pengelola	: PT. Angkasa Pura 1.
Alamat	: Jl. Angkasa Landasan Ulin, Banjarbaru, Kalimantan Selatan
Klasifikasi Bandar udara	: Kelas 1 B.
Lokasi – Luas	: 03° 26' 17,73" LS (S)/114° 45'
15,22" BT (E); 226 ha.	
Elevasi	: 66 ft (20,12 m) di atas permukaan laut.
Kode ICAO/IATA	: WAOO/BDJ.
Jam Operasi	: 12 Jam (07.00 – 19.00 WITA).
Jarak Dari Kota	: 25 km dari Banjarmasin.
Fasilitas Sisi Udara	
Landasan Pacu (<i>runway</i>)	
- Dimensi	: 2.500 x 45 m
- Azimuth	: 10-28
- PCN	: 36 FBXT
Landas Hubung (<i>taxiway</i>)	: 18
Landas Parkir (<i>apron</i>)	: 80
Kapasitas Apron	: B-737/F-100, A-300/DC- 10/MD-11, CASSA, F-28

1.7. Lokasi Bandar Udara

Bandar udara Syamsudin Noor terletak di sebelah tenggara Kota Banjarmasin kurang lebih sekitar 25 dari Kota. Secara geografis terletak di Jl. Angkasa Landasan Ulin, Banjarbaru. Ketinggian berada pada 66 ft (20,12 m) di atas permukaan laut.



Gambar 1.2. Lokasi Bandar Udara Syamsudin Noor, Kalimantan Selatan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambaran Umum

Bandar udara Syamsudin Noor terletak di Kabupaten Banjarbaru, Kalimantan Selatan. Bandar udara ini sedang dalam tahap pengembangan. Beberapa pengembangan yang dilakukan antara lain adalah penambahan panjang landasan pacu/*runway* dan penambahan landas hubung/*taxiway* paralel. Pengembangan tersebut dilakukan karena pergerakan pesawat di bandar udara Syamsudin Noor yang semakin meningkat. Selain itu, alasan lain dilakukannya pengembangan adalah jenis-jenis pesawat yang makin beragam dengan ukuran serta berat yang semakin besar. Pengembangan yang dilakukan diharapkan mampu untuk melayani segala jenis aktifitas penerbangan seperti yang sudah direncanakan.

Langkah awal yang dilakukan dalam perencanaan pengembangan bandar udara Syamsudin Noor adalah meramalkan pergerakan pesawat untuk beberapa tahun kedepan. Hal ini dilakukan agar perencanaan pengembangan bandar udara mampu melayani pergerakan pesawat pada tahun yang akan datang. Data yang digunakan adalah data pergerakan pesawat pada tahun lampau.

2.2 Sifat-sifat Pesawat Terbang

Sebelum melakukan perencanaan bandar udara dibutuhkan pengetahuan umum tentang pesawat terbang. Jenis-jenis pesawat terbang mempunyai karakteristik ukuran dan berat yang beragam. Ukuran dan berat pesawat terbang nantinya akan berpengaruh pada geometrik fasilitas sisi udara. Geometrik fasilitas sisi udara yang telah direncanakan harus mampu untuk melayani jenis pesawat yang beraktifitas pada bandar udara. Perencanaan geometrik yang dilakukan biasanya tergantung pada jenis pesawat dengan ukuran dan tingkat penerbangan terbesar.

Berikut ini adalah beberapa hal yang perlu diketahui dalam perencanaan bandar udara :

1. Berat Pesawat Terbang
Berat pesawat terbang diperlukan untuk perencanaan perkerasan landasan pacu/*runway*, landas hubung/*taxiway*, dan landas parkir/*apron*
2. Ukuran Pesawat Terbang
Lebar sayap dan panjang badan pesawat terbang (*fuselag*) mempengaruhi dimensi parkir area pesawat pada *apron*, lebar *runway*, *taxiway*, dan menjadi acuan jarak antara *runway* dan *taxiway*.
3. Kapasitas Penumpang
Kapasitas penumpang pesawat terbang berpengaruh pada perencanaan terminal.
4. Panjang Landasan Pacu
Panjang landasan pacu berpengaruh pada luas tanah yang dibutuhkan untuk bandar udara.

(Sumber: Basuki, 1986)

2.2.1. Berat Pesawat Terbang

Berat pesawat berpengaruh pada perencanaan panjang landasan pacu dan perencanaan perkerasan baik *runway*, *taxiway*, maupun *apron*. Semakin berat pesawat terutama pada saat lepas landas, semakin panjang pula landasan pacu yang dibutuhkan. Berat pesawat berbeda-beda tergantung pada aktifitas yang dilakukan baik di *runway* maupun *taxiway*. Berat pesawat pada saat lepas landas dan mendarat berbeda karena sudah dikurangi oleh berat bahan bakar selama penerbangan.

Beberapa berat pesawat yang paling menentukan dalam perhitungan panjang landasan pacu dan perkerasan adalah :

1. *Operating Weight Empty* (OWE)
Berat pesawat termasuk berat kru pesawat dan peralatan pesawat yang biasa disebut *No Go Item*. Bahan bakar dan penumpang yang membayar tidak diperhitungkan pada

OWE. OWE pada pesawat komersial berbeda-beda tergantung pada konfigurasi tempat duduk.

2. *Pay load*

Berat penumpang yang membayar yang nantinya diperhitungkan sebagai pendapatan bagi perusahaan. *Pay load* sudah termasuk didalamnya barang, surat-surat, paket, dan bagasi. *Maximum Structural Pay load* adalah muatan maksimum yang diizinkan untuk jenis pesawat tertentu yang dikeluarkan Direktorat Jenderal Perhubungan Udara. *Maximum Pay load* biasanya lebih kecil dari *Maximum Structural Pay load*. Semakin besar *pay load* maka jarak tempuh pesawat semakin kecil, begitu pula sebaliknya. Semakin kecil *pay load* maka jarak yang ditempuh pesawat semakin besar.

3. *Zero Fuel Weight*

Berat pesawat keseluruhan dan isinya tanpa memperhitungkan berat bahan bakar yang digunakan pesawat.

4. *Maximum Ramp Weight*

Berat maksimum pesawat yang diizinkan untuk melakukan *taxiing*. *Taxiing* adalah proses pesawat dari apron menuju ujung landasan pacu. Pada saat *taxiing*, pesawat berjalan dengan kekuatannya sendiri, membakar bahan bakar sehingga kehilangan berat.

5. *Maximum Landing Weight (MLW)*

Berat atau kemampuan struktural pesawat pada saat mendarat. Roda pendaratan utama/*main gear* strukturnya direncanakan untuk menyerap gaya yang lebih besar. MLW jauh lebih kecil dari MSTOW karena pada saat mendarat, bahan bakar telah terbakar hingga mendekati habis. Berbeda dengan MTOW yang membutuhkan bahan bakar penuh.

6. *Maximum Take Off Weight (MTOW)*

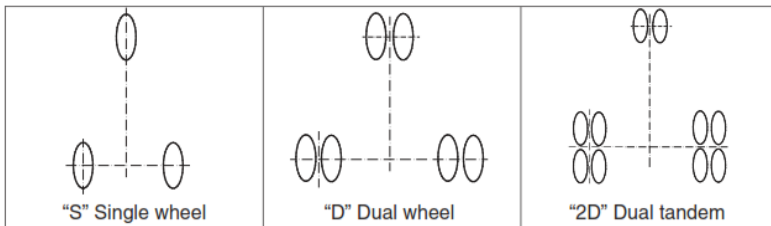
Berat maksimum pesawat termasuk kru pesawat, berat pesawat kosong, bahan bakar, dan *pay load* yang diizinkan oleh pabrik. Bahan bakar yang diperlukan terdiri dari 2

komponen, yaitu bahan bakar utama untuk perjalanan dan bahan bakar cadangan.

(Sumber: Basuki, 1986)

2.2.2. Konfigurasi Roda Pendaratan

Didalam dunia penerbangan, pesawat komersial mempunyai bermacam-macam konfigurasi roda pendaratan. Konfigurasi roda pendaratan yang paling sering dipakai oleh pesawat jenis komersial ada 3, yaitu *single wheel gear*, *dual wheel gear*, dan *dual tandem gear*. Pada *single wheel* terdapat 2 roda pendaratan utama/*main gear*, *dual wheel* terdapat 4 *main gear*, dan *dual tandem* terdapat 8 *main gear*. Pembagian jenis konfigurasi roda pendaratan pesawat terbang tergantung dengan dimensi dan berat pesawat. Dimensi dan berat berpengaruh pada beban yang harus ditumpu oleh roda pendaratan pesawat.



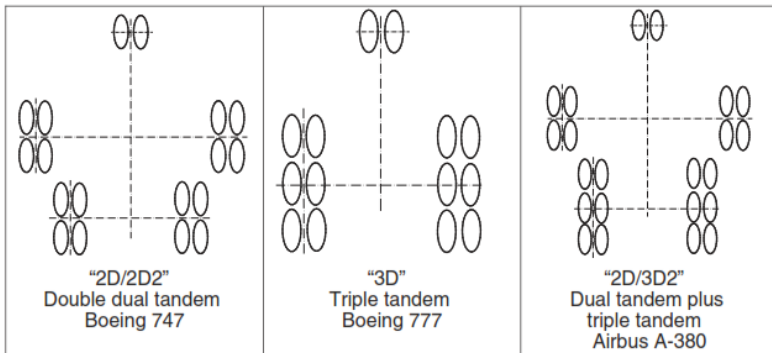
Gambar 2.1. Konfigurasi Roda Pendaratan Standar

(Sumber: Horonjeff, 2010)

Pada Gambar 2.1 terdapat 3 jenis konfigurasi roda pendaratan pesawat komersial. Konfigurasi roda pendaratan jenis *single wheel* biasanya digunakan oleh pesawat jenis DC-9. Konfigurasi roda pendaratan jenis *dual wheel* biasanya digunakan oleh pesawat jenis Boeing 737 dan Airbus 320, sedangkan konfigurasi roda pendaratan jenis *dual tandem* biasanya digunakan oleh pesawat dengan ukuran besar seperti jenis Boeing 747 dan Airbus 330.

Gambar 2.2 adalah konfigurasi roda pendaratan yang lebih kompleks. Biasanya digunakan untuk pesawat dengan

dimensi dan berat yang lebih besar. Jenis pesawat yang menggunakan konfigurasi roda pendaratan kompleks antara lain adalah Boeing 777 dan Airbus 380.



Gambar 2.2. Konfigurasi Roda Pendaratan Kompleks
(Sumber: Horonjeff, 2010)

2.2.3. Karakteristik Kemampuan Pesawat

Didalam perencanaan geometrik fasilitas sisi udara, ada beberapa istilah kecepatan pesawat berkaitan dengan pengaruhnya terhadap panjang landasan pacu/*runway* untuk lepas landas maupun mendarat. Kebutuhan panjang *runway* tiap-tiap jenis pesawat berbeda tergantung dengan kecepatan pesawat yang dikeluarkan oleh pabrik. Ada pula istilah panjang *runway* yang dibutuhkan untuk lepas landas pesawat. Tiap-tiap jarak/*range* panjang *runway* yang dibutuhkan berkaitan dengan kecepatan pesawat yang digunakan.

Beberapa istilah kecepatan pesawat dan panjang *runway* yang dibutuhkan pesawat, antara lain adalah :

1. Kecepatan Awal untuk Mendaki/*Initial Climb Out Speed (V2)*

Kecepatan minimum yang diizinkan untuk mendaki setelah pesawat mencapai ketinggian 10,5 meter (35 ft) di atas permukaan landasan pacu.

2. Kecepatan Putusan/*Decision Speed* (V_1)
Kecepatan yang ditentukan apabila mesin mengalami kegagalan pada saat kecepatan V_1 . Pesawat harus dihentikan apabila mesin rusak pada saat kecepatan V_1 belum tercapai. Prinsip tersebut berlaku berbeda apabila mesin rusak pada saat kecepatan V_1 sudah tercapai, maka pesawat harus tetap dilanjutkan lepas landas. Besarnya V_1 lebih kecil atau sama dengan V_2 .
3. Kecepatan Rotasi/*Rotation Speed* (V_r)
Kecepatan pada saat pesawat mulai terangkat hidungnya, agar pesawat mulai lepas landas dengan menarik handel ke belakang.
4. Kecepatan Angkat/*Lift Off Speed* (V_{lof})
Kecepatan atau kemampuan pesawat pada saat badan pesawat mulai terangkat dari permukaan landasan pacu.
5. Jarak *Lift Off*
Jarak horizontal yang dibutuhkan pesawat dari awal lepas landas pada ujung landasan pacu hingga mulai terangkat hidung pesawat.
6. *Take Off Run Available* (TORA)
 - a. Mesin Pesawat Tidak Bekerja (a)
Jarak horizontal pesawat dari awal lepas landas hingga mencapai V_{lof} ditambah dengan setengah jarak pesawat mencapai ketinggian 10,5 meter (35 ft) dari V_{lof} .
 - b. Mesin Pesawat Bekerja (b)
Jarak horizontal pesawat dari awal lepas landas hingga mencapai V_{lof} dikalikan dengan 115% ditambah dengan setengah jarak pesawat mencapai ketinggian 10,5 meter (35 ft) dari V_{lof} dikalikan dengan 115%.
Dari keduanya baik a maupun b, jarak paling besar disebut *Take Off Run*.
7. Jarak Lepas Landas/*Take Off Distance Available* (TODA)
 - a. Mesin Pesawat Tidak Bekerja (a)
Jarak horizontal yang diperlukan pesawat dari awal lepas landas hingga mencapai ketinggian 10,5 meter (35 ft) di

atas permukaan landasan pacu.

b. Mesin Pesawat Bekerja (b)

Jarak horizontal yang diperlukan pesawat untuk lepas landas dikalikan dengan 115%.

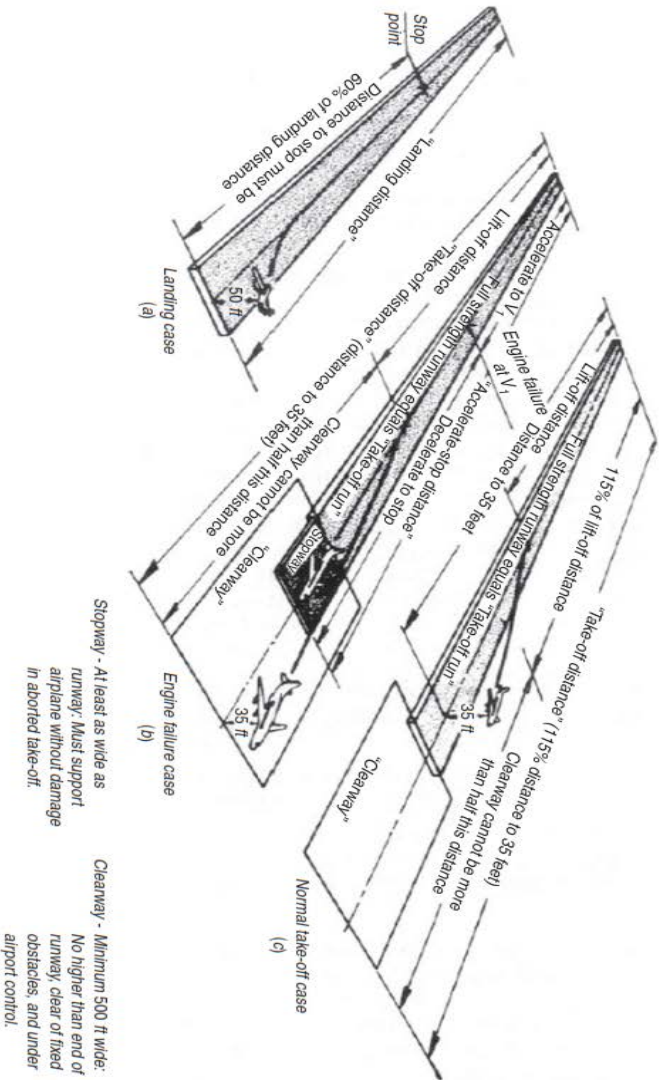
Dari keduanya baik a maupun b, jarak paling besar disebut *Take Off Distance*.

8. *Accelerate Stop Distance Available (ASDA)*

Jarak horizontal yang diperlukan pesawat untuk mencapai kecepatan V_1 ditambah jarak yang diperlukan untuk berhenti dari titik V_1 .

(Sumber: Basuki, 1986)

Keterangan kecepatan pesawat dan panjang *runway* yang dibutuhkan pesawat lebih detailnya terdapat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Panjang Runway yang Dibutuhkan Pesawat untuk Lepas Landas dan Mendarat (Sumber: Horonietff. 2010)

2.3. Peramalan Pertumbuhan Pesawat Terbang Menggunakan Metode Regresi Linear Sederhana

Regresi Linear Sederhana adalah metode statistik yang berfungsi untuk menguji sejauh mana hubungan sebab akibat antara variabel faktor penyebab (X) terhadap variabel akibatnya. faktor penyebab pada umumnya dilambangkan dengan X atau disebut juga dengan Predictor sedangkan variabel akibat dilambangkan dengan Y atau disebut juga dengan response. Regresi Linear Sederhana atau sering disingkat dengan SLR (Simple Linear Regression) juga merupakan salah satu metode statistik yang dipergunakan dalam produksi untuk melakukan peramalan ataupun prediksi tentang karakteristik kualitas maupun Kuantitas.

Model Persamaan Regresi Linear Sederhana adalah seperti berikut ini :

$$Y = a + bX$$

Dimana :

Y = Variabel response atau variabel akibat (dependent)

X = Variabel predictor atau variabel faktor penyebab (Independent)

a = konstanta

b = koefisien regresi (kemiringan); besaran Response yang ditimbulkan oleh Predictor.

Nilai-nilai a dan b dapat dihitung dengan menggunakan Rumus dibawah ini :

$$a = \frac{(\sum y) (\sum x^2) - (\sum x) (\sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x) (\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

2.4. Fasilitas Sisi Udara (*Airside*)

Bandar udara mempunyai 2 fasilitas, yaitu fasilitas sisi darat/*landside* dan fasilitas sisi udara/*airside*. Fasilitas sisi darat/*landside* terdiri dari terminal penumpang, terminal kargo, dan *Air Traffic Control* (ATC). Fasilitas sisi udara/*airside* adalah fasilitas bandar udara yang berhubungan langsung dengan penerbangan. Fasilitas sisi udara terdiri dari landasan pacu/*runway*, landas hubung/*taxiway*, dan landas parkir/*apron*. Fasilitas sisi udara yang direncanakan harus mampu melayani pergerakan penumpang dan pesawat yang besar, sehingga perlu dilakukan beberapa evaluasi terhadap fasilitas sisi udara yang ada, seperti yang dilakukan Bandar udara Syamsudin Noor. Saat ini pihak Angkasa Pura 1 Bandar udara Syamsudin Noor berencana mengembangkan fasilitas sisi udara, yaitu penambahan panjang landasan pacu dan penambahan landas hubung paralel. Pengembangan ini diharapkan mampu melayani pergerakan penumpang dan pesawat dengan skala besar.

2.4.1. Landasan Pacu/*Runway*

Landasan pacu/*runway* adalah bagian pada bandar udara yang digunakan oleh pesawat untuk melakukan lepas landas/*take off* dan mendarat/*landing*. Sistem *runway* di suatu Bandar udara terdiri dari struktur perkerasan, bahu landasan pacu/*runway shoulder*, *blast pad*, dan daerah aman landasan pacu/*runway end safety area* (RESA). (Horonjeff, 2010).

Uraian system landasan pacu/*runway* tersebut antara lain adalah :

1. Perkerasan struktur landasan pacu yang mendukung beban struktur, kemampuan manuver pesawat, kendali, stabilitas dan kriteria dimensi dan operasi lainnya.
2. Bahu landasan pacu/*shoulder* adalah bagian dari *runway* yang terletak di pinggir perkerasan struktur. Fungsinya adalah menahan erosi hembusan jet dan menampung peralatan untuk pemeliharaan dan keadaan darurat.

3. *Blast pad* adalah bagian dari *runway* yang fungsinya untuk mencegah erosi permukaan yang berhubungan langsung dengan ujung-ujung *runway* yang menerima hembusan jet yang terus-menerus. Area ini dapat menggunakan perkerasan atau rumput. Panjang *blast pad* untuk pesawat komersial umumnya 60 m (200 ft) dan untuk pesawat berbadan lebar panjangnya 120 m (400 ft).
4. Daerah aman landasan pacu/*runway end safety area* adalah bagian dari *runway* yang bersih dan tidak ada benda-benda yang mengganggu aktivitas *runway*. Permukaan RESA biasanya rata, diberi drainase, dan mencakup perkerasan struktur, bahu landasan pacu, *blast pad*, dan daerah perhentian.

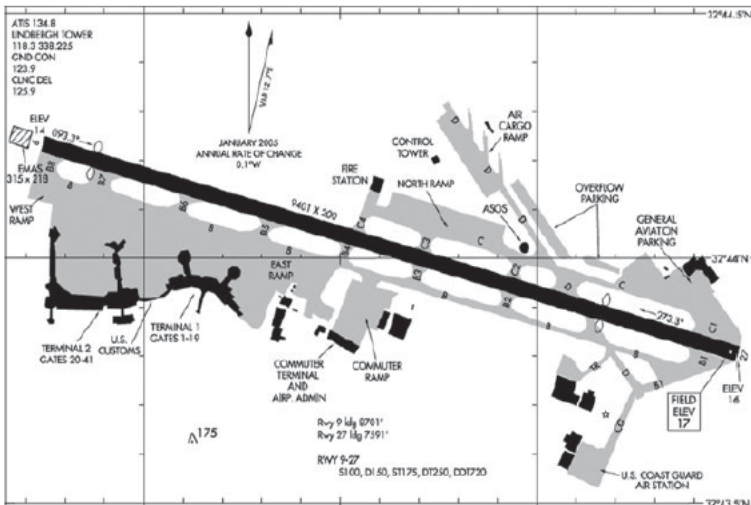
2.4.1.1. Konfigurasi Runway

Terdapat beberapa hal yang mempengaruhi konfigurasi *runway*, antara lain :

1. Perbedaan kapasitas maksimum.
2. Perbedaan arah dan kecepatan angin.
3. Kompleksitas pengendalian lalu lintas udara.
4. Kelengkapan alat bantu navigasi.

Horonjeff, R. 2010. Terdapat banyak konfigurasi *runway* yang telah dipakai bandara-bandara di dunia, namun pada umumnya mengacu pada beberapa bentuk dasar, yaitu :

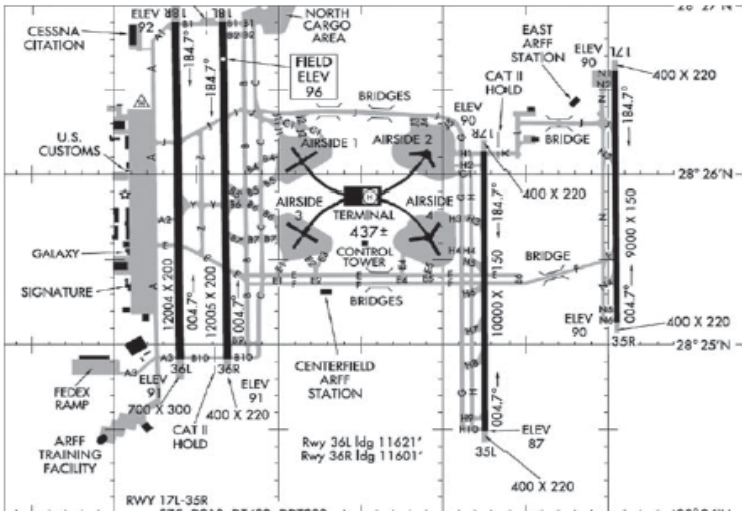
1. *Runway Tunggal/Single Runway*
Konfigurasi *runway* jenis ini merupakan konfigurasi yang paling sederhana. Kapasitas jenis *runway* ini pada kondisi VFR (*Visual Flight Rules*) berkisar antara 50 – 100 operasi per jam, sedangkan pada kondisi IFR (*Instrument Flight Rules*) hanya berkisar 50 – 70 operasi per jam.



Gambar 2.4. Contoh Konfigurasi *Runway Tunggal*. (San Diego International Airport)
(Sumber : Robert Horonjeff, 2010. Planning and Design of Airports 5th Edition)

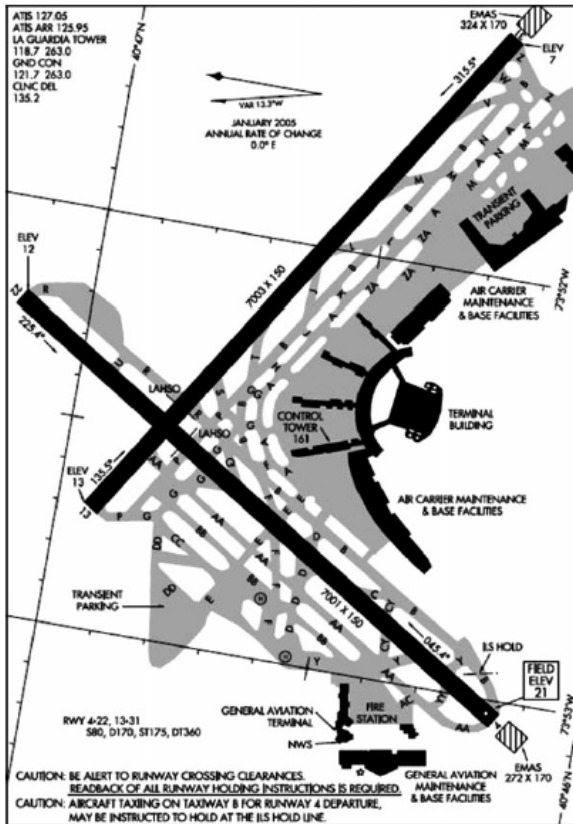
2. *Runway Ganda/Paralel Runway.*

Konfigurasi *runway* jenis ini terdiri dari 2 atau lebih landasan pacu sejajar yang mempunyai jarak tertentu. Kapasitas sistem ini tergantung pada jarak dan jumlah *runway*. Untuk *runway* ganda berjarak rapat, menengah, dan renggang kapasitasnya berkisar antara 100 – 200 operasi per jam dalam kondisi VFR, sedangkan untuk *runway* ganda dengan jarak rapat pada kondisi IFR kapasitasnya berkisar antara 50 – 60 operasi. Untuk *runway* ganda dengan jarak menengah kapasitasnya berkisar antara 60 – 75 operasi per jam dan untuk *runway* dengan jarak renggang kapasitasnya berkisar antara 100 – 125 operasi per jam.



Gambar 2.5. Contoh Konfigurasi Runway Ganda. (Orlando International Airport)
(Sumber : Robert Horonjeff, 2010. *Planning and Design of Airports 5th Edition*)

3. *Runway Berpotongan/Intersection Runway*
Kapasitas runway yang berpotongan tergantung pada letak persilangan dan cara pengoperasian *take off – landing*. Kapasitas operasi tertinggi dalam kondisi VFR berkisar antara 70 – 175 per jam dan 60 – 70 pada kondisi IFR dengan titik silang terletak berdekatan dengan ujung *take off – landing*.



Gambar 2.6. Contoh Konfigurasi *Runway* Berpotongan. (La Guardia Airport, New York)
(Sumber : Robert Horonjeff, 2010. *Planning and Design of Airports 5th Edition*)

4. *Runway V* Terbuka/*Runway V* Open
Runway ini mempunyai bentuk V dengan arah memencar tetapi tidak saling berpotongan. Kapasitas tertinggi terjadi apabila operasi penerbangan menjauhi V. Kapasitas operasi dalam kondisi VFR berkisar antara 60 – 180 operasi per jam dan 50 – 80 operasi per jam pada kondisi IFR.



Gambar 2.7. Contoh Konfigurasi *Runway V* terbuka.
(Jacksonville International Airport)

(Sumber : Robert Horonjeff, 2010. *Planning and Design of Airports 5th Edition*)

2.4.1.2. Lingkungan Bandar Udara

Pesawat terbang mempunyai panjang *Aerodrome Reference Field Length* (ARFL) berbeda-beda. ARFL adalah panjang lintasan *runway* yang dibutuhkan pesawat yang telah dikeluarkan dan ditetapkan oleh pabrik. Panjang ARFL pesawat dipengaruhi oleh faktor lingkungan bandar udara. Faktor lingkungan bandar udara tersebut antara lain adalah faktor temperatur, ketinggian landasan pacu, dan kemiringan landasan pacu/*runway gradient*. Lingkungan bandar udara yang berada di letak geografis yang berbeda, panjang lintasan landasan pacunya berbeda pula.

Berikut ini adalah faktor lingkungan yang berpengaruh pada panjang ARFL, antara lain adalah :

1. Faktor Koreksi Temperatur

Letak geografis suatu wilayah mempengaruhi tinggi rendahnya temperatur wilayah tersebut. Temperatur yang tinggi membutuhkan landasan yang panjang, karena *density* udara rendah sehingga daya dorong pesawat yang dihasilkan juga rendah. Temperatur standar di atas muka air laut sebesar 59° F atau 15° C. Koreksi panjang landasan terhadap temperatur harus terkoreksi 1 % menurut ICAO.

$$F_t = 1 + 0,01 (T - (15 - 0,0065h))$$

Dimana :

F_t = Faktor koreksi temperatur

T = Temperatur di bandar udara

h = Elevasi bandar udara

2. Faktor Koreksi Ketinggian

Sama seperti temperatur, ketinggian bandar udara mempengaruhi panjang ARFL. Menurut ICAO, ARFL bertambah 7 % setiap kenaikan 300 m (1000 ft) dari ketinggian muka air laut.

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

Dimana :

F_e = Faktor koreksi elevasi

h = Elevasi bandar udara

3. Koreksi Kemiringan/*Runway Gradient*

Perencanaan landasan pacu harus memperhitungkan kemiringan *runway/runway gradient*. Menurut FAA, efektif *gradient runway* adalah beda tinggi antara titik terendah dari penampang memanjang landasan dibagi dengan panjang landasan. Faktor koreksi kemiringan (F_s) untuk kemiringan tiap 1 % sebesar 10 %.

$$F_s = 1 + 0,1 S$$

Dimana :

F_s = Faktor terkoreksi elevasi

h = elevasi bandar udara

S = kemiringan *runway/runway gradient*

(Sumber: Basuki, 1986)

2.4.1.3. Perencanaan Panjang Landas Pacu/Runway Terkoreksi

Panjang ARFL tiap-tiap pesawat yang telah dikeluarkan pabrik harus dikoreksi terhadap faktor geografis lingkungan bandar udara. Setelah melalui beberapa faktor koreksi, yaitu koreksi temperatur (F_t), koreksi ketinggian (F_e), dan koreksi kemiringan (F_s), maka untuk mencari panjang landasan pacu/*runway* terkoreksi adalah menggunakan rumus berikut ini :

$$ARFL = \frac{L_{r_0}}{F_e \times F_t \times F_s}$$

Dimana :

ARFL: *Aeroplane Reference Field Length* (untuk pesawat rencana)

L_{r_0} : Panjang runway terkoreksi

F_e : Koreksi ketinggian

F_t : Koreksi temperatur

F_s : Koreksi kemiringan

Setelah diketahui panjang landasan pacu/*runway* yang telah dikonversi berdasarkan rumus tersebut, selanjutnya dimasukkan ke dalam kategori panjang *runway* menggunakan *Aerodrome Reference Code* (ARC). ARC dapat dikategorikan menggunakan kode nomor dan kode huruf. Kode nomor dan kode huruf nantinya digunakan untuk perencanaan lingkungan landasan pacu/*runway*. Pemberian kategori menggunakan ARC dapat dilakukan berdasarkan pada Tabel 2.1 berikut ini :

Tabel 2.1. *Aerodrome Reference Code*

Kode Nomor	ARFL	Kode Huruf	Lebar Rentang Sayap	Rentang Luar Roda Utama
1	< 800 m	A	< 15 m	< 4,5 m
2	$800 \text{ m} \leq x \leq 1.200 \text{ m}$	B	15 m - 24 m	4,5 m - 6 m
3	$1.200 \text{ m} \leq x \leq 1.800 \text{ m}$	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

(Sumber : *Aerodrome Design and Operation, ICAO 1999*)

2.4.1.4. Karakter Fisik Landasan Pacu/Runway

Dimensi/ukuran elemen-elemen landasan pacu/runway ditentukan berdasarkan *Aerodrome Reference Code* (ARC) menggunakan kode nomor dan kode huruf seperti pada penjelasan sebelumnya. Dimensi/ukuran elemen-elemen runway tersebut sudah diatur dalam peraturan dan ditentukan melalui kode ARC. Elemen-elemen runway tersebut antara lain adalah :

1. Lebar Runway (*Width*)

Lebar landasan presisi harus tidak kurang dari 30 m (100 ft) untuk kode angka 1 dan 2. Lebar landasan total paling kurang 60 m (200 ft) apabila landasan dilengkapi dengan bahu landasan/*shoulder*.

Tabel 2.2. Lebar *Runway* (*Width*)

Kode Angka	Kode Huruf					
	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 : Aerodrome Design and Operation, ICAO 1999*)

2. Bahu Landasan/*Runway Shoulder*

Bahu landasan harus dibuat secara simetris pada masing-masing sisi dari *runway* dan kemiringan melintang maksimum pada permukaan bahu landasan pacu adalah 2,5%.

Tabel 2.3. Bahu Landasan

Kode Huruf	Penggolongan Pesawat	Lebar Bahu (m)	Kemiringan Max. Bahu (%)
A	I	3	2,5
B	II	3	2,5
C	III	6	2,5
D	IV	7,5	2,5
E	V	10,5	2,5
F	VI	12	2,5

(*Sumber : Aerodrome Design and Operation, ICAO 1999*)

3. Area untuk Berputar/*Turning Area*

Area putaran untuk pesawat dilengkapi beberapa titik di *runway*, lebar dan area putaran harus terbebas dari rintangan terutama roda pesawat yang digunakan di *runway* sampai dengan tepi dari titik area putaran, dan itu tidak kurang dari ketentuan jarak seperti pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4. *Turning Area*

Kode Huruf	Penggolongan Pesawat	Jarak min. Roda dan tepi putaran (m)
A	I	1,5
B	II	2,25
C	III	4,5''
D	IV	4,5
E	V	4,5
F	VI	4,5

(Sumber : *Aerodrome Design and Operation, ICAO 1999*)

4. Kemiringan Memanjang/*Longitudinal Slope*

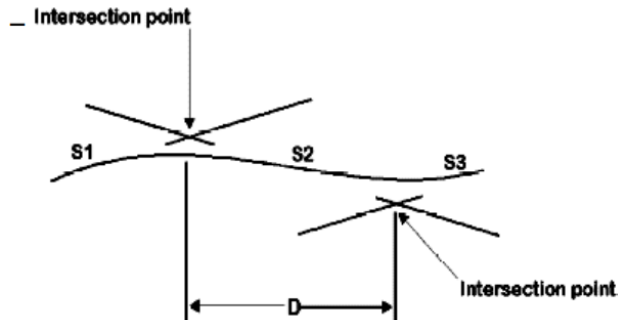
Seluruh kemiringan memanjang *runway*, ditentukan dengan membagi perbedaan antara maksimum dan minimum elevasi sepanjang garis tengah *runway* dengan panjang *runway*. Maksimum kemiringan memanjang *runway* adalah seperti pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5. Kemiringan Memanjang Maksimum *Runway*

	Kode Angka Landasan			
	1	2	3	4
Max. Effective Slope	1	1	1	1
Max. Longitudinal Slope	2	2	1,5	1,25
Max. Longitudinal Slope Change	2	2	1,5	1,5
Slope Change per 30 m (100 ft)	0,4	0,4	0,2	0,1

Catatan :

- Untuk landasan dengan kode angka 4, kemiringan memanjang pada $\frac{1}{4}$ pertama dan $\frac{1}{4}$ terakhir dari panjang landasan tidak boleh melebihi 0,8%.
- Untuk landasan dengan kode angka 3, kemiringan memanjang pada $\frac{1}{4}$ pertama dan $\frac{1}{4}$ terakhir dari panjang landasan bagi landasan *precision approach category II* dan III tidak boleh melebihi 0,8%.



Gambar 2.8. Kemiringan Memanjang Runway
(Sumber : SKEP/77/VI/2005)

5. Kemiringan Melintang/*Transverse Slope*
 Kemiringan melintang pada beberapa bagian dari *runway* harus cukup memadai untuk menghindari penambahan air. Untuk menjamin pengaliran air permukaan berada di atas landasan perlu kemiringan melintang pada landasan dan harus disesuaikan dengan Tabel 2.6.

Tabel 2.6. Kemiringan Melintang Maksimum Runway

Kode Huruf	Penggolongan Pesawat	Preffered Slope	Min. Slope (%)	Max. Slope (%)
A	I	2	1,5	2,5
B	II	2	1,5	2,5
C	III	1,5	1	2
D	IV	1,5	1	2
E	V	1,5	1	2
F	VI	1,5	1	2

(Sumber : *Aerodrome Design and Operation, ICAO 1999*)

6. Jarak Pandang/*Sight Distance*

Jika perubahan kemiringan tidak dapat dihindarkan maka harus ada suatu arah garis tanpa halangan, dan terdapat dalam Tabel 2.7.

Tabel 2.7. Jarak Pandang Minimum *Runway*

Code Letter	Penggolongan Pesawat	Jarak pandang pada jarak minimum $\frac{1}{2}$ runway (m)
A	I	1,5
B	II	2
C	III	3
D	IV	3
E	V	3
F	VI	3

(Sumber : *Aerodrome Design and Operation, ICAO 1999*)

7. Jalur Landasan Pacu/*Runway Strips*

Dimensi *runway strips* harus memenuhi dari persyaratan yang sudah ditetapkan oleh ICAO seperti pada Tabel 2.8.

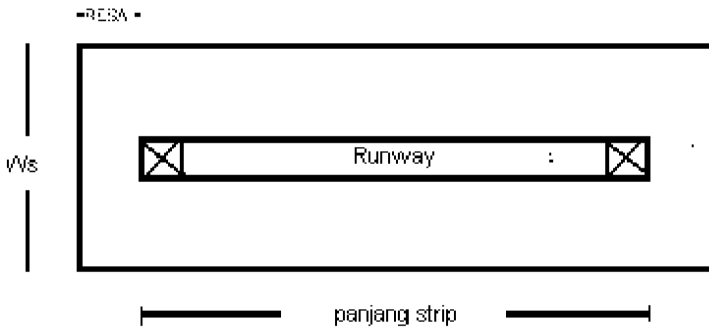
Tabel 2.8. Persyaratan *Runway Strips*

	Kode Angka Landasan			
	1	2	3	4
Jarak min. dari stopway (m)	(Cat. a)	60	60	60
Lebar strip landasan instrument (m)	150	150	300	300
Lebar strip landasan non instrument (m)	60	80	150	150
Lebar area yang diratakan landasan instrument (m)	60	80	150	150
Kemiringan memanjang max. (%)	2	2	1,75	1,5
Kemiringan melintang max. (%)	3	3	2,5	2,5

Catatan :

- a. 60 m untuk landasan instrument dan 30 m untuk landasan non instrument.

- b. Kemiringan melintang pada tiap bagian strip di luar yang diratakan kemiringannya tidak boleh melebihi 5%.
- c. Untuk membuat saluran air/drainase, kemiringan 3 m pertama ke luar landasan, bahu landasan, *stopway* harus sebesar 5%.



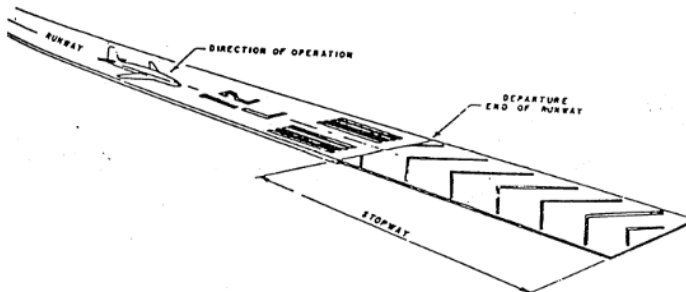
Gambar 2.9. *Runway Strips*
(Sumber : SKEP/77/VI/2005)

8. Jalur untuk Berhenti/*Stopway/Overrun*
Pada dasarnya lebar *stopway* sama dengan lebar *runway*. Syarat kemiringan memanjang dan melintang sama dengan *runway*, kecuali :
 - a. Syarat 0,8% pada kedua ujung landasan tidak berlaku untuk *overrun/stopway*.
 - b. Jari-jari peralihan *runway*, jalur untuk berhenti maksimum 0,3% per 30 m untuk penggolongan pesawat III, IV, IV, dan VI.
 - c. Kekuatan permukaan harus mampu memikul beban pesawat yang direncanakan dalam keadaan *take off* dibatalkan tanpa merusak struktur pesawat.
 - d. Harus mempunyai koefisien gesekan yang cukup, dalam keadaan basah. Kekasaran untuk permukaan yang tidak diperkeras sama dengan kekasaran landasannya.

Tabel 2.9. Dimensi *Stopway/Overrun*

Code Letter	Penggolongan Pesawat	Lebar Stopway (m)	Panjang Stopway (m)	Slope Maksimum (%)
A	I	18	30	-
B	II	23	30	-
C	III	30	60	0,3
D	IV	30	60	0,3
E	V	45	60	0,3
F	VI	45	60	0,3

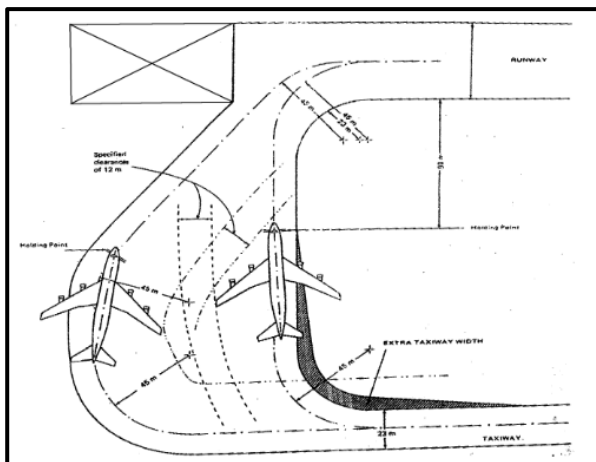
(Sumber : *Aerodrome Design and Operation, ICAO 1999*)



Gambar 2.10. Penampang *Stopway/Overrun*
(Sumber : *SKEP/77/VI/2005*)

9. *Holding Bay*

Posisi *holding bay* terlerak pada pertemuan landasan pacu dan landas hubung dan terletak pada pertemuan 2 landasan yang salah satu landasannya digunakan sebagai landas hubung. Dimensi *holding bay* harus dapat menampung sejumlah posisi pesawat sehingga memungkinkan jumlah keberangkatan pesawat maksimum.



Gambar 2.11. Penampang *Holding Bay*
(Sumber : SKEP/77/VI/2005)

10. *Runway End Safety Area* (RESA)

Untuk bandar udara dengan kode angka 3 dan 4 panjang minimum RESA yang diizinkan adalah 90 m, sedangkan untuk kondisi tertentu panjang minimum RESA adalah 60 m. Kekuatan RESA harus disiapkan dan dibangun sedemikian sehingga dapat mengurangi bahaya kerusakan pada pesawat yang mengarah terlalu kebawah (*undershotting*) atau keluar landasan.

Catatan :

- Untuk International Aerodrome sesuai dengan rekomendasi ICAO panjang RESA 240 (kode angka 3 dan 4)
- Untuk International Aerodrome sesuai dengan rekomendasi ICAO panjang RESA 120 (kode angka 1 dan 2)

Tabel 2.10. Dimensi RESA

Uraian	Kode Huruf / Golongan Pesawat					
	A/I	B/II	C/III	D/IV	E/V	F/VI
Jarak minimum antara holding bay dengan garis tengah landasan						
a. Landasan instrumen (m)	90	90	90	90	90	90
b. Landasan non-instrumen (m)	60	60	90	90	90	90
Lebar minimum (m) atau (2 kali lebar runway	18	23	30	45	45	60
kemiringan memanjang maksimum (%)	5	5	5	5	5	5
kemiringan melintang maksimum (%)	5	5	5	5	5	5

(Sumber : *Aerodrome Design and Operation, ICAO 1999*)

2.4.2. Landas Hubung/Taxiway

Perencanaan landas hubung/*taxiway* harus mempunyai faktor keamanan yang diizinkan karena pergerakan pesawat sangat cepat. Kecepatan pesawat yang sudah masuk *taxiway* atau keluar *taxiway* menuju landasan pacu tidak sebesar kecepatan pesawat ketika di landasan pacu, maka persyaratan mengenai kemiringan memanjang, melintang, dan jarak pandang tidak seketat seperti pada landasan pacu. Begitu pula dengan kecepatan yang lebih rendah maka lebar *taxiway* lebih kecil dari landasan. Ketika *cockpit* menuju *taxiway* yang diperhatikan garis tengah dari *taxiway*. Jarak antara keduanya harus terbebas dari hambatan terutama diluar roda pesawat dan ujung dari *taxiway*.

FAA menetapkan ketentuan-ketentuan dimensi komponen landas hubung/*taxiway* menjadi 2 ketentuan, yaitu berdasarkan *Taxiway Design Group (TDG)* dan *Airplane Design Group (ADG)*. Petunjuk sebelumnya, ketentuan TDG berdasarkan dari

ADG. Ketentuan ADG mengacu pada panjang sayap/*wingspan* dan *tail height* pesawat, tidak termasuk dimensi/ukuran pesawat.

2.4.2.1. Lebar Landas Hubung/Taxiway

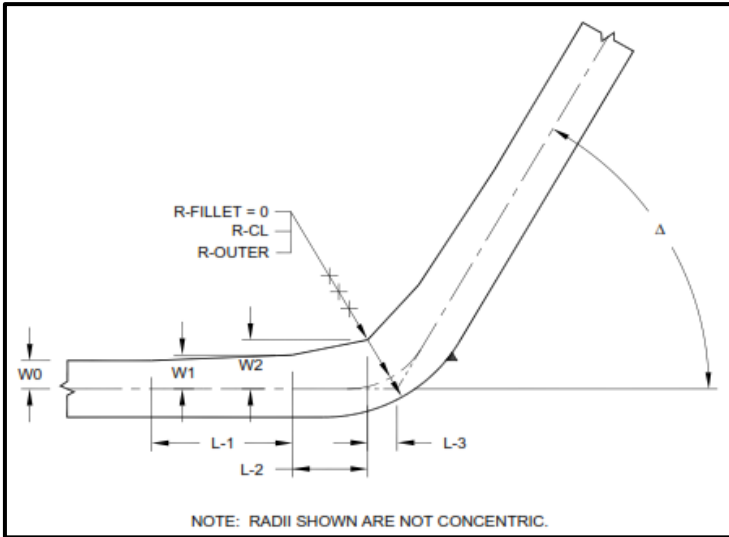
FAA menetapkan lebar perkerasan yang diizinkan untuk *taxiing* mengacu pada *Taxiway Design Group* (TDG) dengan dimensi/ukuran belokan berdasarkan pada dimensi pesawat. Lebar minimum untuk segmen lurus pada *taxiway* dan geometrik *fillet* pada belokan harus dapat menangani semua manuver pesawat. Dimensi fillet yang mengacu pada TDG terdapat pada Tabel 2.11. Tabel 2.11 adalah standar dimensi untuk TDG 4. Keterangan yang terdapat pada Tabel 2.11 ada pada Gambar 2.12, Gambar 2.13, dan Gambar 2.14.

Tabel 2.11. Standar Perpotongan untuk TDG 4

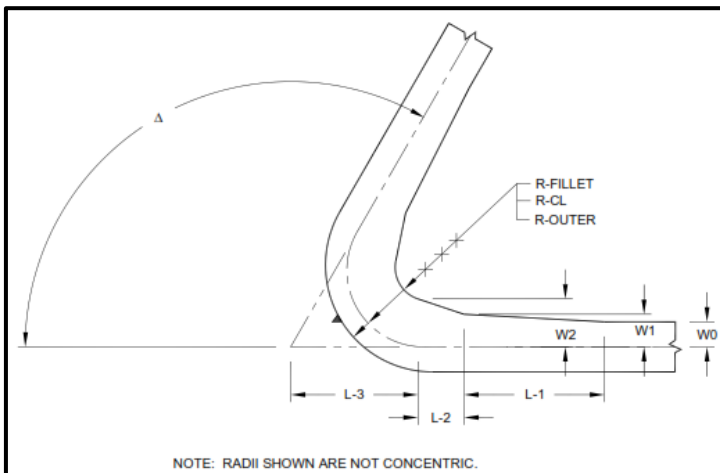
TDG 4							
Dimension (See Figure 4-13 , Figure 4-14 , and Figure 4-15)							
Δ (degrees)	30	45	60	90	120	135	150
W-0 (ft)	25	25	25	25	25	25	25
W-1 (ft)	32	33	35	35	37	36	37
W-2 (ft)	43	52	60	72	68	70	72
L-1 (ft)	258	286	297	300	316	303	316
L-2 (ft)	100	112	120	145	115	133	121
L-3 (ft)	12	21	35	72	188	274	433
R-Fillet (ft)	0	0	0	0	50	50	50
R-CL (ft)	110	110	110	95	115	120	120
R-Outer (ft)	135	135	135	120	140	145	145

Note: Values in the table are rounded to the nearest foot. 1 foot = 0.305 meters.

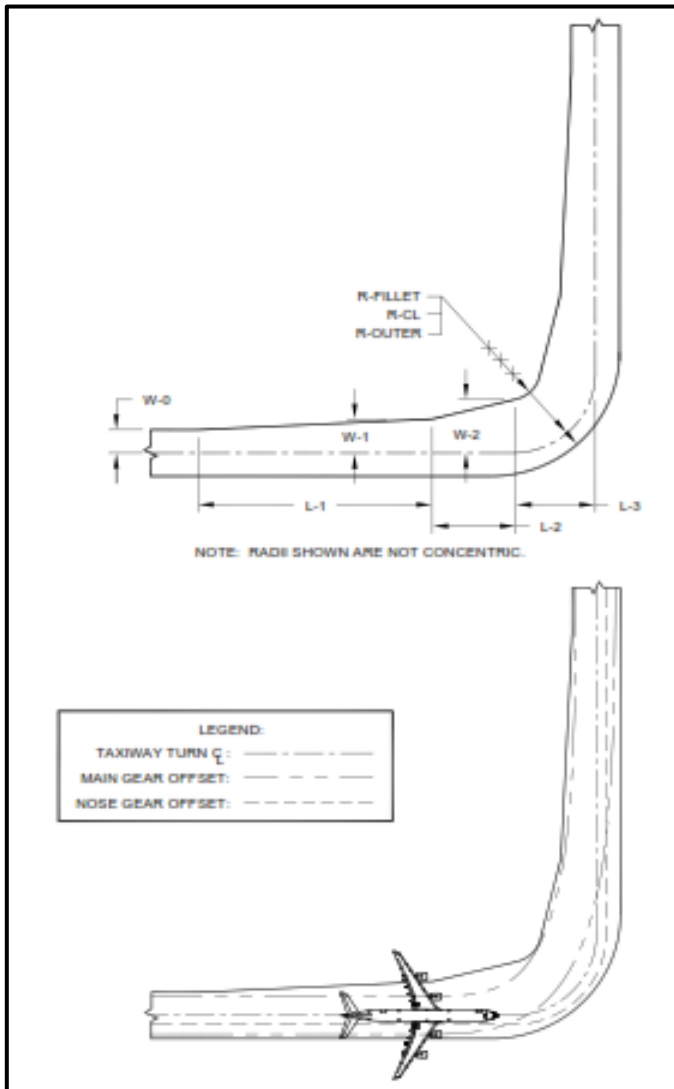
(Sumber FAA No: AC 150/5300-13A)



Gambar 2.12. Belokan *Taxiway* $< 90^\circ$
 (Sumber FAA No: AC 150/5300-13A)



Gambar 2.13. Belokan *Taxiway* $> 90^\circ$
 (Sumber FAA No: AC 150/5300-13A)



Gambar 2.14. Belokan *Taxiway* dengan Sudut 90°
 (Sumber FAA No: AC 150/5300-13A)

2.4.2.2. Persyaratan Jarak *Taxiway/Taxilane* yang Diizinkan

FAA melalui AC 150/5300-13A menetapkan beberapa persyaratan jarak serta dimensi *taxiway/taxilane* yang diizinkan. Komponen-komponen *taxiway/taxilane* yang disyaratkan oleh FAA antara lain adalah :

1. *Taxiway Separations*

Jarak yang diizinkan antara garis tengah landas hubung atau *taxiway/taxilane centerline* dan benda lain mengacu berdasarkan jarak aman ujung sayap pesawat (*wingtip clearance*), demikian seperti yang sudah ditentukan oleh ADG. Jarak yang diizinkan antara *taxiway/taxilane centerline* dan *taxiway/taxilane centerline* lain dapat juga menggunakan fungsi dari ketentuan TDG apabila dipengaruhi oleh belokan pesawat. Dimensi batas antara *taxiway* dengan *taxiway centerline* dapat dilihat seperti pada Tabel 2.12.

Tabel 2.12. Standar Perencanaan Berdasarkan ADG

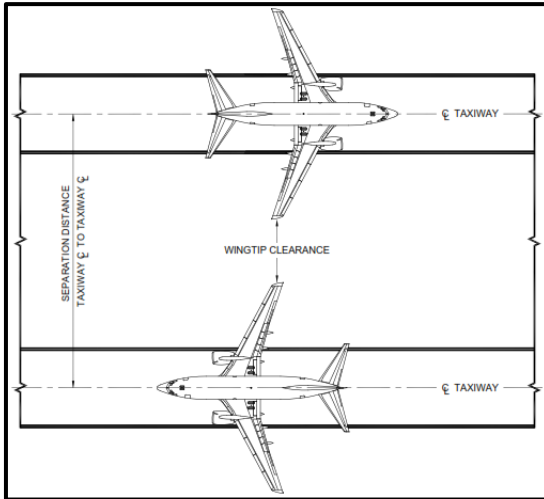
ITEM	DIM (See Figure 3-26)	ADG					
		I	II	III	IV	V	VI
TAXIWAY PROTECTION							
TSA	E	49 ft (15 m)	79 ft (24 m)	118 ft (36 m)	171 ft (52 m)	214 ft (65 m)	262 ft (80 m)
Taxiway OFA		89 ft (27 m)	131 ft (40 m)	186 ft (57 m)	259 ft (79 m)	320 ft (98 m)	386 ft (118 m)
Taxilane OFA		79 ft (24 m)	115 ft (35 m)	162 ft (49 m)	225 ft (69 m)	276 ft (84 m)	334 ft (102 m)
TAXIWAY SEPARATION							
<i>Taxiway Centerline to Parallel Taxiway/Taxilane Centerline</i> ¹	J	70 ft (21 m)	105 ft (32 m)	152 ft (46.5 m)	215 ft (65.5 m)	267 ft (81 m)	324 ft (99 m)
<i>Taxiway Centerline to Fixed or Movable Object</i>	K	44.5 ft (13.5 m)	65.5 ft (20 m)	93 ft (28.5 m)	129.5 ft (39.5 m)	160 ft (48.5 m)	193 ft (59 m)
<i>Taxilane Centerline to Parallel Taxiway/Taxilane Centerline</i> ¹		64 ft (19.5 m)	97 ft (29.5 m)	140 ft (42.5 m)	198 ft (60 m)	245 ft (74.5 m)	298 ft (91 m)
<i>Taxilane Centerline to Fixed or Movable Object</i>		39.5 ft (12 m)	57.5 ft (17.5 m)	81 ft (24.5 m)	112.5 ft (34 m)	138 ft (42 m)	167 ft (51 m)
WINGTIP CLEARANCE							
Taxiway Wingtip Clearance		20 ft (6 m)	26 ft (8 m)	34 ft (10.5 m)	44 ft (13.5 m)	53 ft (16 m)	62 ft (19 m)
Taxilane Wingtip Clearance		15 ft (4.5 m)	18 ft (5.5 m)	27 ft (8.5 m)	27 ft (8 m)	31 ft (9.5 m)	36 ft (11 m)

(Sumber FAA No: AC 150/5300-13A)

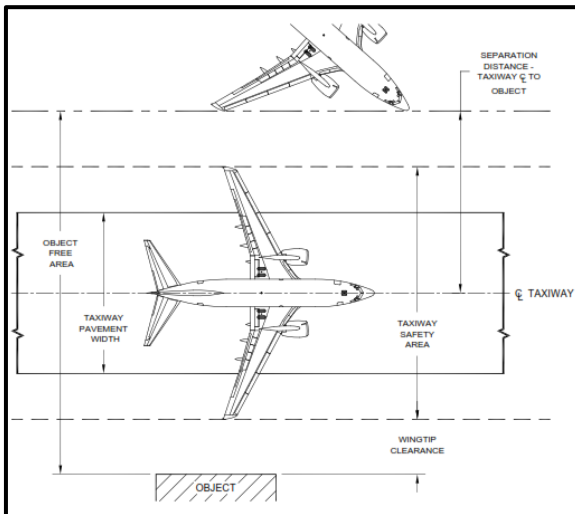
Jarak antara *taxiway* dengan *taxiway centerline* adalah 1,2 x maksimum *wingspan* pesawat + 3 m (10 ft). Jarak *wingtip* yang diizinkan adalah 0,2 kali *wingspan* + 3 m (10 ft). Penampang dari batas antara *taxiway* dengan *taxiway centerline* dapat dilihat pada Gambar 2.15.

Jarak antara *taxiway* dengan benda lain adalah 0,7 x maksimum *wingspan* dari ADG + 3 m (10ft). Penampang dari batas antara *taxiway* dengan benda lain dapat pada Gambar 2.16.

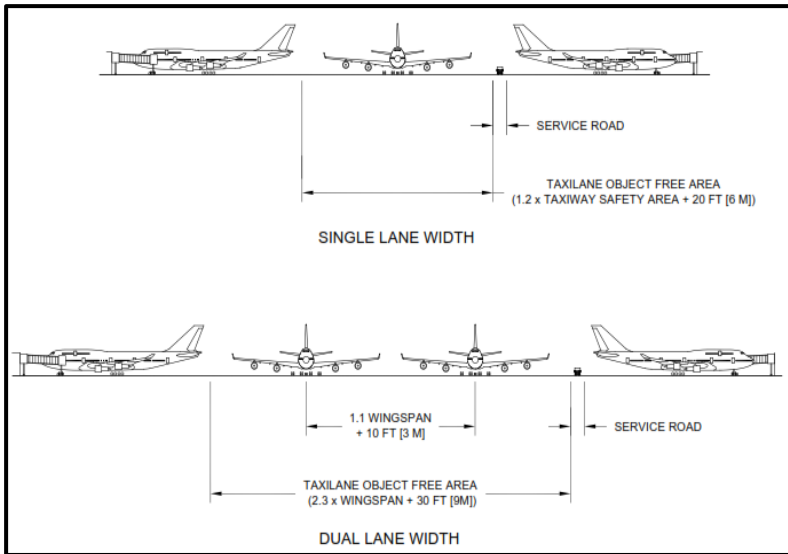
Jarak antara *taxilane* paralel dengan *taxilane centerline* adalah 1,1 x maksimum *wingspan* dari ADG + 3 m (10 ft). Penampang dari batas antara *taxilane* paralel dengan *taxilane centerline* dapat dilihat pada Gambar 2.17.



Gambar 2.15. *Wingtip Clearance* untuk *Taxiway Paralel*
(Sumber FAA No: AC 150/5300-13A)



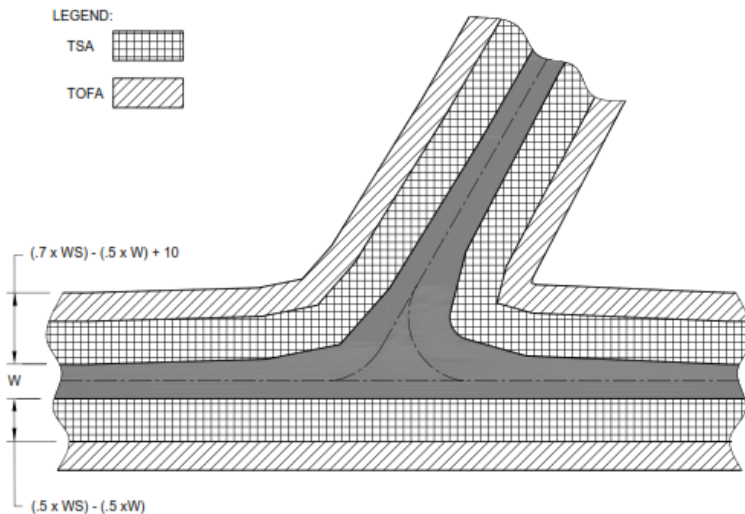
Gambar 2.16. *Wingtip Clearance* dari *Taxiway*
(Sumber FAA No: AC 150/5300-13A)



Gambar 2.17. *Wingtip Clearance dari Taxilane*
(Sumber FAA No: AC 150/5300-13A)

2. *Taxiway and Taxilane Object Free Area (TOFA)*
Taxiway dan taxilane object free area keduanya berada di tengah *taxiway* dan *taxilane centerlines*. Dimensi standar TSA ada pada Tabel 2.12. TOFA harus steril dari kendaraan, pesawat parkir, dan benda lain, kecuali untuk benda yang diinginkan berada di lingkungan OFA sebagai navigasi dan membantu pergerakan pesawat di darat. Lebar OFA harus lebih besar pada perpotongan dan belokan. Standar OFA harus memenuhi jarak dari $[(0,7 \times \text{WS}) - (0,5 \times \text{W}) + 10]$ ft dari tepi *taxiway/taxilane*, seperti pada standar perencanaan *fillet*, dimana WS adalah maksimum *wingspan* dari ADG dan W adalah lebar *taxiway* seperti pada Gambar 2.19.
3. *Taxiway/Taxilane Safety Area (TSA)*
TSA berada di tengah *taxiway/taxilane centerline*. Untuk menyediakan ruang bagi penyelamatan dan pemadaman api,

lebar TSA sama dengan maksimum *wingspan* pada ADG. Dimensi standar TSA ada pada Tabel 2.12. Lebar dari TSA harus diperbesar pada perpotongan dan belokan dimana lengkung *taxiway/taxilane centerline markings*, pemantul/*reflectors*, atau lampu tersedia. Standar TSA harus memenuhi jarak $[(0,5 \times WS) - (0,5 \times W)]$ ft dari tepi *taxiway/taxilane*, dimana WS adalah maksimum *wingspan* dari ADG dan W adalah lebar *taxiway* seperti pada Gambar 2.18.



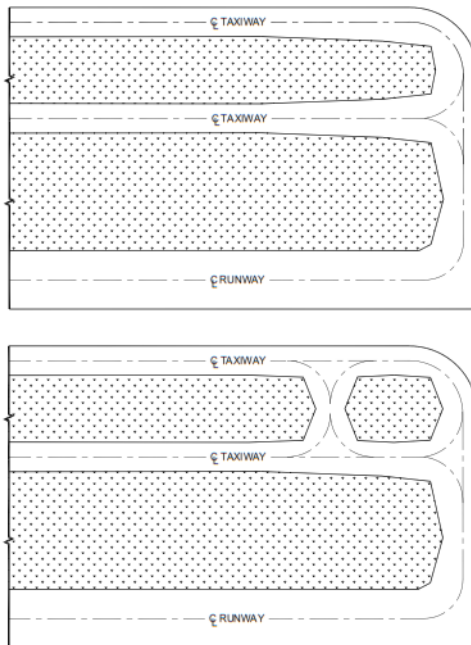
Gambar 2.18. TSA dan TOFA pada Perpotongan *Taxiway*
(Sumber FAA No: AC 150/5300-13A)

2.4.2.3. *Taxiway* Paralel

Paralel *taxiway* digunakan oleh pesawat untuk *taxiing*, yaitu proses Bergeraknya pesawat dari apron menuju landasan pacu atau sebaliknya. Paralel *taxiway* biasanya digunakan untuk

bandar udara dengan pergerakan pesawat yang besar. Aktifitas penerbangan yang besar pengaruhnya pada sterilisasi landasan pacu. Landasan pacu harus segera steril dari aktifitas pesawat untuk menangani pergerakan pesawat selanjutnya. Pesawat mendarat di landasan pacu keluar melalui landas hubung keluar/*exit taxiway*, setelah itu menuju *taxiway* paralel hingga apron. Bandar udara di Indonesia yang sudah menggunakan *taxiway* paralel salah satunya adalah Bandar Udara Internasional Soekarno Hatta.

Gambaran dari landas hubung/*taxiway* paralel dapat dilihat pada Gambar 2.19. Pada Gambar 2.19 menunjukkan *dual taxiway* paralel.



Gambar 2.19. *Dual Taxiway Paralel*
(Sumber FAA No: AC 150/5300-13A)

2.4.2.4. Belokan dan Persimpangan (*Curves and Intersection*)

1. *Cockpit Over Centerline*

Belokan dan persimpangan harus dirancang melebihi garis tengah dalam mengemudi pesawat. Persimpangan *taxiway* digunakan dalam mengemudi guna memungkinkan gerakan cepat lalu lintas pesawat dengan resiko minimal terhadap permukaan perkerasan yang dilewatinya.

2. *Desain Fillet*

a. Trotoar di persimpangan *taxiway* dirancang untuk seluruh operator TDG dan harus mengakomodasi semua pesawat dari semua TDG yang lebih rendah. Untuk persimpangan *taxiway* dirancang dengan sudut standar 30, 45, 60, 90, 120, 135, dan 150 derajat. Desain juga berlaku untuk persimpangan *taxiway*-apron. Rencana persimpangan *taxiway* memerlukan pergantian tidak lebih dari 90 derajat bila memungkinkan. sudut tumpul ternyata memerlukan fillet yang jauh lebih besar untuk mengakomodasi gigi utama.

b. Gerakan modeling pesawat, dimana dalam hal ini tidak akan selalu layak dalam merancang persimpangan *taxiway* dengan menggunakan sudut standar.

3. *Three Node Concept*

Semua persimpangan *taxiway* baru dan persimpangan yang ada dibangun sesuai dengan prinsip desain tiga-node. Jika prinsip ini dijadikan acuan perencanaan, maka akan mengurangi jumlah *taxiway* yang berpotongan dalam 1 lokasi.

Tabel 2.13. Standar Rincian Persimpangan Untuk TDG 4

TDG 4							
Dimensi	30°	45°	60°	90°	120°	135°	150°
W-0 (ft)	25	25	25	25	25	25	25
W-1 (ft)	32	33	35	35	37	36	37
W-2 (ft)	43	52	60	72	68	70	72
L-1 (ft)	258	286	297	300	316	303	316
L-2 (ft)	100	112	120	145	115	133	121
L-3 (ft)	12	21	35	72	188	274	433
R-Fillet (ft)	0	0	0	0	50	50	50
R-CL (ft)	110	110	110	95	115	120	120
R-Outer (ft)	135	135	135	120	140	145	145

(Sumber : AC FAA 150/5300-13A)

2.4.2.5. Crossover Taxiway

Bisa disebut konektor atau melintang *taxiway*, antara *taxiway* paralel meningkatkan fleksibilitas. Perencanaan sistem *taxiway* harus meminimalkan kebutuhan untuk arah pembalikan antara *taxiway* (180° berubah), karena ini memerlukan hamparan trotoar yang membuat proses kurang efektif. Hindari menyelaraskan *Crossover taxiway* dengan pintu masuk atau keluar *taxiway*.

Crossover Taxiway dengan arah pembalikan.

1. Konstruksi Baru

Jarak minimum antara *taxiway* paralel didasarkan pada ADG (lihat Tabel 2.12), tetapi dimensi ini mungkin perlu peningkatan berdasarkan TDG (lihat Tabel 2.14) ketika arah pembalikan antara *taxiway* (180° derajat) diperlukan. Hal ini disebabkan kebutuhan untuk menghindari sudut kemudi lebih dari 50° derajat. Tabel 2.14 memberikan

dimensi yang digunakan dalam Gambar 2.20 untuk situasi ini.

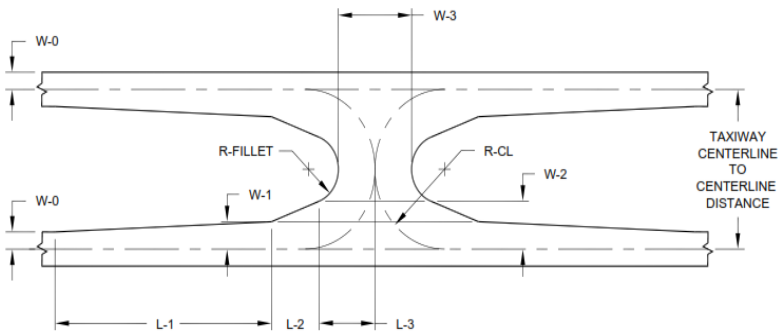
2. Keberadaan *Taxiway*

Hal ini sering tidak layak untuk meningkatkan pemisahan antara taxiway paralel yang ada, dan sudut kemudi lebih dari 50°.

Tabel 2.14. *Crossover Taxiway* dengan Arah Pembalikan Antara Taxiway Berdasarkan TDG

Dimensi	TDG							
	1A	1B	2	3	4	5	6	7
Taxiway Centerline to Centerline Distance	70	105	162	162	240	240	312	312
W-0 (ft)	12,5	12,5	17,5	25	25	37,5	37,5	41
W-1 (ft)	20	20	28	36	43	53	56	56
W-2 (ft)	20	34	53	62	83	87	109	109
W-3 (ft)	37	57	90	104	138	168	180	180
L-1 (ft)	48	106	198	198	355	340	438	400
L-2 (ft)	0	35	65	65	100	100	150	150
L-3 (ft)	31	41	65	65	108	108	123	123
R-Fillet (ft)	15	20	30	20	40	35	50	50
R-CL (ft)	35	52,5	81	120	120	120	156	156

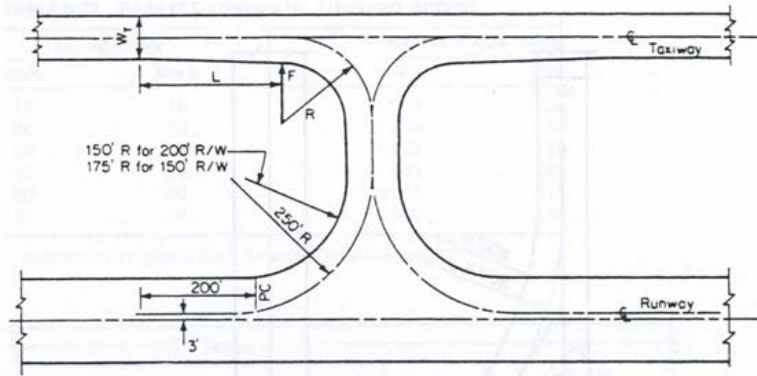
(Sumber : AC FAA 150/5300-13A)



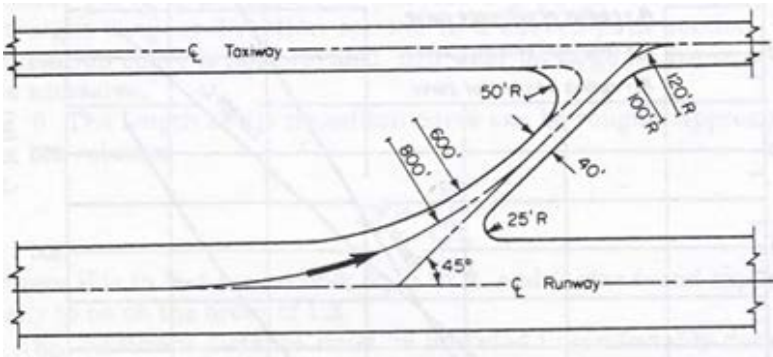
Gambar 2.20. Taxiway Crossover Dimana Arah Pembalikan
Dibutuhkan Berdasarkan TDG
(Sumber : AC FAA 150/5300-13A Airport Design)

2.4.2.6. Landas Hubung Keluar/Exit Taxiway

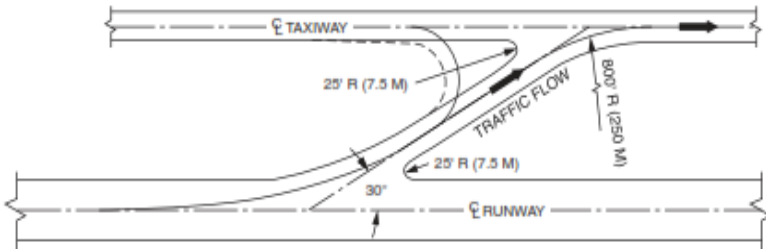
Bandar udara dengan tingkat pergerakan yang cukup besar dan aktifitas yang sibuk, penggunaan landas hubung keluar/exit taxiway sangat diperlukan. Penempatan letak *exit taxiway* harus diperhitungkan secara tepat di titik-titik tertentu sepanjang landasan pacu. Hal ini dimaksudkan agar pesawat yang mendarat/*landing* dapat langsung meninggalkan landasan dengan cepat, sehingga tidak terjadi penumpukan pesawat. Kecepatan pesawat dalam meninggalkan landasan tergantung pada konfigurasi *exit taxiway*. Terdapat 3 jenis konfigurasi *exit taxiway*, yaitu *exit taxiway* dengan sudut 30° , 45° , dan 90° . *Exit taxiway* dengan sudut 30° disebut *rapid exit taxiway* atau *high speed exit taxiway*. Gambar 2.21 sampai 2.23 menunjukkan beberapa tipe dari exit taxiway.



Gambar 2.21. Exit Taxiway 90°
(Sumber: Horonjeff, 2010)



Gambar 2.22. Exit Taxiway 45°
(Sumber: Horonjeff, 2010)



Gambar 2.23. Exit *Taxiway* 30°
(Sumber: Horonjeff, 2010)

Faktor-faktor yang menjadi penentu untuk lokasi *exit taxiway*, adalah :

- Jarak dari *threshold* untuk *touchdown* (D1)
- Kecepatan *touchdown* (V1)
- Kecepatan awal keluar *exit taxiway* (V2)
- Perlambatan rata-rata (a)

Jarak dari ujung *runway* ke suatu titik dimana tempat roda pesawat pertama diharapkan menyentuh *runway* saat mendarat (*aiming point*) dapat dilihat pada Tabel 2.15.

Tabel 2.15. Letak dan Ukuran *Aiming Point Marking*

Lokasi dan Dimensi	Panjang <i>runway</i>			
	< 800 m	800 m- 1199 m	1200 m- 2399 m	> 2400 m
Jarak dari <i>Threshold</i> (a)	150 m	250 m	300 m	400 m
Panjang <i>Stripe</i> (panjang b)	30 m - 45 m	30 m - 45 m	45 m - 60 m	45 m - 60 m
Lebar <i>Stripe</i> (c)	4 m	6 m	6 m - 10 m	6 m - 10 m
Jarak spasi antar <i>stripe</i> bagian dalam (d)	6 m	9 m	16 m - 22,5 m	16 m - 22,5 m

(Sumber : *Aerodrome Design and Operation, ICAO 1999*)

Jarak dari *touchdown* ke lokasi *exit taxiway* dapat dihitung menggunakan rumus berikut ini :

$$D_2 = \frac{(V1)^2 - (V2)^2}{2a}$$

Dimana :

D2 = Jarak *exit taxiway* dari titik *touchdown* (m)

V1 = Kecepatan *touchdown* di *runway* (m/s)

V2 = Kecepatan awal keluar *runway* (m/s)

a = Perlambatan (m/s²)

Jarak dari ujung *runway* hingga pesawat mencapai kecepatan keluar di *exit taxiway* (S) dapat dihitung menggunakan rumus berikut ini :

$$S = D1 + D2$$

Jarak dari ujung *runway* hingga pesawat mencapai kecepatan keluar di *exit taxiway* (S) yang telah diketahui kemudian dikoreksi melalui beberapa faktor koreksi, yaitu faktor koreksi ketinggian (Fe), koreksi temperatur (Ft), dan koreksi kemiringan (Fs) seperti pada perencanaan panjang *runway*. Hasil dari koreksi dari beberapa faktor nantinya disebut S terkoreksi.

2.4.3. Landas Parkir/Apron

Apron berfungsi sebagai tempat untuk proses naik dan turunnya penumpang, barang, bahan bakar, parkir, dan persiapan sebelum *taxiing*. Area ini terdiri dari tempat parkir pesawat (*aircraft gates, aircraft stands, atau ramps*) dan jalur khusus sirkulasi pesawat memasuki / keluar dari tempat parkir (*taxilane*).

Dimensi apron dipengaruhi oleh :

- a. Ukuran daerah untuk menempatkan bagi setiap pesawat yang disebut *gate position*.
- b. Konfigurasi parkir pesawat
- c. Jumlah *gate position*.

Ukuran *gate position* dipengaruhi oleh :

- a. Ukuran pesawat dan jari-jari perputaran pesawat (minimum turning radius)
- b. Cara pesawat masuk dan keluar *gate position* apabila dengan tenaga sendiri atau didorong.
- c. Kedudukan parkir pesawat yang dalam hal ini meliputi ukuran jarak line antara pesawat dengan pesawat dan antara pesawat dengan tepi apron.

2.4.3.1. Penentuan Jumlah Gerbang/Gate

Perencanaan jumlah gerbang/*gate* ditentukan berdasarkan perkiraan arus kedatangan dan keberangkatan pesawat setiap jam dalam perencanaan awal. Faktor pemakaian *gate* rata-rata di suatu bandar udara bervariasi antara 0,5 - 0,8 karena hampir tidak mungkin suatu *gate* dipergunakan selama 100% waktu karena gerak manuver pesawat masuk/keluar *gate* akan menghalangi pesawat lainnya untuk masuk/keluar *apron gate* di sekitarnya. Penentuan jumlah posisi gerbang (*gate position*) dapat dihitung berdasarkan perumusan di bawah ini.

$$G = (V \times T) / U$$

Dimana:

G = Jumlah gerbang (*gate*)

V = Vol. rencana untuk kedatangan/keberangkatan (gerakan/jam)

T = Gate Occupancy Time (jam)

Untuk kelas A = 60 menit

Untuk kelas B = 40 menit

Untuk kelas C = 30 menit

U = Faktor pemakaian gerbang (*gate*)

0,6 – 0,8 (bisa digunakan untuk semua jenis penerbangan)

0,5 – 0,6 (hanya bisa dipakai untuk beberapa jenis penerbangan)

Tabel 2.16. Klasifikasi Kelas Pesawat Terbang

Kelas	Jenis Pesawat Terbang
A	Boeing 707, 747, 720, Douglas DC-8 dan DC-10, Lockheed L-1011
B	Boeing 737, 737, Douglas DC-9, BACI-11, semua pesawat perusahaan penerbangan bermesin piston dan turboprop besar
C	Pesawat terbang kecil yang digerakkan propeler untuk perusahaan penerbangan seperti Fairchild F-27 dan pesawat jet bisnis
D	Pesawat penerbangan umum yang digerakkan propeler bermesin ganda dan beberapa pesawat dengan mesin tunggal yang lebih besar
E	Pesawat penerbangan umum yang digerakkan propeler bermesin tunggal

(Sumber: Horonjeff, 2010)

2.4.3.2. Dimensi Gerbang/Gate

Luas Apron terdiri dari panjang dan lebar area ini. Dimana untuk menghitung panjang dan lebar apron dapat digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Panjang Landas Parkir (Apron)} = G \times 2R + G \times C$$

Dimana :

G = Jumlah gerbang (*gate*)

R = radius putar pesawat (ft)

C = Jarak pesawat dan pesawat ke gedung terminal (25 ft – 35 ft)

L = Panjang pesawat (ft)

W = Lebar taxi lane (16 ft untuk pesawat kecil dan 290 ft untuk pesawat berbadan lebar)

Jika R tidak tersedia, maka nilai R dapat dihitung dengan :

$$R = (\text{Wingspan} / 2) + (\text{wheel base} / \text{tg } 60^\circ)$$

Sehingga akan diperoleh dimensi *apron* minimum yang diperlukan oleh pergerakan suatu bandara.

Tabel 2.17. Jarak Bebas Antar Pesawat Di Apron

Uraian	Kode Huruf / Golongan Pesawat					
	A/I	B/II	C/III	D/IV	E/V	F/VI
Jarak bebas antar pesawat yang parkir dengan pesawat yang akan tinggal landas (A) (m)	10	10	10	15	15	15
Jarak bebas antar pesawat yang parkir dengan pesawat yang berada di taxilane dan penghalang lain (B) (m)	4,5	4,5	7,5	7,5	10	10
Jarak pesawat yang sedang berjalan dengan pesawat yang berada di lead-in garis dan pesawat lain (C) (m)	4,5	4,5	7,5	7,5	10	10
Jarak antara pesawat yang sejajar yang berada di apron dan bangunan lain (D) (m)	4,5	4,5	7,5	7,5	10	10
Jarak antara pesawat dengan pengisian bahan bakar dan bangunan (E) (m)	15	15	15	15	15	15

(Sumber : *Aerodrome Design and Operation, ICAO 1999*)

2.5. Metode Perencanaan Perkerasan

Perkerasan pada lapangan terbang berfungsi sebagai tumpuan untuk menahan beban pesawat secara aman dan nyaman

selama umur rencana. Untuk memenuhi fungsi tersebut struktur perkerasan harus :

1. Dapat mereduksi tegangan yang terjadi akibat beban pesawat sampai batas-batas yang masih mampu dipikul tanah dasar, tanpa menimbulkan perbedaan lendutan dan penurunan yang dapat merusak perkerasan.
2. Direncanakan/didesain sedemikian rupa sehingga mampu mengatasi pengaruh kembang susut dan penurunan kekuatan tanah dasar, pengaruh cuaca serta kondisi lingkungan.

Adapun metode perencanaan perkerasan lapangan terbang tersebut, antara lain :

- a. Metode CBR (*US of Engineers*)
- b. Metode FAA (*Federal Aviation Administration*) cara Manual
- c. Metode FAA (*Federal Aviation Administration*) dengan *software* FAARFIELD
- d. Metode LCN (*Load Classification Number*)
- e. Metode *Shell*
- f. Metode *Asphalt Institute*

2.6. Perencanaan Perkerasan Metode FAA Cara Manual

FAA mengembangkan metode perencanaan dengan mengacu berdasarkan perhitungan dari berat kotor pesawat maksimum dan konfigurasi roda pendaratan serta jumlah keberangkatan per tahun/*annual departures* pesawat. Perhitungan tebal perkerasan menggunakan metode FAA cara manual berdasarkan grafik yang telah dikeluarkan oleh FAA. Grafik tersebut berbeda antara perencanaan perkerasan lentur/*flexible pavement* dan perkerasan kaku/*rigid pavement*. Kesamaan keduanya adalah pada tahap merencanakan pesawat yang ditentukan sebagai acuan perencanaan perkerasan. Pesawat yang ditentukan tersebut dinamakan pesawat rencana. Cara mengetahui pesawat rencana adalah dari beban yang dihasilkan pada perkerasan. Pesawat dengan hasil ketebalan perkerasan paling

besar yang dapat dijadikan pesawat rencana. Tidak harus pesawat dengan berat terbesar.

Didalam perencanaan perkerasan, diharapkan mampu untuk melayani berbagai macam jenis pesawat yang melintas. Tiap-tiap pesawat mempunyai konfigurasi roda pendaratan yang berbeda-beda tergantung dengan besar kecilnya ukuran pesawat dan berat pesawat. Jenis pesawat walaupun beragam tetap akan berpengaruh pada perhitungan tebal perkerasan. Cara mengetahui pengaruh jenis pesawat lain adalah dengan cara konversi kedalam pesawat rencana.

Cara menghitung salah satu jenis pesawat yang dikonversi kedalam pesawat rencana adalah dengan rumus sebagai berikut (Basuki, 1986) :

$$\text{Log } R1 = \text{Log } R2 \times \frac{W2^{1/2}}{W1}$$

Dimana :

R1 = *Equivalent annual departure* pesawat rencana

R2 = *Annual departure* pesawat campuran dinyatakan dalam roda pendaratan pesawat rencana

W1 = Beban roda pesawat rencana

W2 = Beban roda pesawat yang ditanyakan

Pesawat berbadan lebar dianggap mempunyai MTOW 300.000 lbs dengan roda pendaratan *dual tandem* dalam perhitungan *equivalent annual departure*. Tipe roda pendaratan berlainan bagi tiap-tiap jenis pesawat, maka untuk tipe roda pendaratan perlu dikonversikan juga ke tipe roda pendaratan pesawat rencana. Faktor konversi roda pendaratan pesawat seperti pada Tabel 2.18.

Tabel 2.18. Faktor Konversi Roda Pendaratan Pesawat

Konversi dari	ke	Faktor Pengali
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: Basuki, 1986)

Tipe roda pendaratan menentukan bagaimana berat pesawat dibagi bebannya kepada roda-roda yang diteruskan ke perkerasan. Menghitung berat roda pendaratan adalah $(95\% \times \text{MTOW}) / \text{Jumlah Roda Pendaratan}$. Beban roda/wheel load dianggap 95% tertumpu pada roda pendaratan utama.

2.6.1. Perkerasan Lentur/*Flexible Pavement*

Lapisan perkerasan lentur/*flexible pavement* terdiri dari lapis tanah dasar/*subgrade*, lapis pondasi bawah/*subbase course*, lapis pondasi atas/*base course* dan lapis permukaan aspal. Data-data yang dibutuhkan untuk perencanaan menggunakan perkerasan lentur antara lain data karakteristik pesawat, jumlah keberangkatan per tahun/*annual departure*, dan data CBR tanah dasar. Mencari data CBR tanah dapat menggunakan beberapa tes tanah antara lain sondir dan test pit. Sampel tanah yang telah diambil kemudian diuji di laboratorium untuk mencari besarnya CBR. FAA telah membuat klasifikasi tanah, untuk perencanaan perkerasan menjadi 13 kelas dari E1 sampai E13. Klasifikasi ini diambil dari *Airport Paving* FAA AC No: 150/5320-6B.

Klasifikasi tanah didasarkan pada hal-hal berikut ini :

- Butiran yang tertahan saringan No. 10
- Butiran lewat saringan No. 10 tetapi tertahan saringan No. 40
- Butiran lewat saringan No. 40 tetapi tertahan saringan No. 200

- Butiran lewat saringan No. 200
- *Liquid Limit*
- Indeks Plastisitas

Tahapan lain dalam perencanaan perkerasan lentur adalah penentuan ketebalan tiap lapisan. Perhitungan tebal lapisan didasarkan pada grafik-grafik. Tahap awal sebelum menuju pada grafik adalah mencari pesawat rencana. Pasti ada terdapat beberapa jenis pesawat yang melintas di suatu bandar udara, maka dari itu untuk mempermudah perencanaan tebal perkerasan, semua jenis pesawat dikonversi kedalam pesawat rencana. Tahapan penentuan pesawat rencana hingga diketahui hasil konversi ke pesawat rencana sudah dijelaskan pada sub-bab 2.6.

Seperti pada sub-bab 2.6 setelah semua pesawat dikonversi ke pesawat rencana, maka tahap selanjutnya adalah penentuan *equivalent annual departure* pesawat rencana (R1). Setelah diketahui *equivalent annual departure* pesawat rencana maka hasilnya dapat diplotkan ke grafik perencanaan perkerasan lentur. Ada beberapa grafik perencanaan perkerasan lentur tergantung pada jenis roda pendaratan pesawat rencana, yaitu *Single Wheel Gear*, *Dual Wheel Gear*, dan *Dual Tandem Gear*.

2.6.2. Perkerasan Kaku/Rigid Pavement

Perkerasan kaku/*rigid pavement* umumnya terdiri dari lapis tanah dasar/*subgrade*, lapis pondasi/*subbase course*, dan lapis permukaan. Lapis permukaan terdiri dari slab beton yang digelar di atas *subbase course* yang telah distabilisasi/dipadatkan. Pada kondisi tertentu *subbase course* kadang tidak diperlukan.

Perkerasan kaku/*rigid pavement* biasanya dipilih untuk ujung landasan pacu, pertemuan antara landasan pacu dan *taxiway*, apron, dan daerah lain yang digunakan untuk parkir pesawat atau daerah yang mendapat pengaruh panas *jet blast* dan limpahan bahan bakar (Basuki, 1986).

Faktor-faktor yang mempengaruhi tebal perkerasan kaku/*rigid pavement* antara lain adalah :

- a. Lalu Lintas Pesawat
Ramalan keberangkatan tahunan/*annual departure* selama 20 tahun perencanaan umur perkerasan harus dibuat untuk tiap-tiap jenis pesawat yang harus dilayani landasan pacu.
- b. Peramalan lalu lintas disusun dalam tabel pesawat yang berbeda-beda dengan bermacam-macam berat dan jenis roda pendaratan yang berbeda.
- c. Kekuatan *subgrade* atau kombinasi *subgrade-subbase*.

Tahapan perencanaan perkerasan kaku/*rigid pavement* adalah sebagai berikut :

1. Menentukan Pesawat Rencana
Cara menentukan pesawat rencana seperti pada sub-bab 2.6, yaitu dengan menghitung tebal perkerasan untuk tiap-tiap jenis pesawat. Pesawat dengan hasil tebal perkerasan terbesar yang dijadikan pesawat rencana.
2. Menghitung nilai k
Nilai k tanah dasar/*subgrade* umumnya ditentukan di lapangan setelah *plate bearing test*. Pengujian dilakukan pada daerah yang mewakili material pondasi yang akan menopang perkerasan. Nilai k *subgrade* dapat dihitung pula menggunakan rumus berikut ini :

$$k = \left[\frac{1500 \times \text{CBR}}{26} \right]^{0,7788} \quad (\text{pci})$$

Harga pendekatan dari nilai k dari berbagai jenis tanah seperti pada Tabel 2.19.

Tabel 2.19. Harga Pendekatan Nilai k dari Berbagai Jenis Tanah

Bahan <i>Subgrade</i>	Harga k	
	MN/m ³	pci
Sangat Jelek	<40	<150
Lumayan-baik	55 – 68	200-250
Sangat baik	>82	>300

(Sumber: Basuki, 1986)

3. Menentukan *Flexural Strength* Beton

Ketebalan izin dari perkerasan beton berkaitan dengan kekuatan beton yang digunakan sebagai konstruksi perkerasan. Untuk perencanaan perkerasan, kekuatan beton ditandai dengan *flexural strength*. *Flexural strength* beton adalah kuat bengkok beton terhadap beban yang bekerja pada struktur perkerasan. *Flexural strength* beton didapat dari uji “Modulus of Rupture” (Modulus keruntuhan). FAA merekomendasikan nilai *flexural strength* beton adalah 600 – 700 psi (4,14 – 4,83 Mpa).

4. Konversi *Equivalent Annual Departure* ke Pesawat Rencana

Seperti penjelasan pada sub-bab 2.6, cara menghitung jenis pesawat yang dikonversi kedalam pesawat rencana adalah dengan rumus sebagai berikut (Basuki, 1986) :

$$\text{Log } R1 = \text{Log } R2 \times \frac{W2^{1/2}}{W1}$$

Dimana :

R1 = *Equivalent annual departure* pesawat rencana

R2 = *Annual departure* pesawat campuran dinyatakan dalam roda pendaratan pesawat rencana

W1 = Beban roda pesawat rencana

W2 = Beban roda pesawat yang ditanyakan

Pesawat berbadan lebar dianggap mempunyai MTOW 300.000 lbs dengan roda pendaratan *dual tandem* dalam

perhitungan *equivalent annual departure*. Tipe roda pendaratan berlainan bagi tiap-tiap jenis pesawat, maka untuk tipe roda pendaratan perlu dikonversikan juga ke tipe roda pendaratan pesawat rencana. Faktor konversi roda pendaratan pesawat seperti pada Tabel 2.20.

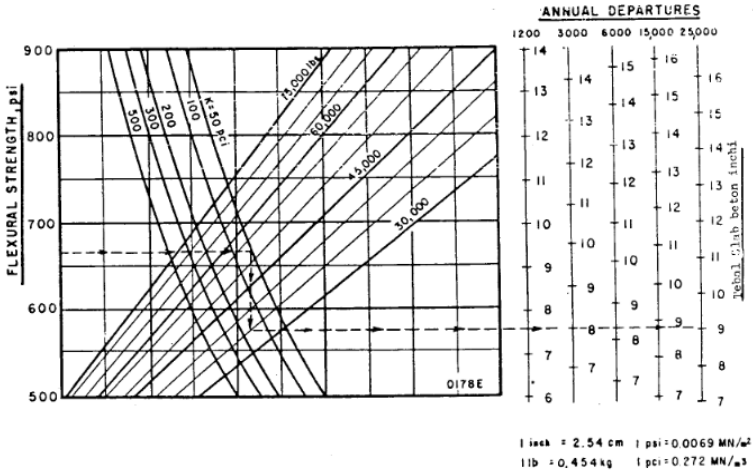
Tabel 2.20. Faktor Konversi Roda Pendaratan Pesawat

Konversi dari	ke	Faktor Pengali
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

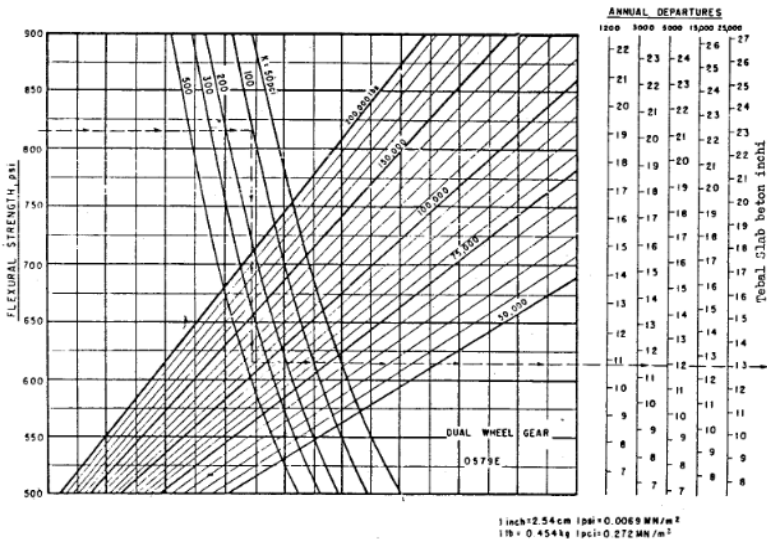
(Sumber: Basuki, 1986)

5. Plot ke Kurva Perencanaan Perkerasan Kaku

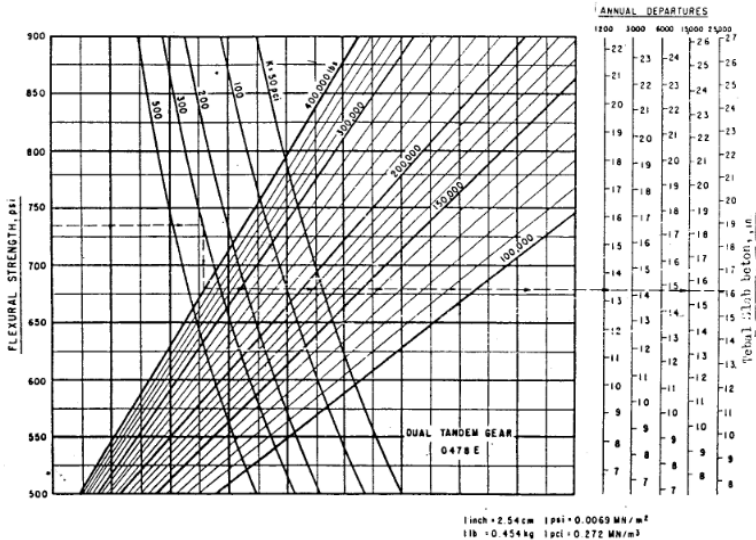
Tahapan terakhir perencanaan perkerasan kaku adalah plot kedalam kurva perencanaan kaku. Ada 3 jenis kurva perencanaan perkerasan kaku tergantung dengan konfigurasi roda pendaratannya. Kurva perencanaan perkerasan kaku dari 3 jenis roda pendaratan yang berbeda terdapat pada Gambar 2.24 – 2.26



Gambar 2.24. Kurva Perencanaan Kaku *Single Wheel Gear* (Sumber: Basuki, 1986)



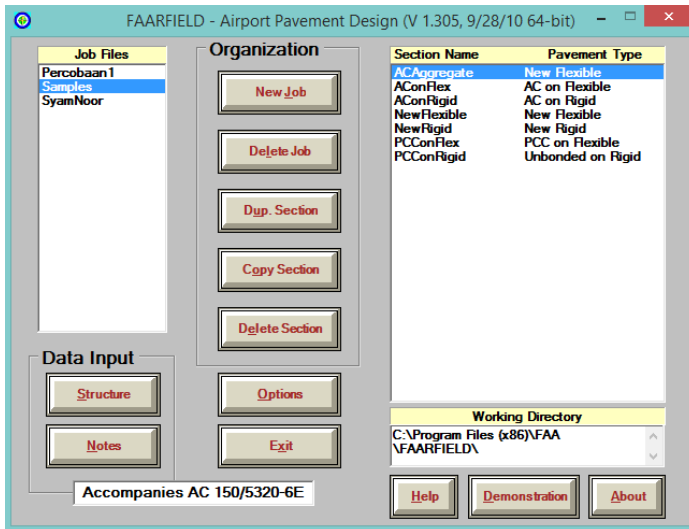
Gambar 2.25. Kurva Perencanaan Kaku *Dual Wheel Gear* (Sumber: Basuki, 1986)



Gambar 2.26. Kurva Perencanaan Kaku *Dual Tandem Gear*
(Sumber: Basuki, 1986)

2.7. Perencanaan Perkerasan Metode FAA dengan Software FAARFIELD

FAARFIELD (*Federal Aviation Administration Rigid and Flexible Iterative Elastic Layered Design*) merupakan suatu program komputer untuk merencanakan tebal perkerasan kaku/*rigid pavement* maupun perkerasan lentur/*flexible pavement* pada landasan pacu bandar udara. Prosedur perhitungan dan perencanaan ketebalan dalam program ini berdasarkan metode FAA-AC No: 150/5320-6E.



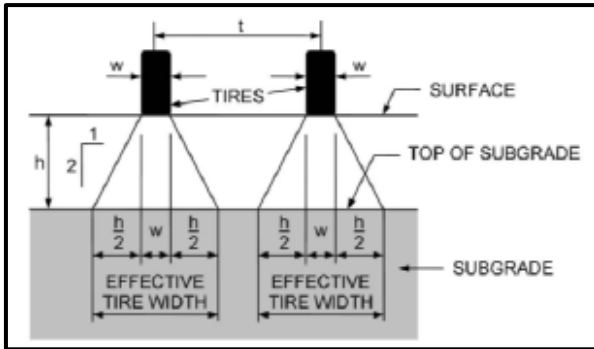
Gambar 2.27. Tampilan *Software* FAARFIELD

Prosedur perencanaan perkerasan sudah diimplementasikan di dalam program FAA yaitu FAARFIELD menerapkan prosedur *layer elastic* dan *finite element* untuk merencanakan perkerasan baru pada perkerasan lentur.

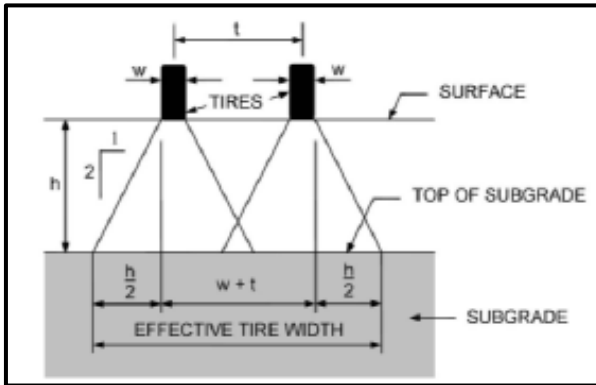
1. Prinsip dasar perhitungan tebal perkerasan FAARFIELD yang didasarkan pada AC 150/5320-6E.
 - a. Masukkan semua pesawat pengguna landasan dan tidak melakukan ekivalen pesawat ke pesawat rencana.
 - b. Jarak roda pendaratan utama setiap pesawat dari garis tengah landasan mempengaruhi kumulatif (*Cumulative Damage Factor*).
 - c. Konsep pesawat rencana tidak dipakai dalam FAARFIELD.
2. *Pass-to-coverage ratio* (PCR)

Rasio jumlah lintasan terhadap beban penuh per satuan luas perkerasan disebut sebagai *pass-o-coverage ratio*. *Responses line* digambar dengan kemiringan 1:2 dari pinggir kotak hingga ke puncak tanah dasar, seperti diilustrasikan dalam

Gambar 2.28 dan Gambar 2.29. Semua perhitungan lebar efektif roda dan PCR dilakukan di dalam program FAARFIELD.



Gambar 2.28. *Two Effective Tire Widths-No Overlap*
(Sumber : FAA AC No: 150/5320-6E)



Gambar 2.29. *One Effective Tire Width-Overlap*
(Sumber : FAA AC No: 150/5320-6E)

3. FAARFIELD *Default Value*

Tabel 2.21. Nilai Standar pada *Software* FAARFIELD

Base Layer	Modulus, psi (MPa)	Poisson's Ratio
Stabilized (flexible) Variable Minimum Variable Maximum P-401/403 Asphalt	150,000 (1 035) 400,000 (2 760) 400,000 (2 760)	0.35
Stabilized (rigid) Variable Minimum Variable Maximum P-304 Cement Treated Base P-306 Econocrete Subbase	250,000 (1 720) 700,000 (4 830) 500,000 (3 450) 700,000 (4 830)	0.20

(*Sumber : FAA AC No: 150/5320-6E*)

4. Faktor Kerusakan Kumulatif (*Cumulative Damage Factor*)

$$CDF = \frac{\text{number of applied load repetitions}}{\text{number of allowable repetitions to failure}}$$

atau

$$CDF = \frac{(\text{annual departures}) \times (\text{life in years})}{\left(\frac{\text{pass}}{\text{coverage ratio}}\right) \times (\text{coverages to failure})}$$

atau

$$CDF = \frac{\text{applied coverages}}{\text{coverages to failure}}$$

Tabel 2.22. Nilai Standar CDF pada *Software FAARFIELD*

CDF value	Pavement Remaining Life
1	Perkerasan dipakai hingga umur kelelahan
< 1	Perkerasan mempunyai umur kelelahan jangka pendek
> 1	Perkerasan mempunyai umur kelelahan jangka panjang

(Sumber : FAA AC No: 150/5320-6E)

2.7.1. Perencanaan Perkerasan Lentur/*Flexible Pavement*

Perkerasan lentur terdiri dari campuran aspal panas yang berada pada lapisan permukaan dari lapis perkerasan atas dan jika diperlukan dapat berada di permukaan tanah dasar dengan kondisi tanah dasar dapat syaratkan sebagai lapis perkerasan bawah.

2.7.1.1. Lapis Permukaan Campuran Aspal Panas/*Hot Mix Asphalt Surfacing*

Lapis permukaan campuran aspal panas berfungsi untuk mencegah penetrasi air dari permukaan menuju struktur lapis perkerasan, dan menahan tekanan geser yang disebabkan oleh roda pesawat saat menyentuh landasan pacu dan memiliki tekstur permukaan yang agak kasar tetapi tidak menyebabkan keausan pada roda pesawat.

2.7.1.2. Lapis Pondasi Atas/*Base Course*

Lapis pondasi atas merupakan komponen struktural utama dalam fungsinya untuk mendistribusikan beban roda yang diterima pada lapisan pondasi atas dan kemudian disalurkan kepada lapis pondasi bawah dan atau tanah dasar. Spesifikasi lapis pondasi atas yang memiliki kualitas komponen, gradasi yang baik. Kemampuan mendistribusikan beban secara baik dengan beban desain pesawat 30.000 pound (13.608 kg) atau lebih adalah sebagai berikut :

1. P-208 – Lapis Pondasi Agregat (*Aggregate Base Course*)

2. P-209 – Lapis Pondasi Agregat Batu Pecah (*Crushed Aggregate Base Course*)
3. P-211 – Lapis Pondasi Batu Kapur (*Lime Rock Base Course*)
4. P-219 – Lapis Pondasi Daur Ulang Beton (*Recycled Concrete Aggregate Base Course*)
5. P-304 – Lapis Pondasi Komposit Semen (*Cement Treated Base Course*)
6. P-306 – Lapis Pondasi Beton Ramah Lingkungan (*Ecoconcrete Base Course*)
7. P-401 – Lapis Pondasi Campuran Aspal Komposit (*Plant Mix Bituminous Pavements*)
8. P-403 – Lapis Pondasi HMA (*HMA Base Course*)

Penggunaan P-208 Lapis Pondasi Agregat karena lapis pondasi atas dirancang untuk beban berat 60.000 pound (27.216 kg) atau kurang. Ketika P-208 digunakan sebagai lapis pondasi atas ketebalan minimum lapis permukaan campuran aspal panas harus setebal 5 inci (127 mm). Penggunaan P-209 Lapis Pondasi Agregat Batu Pecah dirancang untuk melayani beban berat 100.000 pound (45.359 kg) atau kurang.

Tabel 2.23. Ketebalan Minimum Agregat Lapis Pondasi Bawah

Gear Type	Design Load Range		Minimum Base Course (P-209) Thickness	
	lbs	(kg)	in.	(mm)
S	30,000 - 50,000	(13 600 – 22 700)	4	(100)
	50,000 - 75,000	(22 700 – 34 000)	6	(150)
D	50,000 - 100,000	(22 700 – 45 400)	6	(150)
	100,000 - 200,000*	(45 400 – 90 700)	8	(200)
2D	100,000 - 250,000*	(45 400 – 113 400)	6	(150)
	250,000 - 400,000*	(113 400 – 181 000)	8	(200)
2D (B757, B767)	200,000 - 400,000*	(90 700 – 181 000)	6	(150)
2D or 2D/D1 (DC10, L1011)	400,000 - 600,000*	(181 000 – 272 000)	8	(150)
2D/2D2 (B747)	400,000 - 600,000*	(181 000 – 272 000)	6	(150)
	600,000 - 850,000*	(272 000 – 385 600)	8	(200)
2D/D1 or 2D/2D1(A 340)	568,000 – 840,400	(257 640 – 381 200)	10	(250)
2S (C130)	75,000 - 125,000	(34 000 – 56 700)	4	(100)
	125,000 - 175,000*	(56 700 – 79 400)	6	(150)
3D (B777)	537,000 – 777,000*	(243 500 – 352 440)	10	(250)
3D (A380)	1,239,000 – 1,305,125*	(562 000 – 592 000)	9	(230)

(Sumber : FAA AC No: 150/5320-6E)

2.7.1.3. Lapis Pondasi Bawah/Subbase Course

Lapis pondasi bawah disertakan sebagai bagian dari struktur perkerasan lentur kecuali pada tanah dasar dengan nilai CBR 20% atau lebih besar (biasanya untuk jenis tanah GW atau jenis GP). Didalam pengembangan ketebalan perkerasan

digunakan untuk nilai CBR pada lapis pondasi bawah yang memiliki nilai variabel.

a. Kualitas, jenis lapis pondasi bawah yang digunakan pada bandara dengan beban desain pesawat dari 30.000 pound (13.608 kg) atau lebih dengan jenis material sebagai berikut :

1. P-154 – Lapis Pondasi Bawah (*Subbase Course*)
2. P-210 – Lapis Pondasi Pasir Kerikil Nitrat (*Caliche Base Course*)
3. P-212 – Lapis Pondasi Tempurung (*Shell Base Course*)
4. P-213 – Lapis Pondasi Pasir Lempung (*Sand Clay Base Course*)
5. P-301 – Lapis Pondasi Semen Tanah (*Soil Cement Base Course*)

Penggunaan P-213 dan P-301 pada lapis pondasi bawah tidak direkomendasikan digunakan sehingga kegagalan penetrasi pada lapis pondasi bawah dapat diantisipasi.

b. Konstruksi Berlapis, tidak harus dikonfigurasi sehingga lapisan granular terletak di antara dua lapisan yang kedap.

2.7.1.4. Tanah Dasar/Subgrade

Tanah dasar menipiskan tekanan dengan kedalam dan tingkat kejenuhan tanah dikendalikan oleh lapisan di atasnya, kecuali kondisi yang tidak biasa ada. Kondisi tidak biasa seperti tanah dasar berlapis, mengandung air yang banyak, atau tingkat kepadatan dapat mengubah lokasi kejenuhan tanah pengendali.

Tabel 2.24. Contoh Persyaratan Pematatan

100%	95%	90%	85%
0-21 in	21-37 in	37-52 in	52-68 in

(Sumber : FAA AC No: 150/5320-6E)

Tabel 2.25. Contoh Kepadatan Untuk Tanah Dasar

Depth Below Existing Grade	Depth Below Finished Grade	In-Place Density
1' (0.3 m)	2" (50 mm)	70%
2' (0.6 m)	14" (0.36 m)	84%
3' (0.9 m)	26" (0.66 m)	86%
4' (1.2 m)	38" (0.97 m)	90%
5' (1.5 m)	50" (1.27 m)	93%

(Sumber : FAA AC No: 150/5320-6E)

2.7.2. Perencanaan Perkerasan Kaku/*Rigid Pavement*

Perkerasan kaku terdiri dari campuran beton yang berada pada lapisan permukaan diatas lapis pondasi bawah atau terkadang pada kondisi tertentu diatas tanah dasar/*subgrade*.

2.7.2.1. Perkerasan Beton/*Concrete Pavement*

Permukaan beton harus memberikan tekstur kualitas yang anti selip, mencegah penyerapan air permukaan ke dalam tanah dasar, dan memberikan dukungan struktural.

2.7.2.2. Lapis Pondasi Bawah/*Subbase Course*

Standar FAA lapis pondasi bawah untuk perkerasan kaku adalah sebesar 4 inci (102 mm) dengan jenis material adalah P-154, pada lapis pondasi bawah. Dalam beberapa kasus tertentu, diinginkan menggunakan bahan yang berkualitas lebih tinggi atau ketebalan P-154 lebih besar dari 4 inci (102 mm). Bahan berikut yang dapat diterima untuk digunakan sebagai pondasi bawah di bawah perkerasan kaku :

1. P-154 – Lapis Pondasi Bawah (*Subbase Course*)
2. P-208 – Lapis Pondasi Agregat (*Aggregate Base Course*)
3. P-209 – Lapis Pondasi Agregat Batu Pecah (*Crushed Aggregate Base Course*)
4. P-211 – Lapis Pondasi Batu Kapur (*Lime Rock Base Course*)

5. P-301 – Lapis Pondasi Semen Tanah (*Soil Cement Base Course*)
6. P-304 – Lapis Pondasi Komposit Semen (*Cement Treated Base Course*)
7. P-306 – Lapis Pondasi Beton Ramah Lingkungan (*Ecoconcrete Base Course*)
8. P-401 – Lapis Pondasi Campuran Aspal Komposit (*Plant Mix Bituminous Pavements*)
9. P-403 – Lapis Pondasi HMA (*HMA Base Course*)

Bahan stabil yang diperlukan untuk lapis pondasi bawah mampu melayani beban berat sebesar 100.000 pound (45.359 kg) atau lebih. Kestabilan bahan yang diterima adalah jenis P-304, P-306, dan P-401. Minimal ketebalan lapis pondasi bawah sebesar 4 inci (102 mm).

2.7.2.3. Tanah Dasar/Subgrade

Tanah dasar di bawah perkerasan kaku harus dipadatkan. Penggalian dan penimbunan kembali meliputi kontrol konstruksi dan pemadatan tanah dasar.

Tabel 2.26. Rekomendasi Perbaikan dari Tanah Bergelombang

Swell Potential (Based on Experience)	Percent Swell Measured (ASTM D 1883)	Potential for Moisture Fluctuation	Treatment
Low	3-5	Low	Compact soil on wet side of optimum (+2% to +3%) to not greater than 90% of appropriate maximum density ² .
		High	Stabilize soil to a depth of at least 6 in. (150 mm)
Medium	6-10	Low	Stabilize soil to a depth of at least 12 in. (300 mm)
		High	Stabilize soil to a depth of at least 12 in. (300 mm)
High	Over 10	Low	Stabilize soil to a depth of at least 12 in. (300 mm)
		High	For uniform soils, i.e., redeposited clays, stabilize soil to a depth of at least 36 in. (900 mm) or raise grade to bury swelling soil at least 36 in. (900 mm) below pavement section or remove and replace with nonswelling soil. For variable soil deposits depth of treatment should be increased to 60 in. (1 500 mm).

(Sumber : FAA AC No: 150/5320-6E)

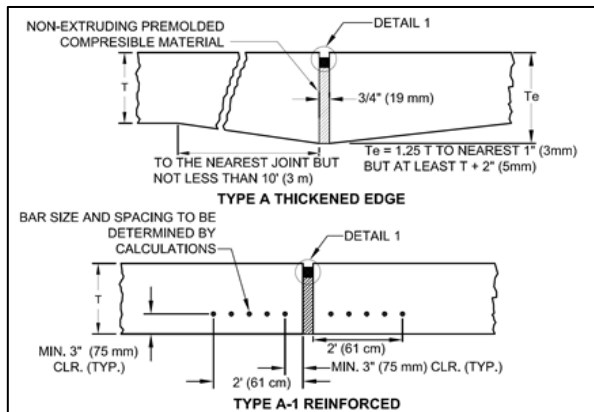
2.7.2.4. Sambungan/ Joint pada Perkerasan Kaku

Joint/Sambungan dibuat pada perkerasan kaku, agar beton dapat mengembang dan menyusut tanpa halangan sehingga meringankan/mengurangi efek merusak dan meminimalkan retak acak akibat gesekan, perubahan temperatur, serta perubahan kelembaban.

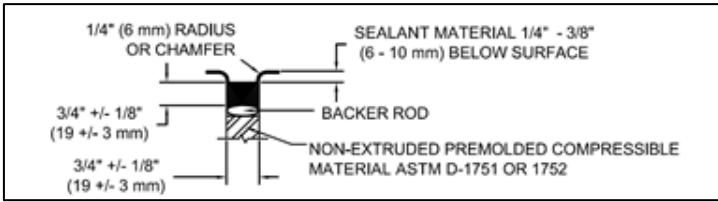
a. Kategori Sambungan

Sambungan pada perkerasan kaku dikategorikan menurut fungsi bersama dimaksudkan untuk melakukan kategori sambungan isolasi, kontraksi, dan konstruksi.

1. Sambungan isolasi (Tipe A, A-1), fungsi sambungan isolasi untuk mengisolasi memotong perkerasan dan struktur perkerasan.
 - Tipe A digunakan ketika kondisi menghalangi penggunaan perangkat penyaluran beban yang mencakup seluruh perkerasan, dimana perkerasan berbatasan struktur. Perkerasan ini dibentuk dengan meningkatkan ketebalan perkerasan di sepanjang tepi slab. Tidak ada dowel bar yang digunakan.
 - Tipe A-1 digunakan sebagai alternatif dalam kasus dimana menebalkan perkerasan tepi yang tidak diinginkan.

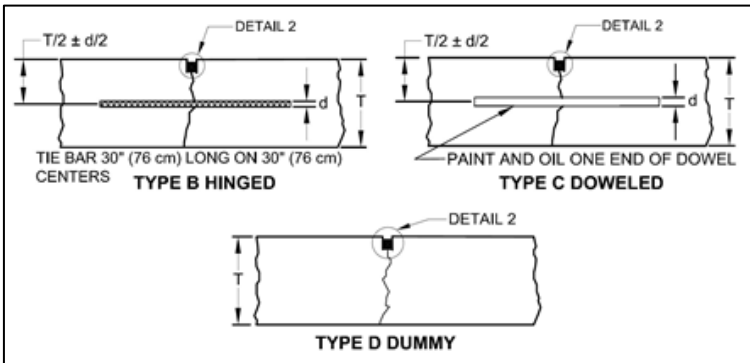


Gambar 2.30. Sambungan Isolasi Tipe A dan A-1
(Sumber : FAA AC No: 150/5320-6E)

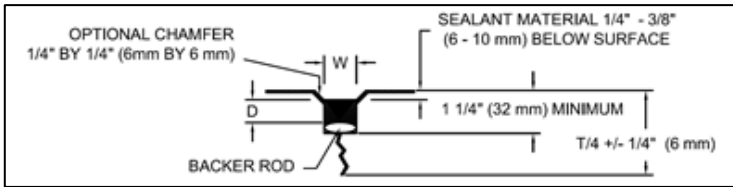


Gambar 2.31. Detail Sambungan Isolasi
(Sumber : FAA AC No: 150/5320-6E)

- Sambungan Kontraksi (Tipe B, C, D), fungsi sambungan kontraksi adalah memberikan retak yang dikendalikan dari perkerasan ketika perkerasan terjadi penurunan kadar air atau penurunan suhu.
(Sumber : FAA AC No: 150/5320-6E Airport Pavement Design and Evaluation)

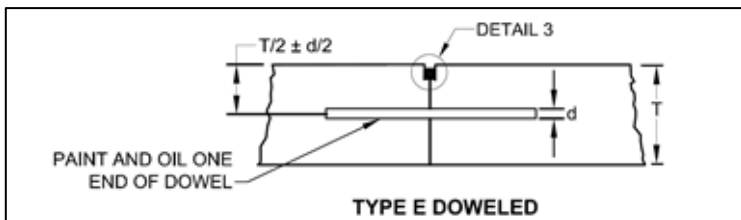


Gambar 2.32. Sambungan Kontraksi Tipe B, Tipe C dan D
(Sumber : FAA AC No: 150/5320-6E)

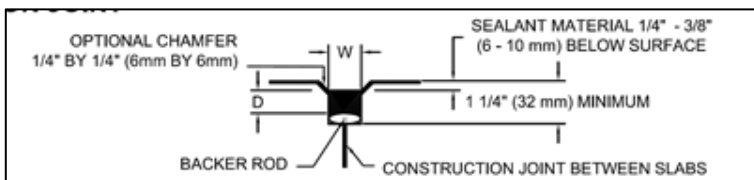


Gambar 2.33. Detail Sambungan Kontruksi
(Sumber : FAA AC No: 150/5320-6E)

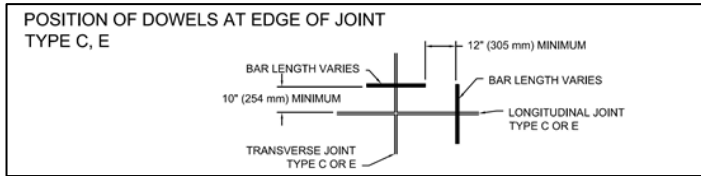
3. Sambungan Kontruksi (Tipe E), diperlukan ketika dua lempeng berbatasan ditempatkan pada waktu yang berbeda, seperti pada akhir penempatan hari atau jalur perkerasan.



Gambar 2.34. Sambungan Kontruksi Tipe E
(Sumber : FAA AC No: 150/5320-6E)



Gambar 2.35. Detail Sambungan Kontruksi
(Sumber : FAA AC No: 150/5320-6E)



Gambar 2.36. Posisi Dowel Pada Tepi Perkerasan (Tipe C dan E)
(Sumber : FAA AC No: 150/5320-6E)

Tabel 2.27. Jenis Sambungan Perkerasan Kaku

Jenis	KETERANGAN	MEMANJANG	MELINTANG
A	Menebalkan Ujung Sambungan Isolasi	Digunakan diantara dimana dowel tidak dapat digunakan dan perkerasan berbatasan dengan struktur perkerasan. Pertimbangkan dilokasi sepanjang tepi perkerasan	Digunakan ketika sumbu memanjang masing-masing memotong pada sudut. Gunakan di tepi bebas dari perkerasan dengan ekspansi masa depan, menggunakan ketebalan perkerasan diharapkan yang sama.
B	Sambungan Kontraksi Bersendi	Untuk semua sambungan kontraksi dalam lempengan landas hubung tebal < 9 inci (230mm). untuk sambungan kontraksi lain dalam lempengan tebal < 9 inci (230mm), ditempatkan 20 kaki (6m) atau kurang dari tepi perkerasan	Tidak digunakan
C	Sambungan Kontraksi dengan Dowel	Pertimbangkan untuk digunakan dalam sambungan kontraksi dalam lempengan tebal < 9 inci (230mm), dimana sambungan ditempatkan 20 kaki (6 m) atau kurang dari tepi perkerasan.	Dapat dipertimbangkan untuk penggunaan umum. Gunakan pada tiga sambungan akhir dari tepi bebas, dan selama tiga sambungan dikedua sisi sambungan isolasi
D	Sambungan Kontraksi Kosong	Untuk semua sambungan kontraksi lainnya di perkerasan	Untuk semua sambungan kontraksi lainnya di perkerasan
E	Sambungan Konstruksi dengan Dowel	Semua sambungan konstruksi termasuk sambungan isolasi	Gunakan untuk sambungan pembangunan di semua lokasi yang memisahkan paving berturut-turut ("headers")

(Sumber : FAA AC No: 150/5320-6E Airport Pavement Design and Evaluation)

b. Jarak Antar Sambungan

1. Tanpa Perbaikan Pondasi Bawah, Aturan untuk jarak sambungan yang diberikan oleh *Portland Cement Association* berlaku untuk perkerasan kaku tanpa perbaikan pondasi bawah : sebagai panduan kasar, jarak sambungan tidak harus jauh melampaui 24 kali ketebalan slab, atau $L \leq 24t$ (valid untuk setiap unit sistem), dimana L adalah jarak sambungan dan t adalah tebal pelat. Tabel 2.28 menunjukkan jarak sambungan maksimum yang dianjurkan. Jarak maksimum sambungan yang dianjurkan adalah 20 kaki (6,1 m).

Tabel 2.28. Rekomendasi Jarak Maksimum Sambungan – Perkerasan Kaku Dengan atau Tanpa Perbaikan Pondasi Bawah

Bagian I, Tanpa Perbaikan Pondasi Bawah			
Slab Thickness		Joint Spacing ¹	
Inches	Millimeters	Feet	Meter
6	152	12.5	3.8
6.5-9	165-229	15	4.6
>9	>229	20	6.1
Bagian II, Dengan Perbaikan Pondasi Bawah			
Slab Thickness		Joint Spacing ¹	
Inches	Millimeters	Feet	Meter
8–10	203-254	12.5	3.8
10.5-13	267-330	15	4.6
13.5-16	343-406	17.5	5.3
>16	>406	20	6.1

(Sumber : FAA AC No: 150/5320-6E)

2. Dengan Perbaikan Pondasi Bawah, Perkerasan kaku didukung pada perbaikan pondasi bawah dengan warping lebih tinggi dan tekanan bengkok dari yang didukung pada pondasi tanpa perbaikan. Jarak sambungan maksimum yang disarankan tercantum pada

bagian II, Tabel 2.28. Sebagai pengganti catatan riwayat kinerja, jarak maksimum direkomendasikan 20 kaki (6,1 m) untuk lembaran sama dengan atau lebih tebal dari 16 inci (406 mm).

2.7.2.5. Sambungan Baja

1. Tie Bars, yang digunakan di seluruh sambungan kontraksi memanjang tertentu untuk memegang wajah slab dalam kontak dekat. Tie bar sendiri tidak bertindak sebagai perangkat penyalur beban. Dengan mencegah pembukaan macam sambungan, penyauran beban disediakan oleh interlock agregat di celah bawah alur-jenis sambungan. Tie bar harus *deformed bar* sesuai dengan spesifikasi yang diberikan. Tie bar harus 5/8 inci (16 mm) dan dengan diameter 30 inci (762 mm) pada pusat spasi. Jangan gunakan tie-bar sehingga daerah perkerasan dengan sendi terikat terus-menerus lebih dari 75 kaki (23 m).
2. Dowels, yang digunakan pada sambungan untuk menyediakan transfer beban di sambungan dan untuk mencegah perpindahan relatif secara vertikal ujung slab yang berdekatan. Dowel memungkinkan gerakan longitudinal lembaran yang berdekatan.
 1. Dowel untuk sambungan kontraksi harus disediakan setidaknya 3 sambungan dari tepi bebas.
 2. Ukuran panjang dan jarak spasi, harus berukuran sehingga dowel akan menolak tekanan geser dan lentur yang dihasilkan oleh beban di perkerasan. Panjang dan jarak dowel tersebut harus mampu menolak tekanan agar tidak akan menyebabkan kegagalan slab beton.
 3. Posisi dowel harus selaras dan elevasi pemasangan dari dowel sangat penting dalam memperoleh layanan dowel dalam menolak tekanan geser dan lentur yang terjadi. Dowel arah melintang akan memerlukan penggunaan perlengkapan, biasanya sangkar kawat atau keranjang yang berfungsi untuk memegang dowel pada posisi yang

diinginkan. Dukungan pada keranjang atau sangkar kawat tidak perlu dipotong. Selama operasi penempatan beton, disarankan untuk menempatkan plastik beton langsung pada unit dowel mencegah perpindahan dari perakitan oleh peralatan paving. Prosedur alternatif untuk menempatkan dowel di sambungan melintang adalah dengan menggunakan mesin paving dilengkapi dengan otomatis *dowel bar inserter*.

Tabel 2.29. Dimensi dan Jarak Spasi Dowel Bar

Ketebalan Slab Beton	Diameter	Panjang	Jarak Spasi
6-7 in (152-178 mm)	$\frac{3}{4}$ in ¹ (20 mm)	18 in (460 mm)	12 in (305 mm)
7.5-12 in (191-305 mm)	1 in ¹ (25 mm)	19 in (480 mm)	12 in (305 mm)
12.5-16 in (318-406 mm)	1 $\frac{1}{4}$ in ¹ (30 mm)	20 in (510 mm)	15 in (380 mm)
16.5-20 in (419-58 mm)	1 $\frac{1}{2}$ in ¹ (40 mm)	20 in (510 mm)	18 in (460 m)
20.5-24 in (521-610 mm)	2 in ¹ (50 mm)	24 in (610 mm)	18 in (460 mm)

(Sumber : FAA AC No: 150/5320-6E)

2.8. Perencanaan Dimensi Saluran Drainase Runway

Sistem drainase pada bandar udara sangat diperlukan untuk menjaga keselamatan pesawat saat melakukan aktifitas baik lepas landas maupun pendaratan. Sistem drainase pada landasan pacu/runway mempunyai beberapa fungsi, yaitu :

1. Intersepsi dan mengalirkan air permukaan tanah yang berasal dari lokasi di sekitar landasan pacu.
2. Membuang air permukaan dari landasan pacu.
3. Membuang air bawah tanah dari landasan pacu.

(Sumber: Horonjeff, 2010)

Drainase permukaan berfungsi untuk menangani air permukaan di sekitar landasan pacu, khususnya yang berasal dari hujan.

2.8.1. Curah Hujan Rencana

Langkah awal dalam perencanaan drainase landasan pacu/*runway* adalah menentukan curah hujan rencana yang diperoleh dari data curah hujan bulanan. Data curah hujan bulanan yang dipakai biasanya data dalam 10 tahun terakhir. Perancangan curah hujan rencana untuk bandar udara dibagi menjadi 2, yaitu untuk bandar udara militer dipakai kala ulang hujan rencana 2 tahun, sedangkan untuk bandar udara komersial dipakai kala hujan rencana 5 tahun. Ada beberapa metode yang dipakai untuk analisis curah hujan rencana, antara lain adalah :

1. Metode Distribusi Normal
2. Metode Gumbel
3. Metode Log Normal
4. Metode Log Pearson III

2.8.1.1. Metode Log Pearson III

Metode ini didasarkan pada perubahan data yang ada kedalam bentuk logaritma, parameter-parameter statistik yang diperlukan oleh distribusi Log Pearson III ini adalah harga rata-rata, standar deviasi, dan koefisien kemencengan. (Soemarto, 1987).

Langkah-langkah perhitungan menggunakan metode Log Pearson III adalah :

1. Mengurutkan data curah hujan tiap tahun (d) dari yang terbesar ke terkecil.
2. Mengubah data curah hujan (d) yang sudah diurutkan menjadi Log d .
3. Menghitung nilai rata-rata Log d .
4. Menghitung standar deviasi (s) dari Log d .
5. Menghitung koefisien kemencengan/*skewness* (C_s) dari Log d .

6. Membuat persamaan $\text{Log } d$ ($\text{Log } d_{\text{rancangan}} = \text{Log } d + G \cdot S$)
7. Kala ulang (T_R) yang diinginkan (5 tahun).
8. Mencari nilai G dari Tabel 2.30 berdasarkan C_s dan T_R
9. Menghitung nilai $\text{Log } d$ dan $d_{\text{rancangan}}$ untuk T_R yang diinginkan (5 tahun).

Tabel 2.30. Tabel Nilai Distribusi untuk Harga C_s Positif

Koefisien C_s	PERIODE ULANG (TAHUN)						
	2	5	10	25	50	100	200
	PELUANG (%)						
	50	20	10	4	2	1	0.5
3.0	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051	4.970
2.9	-0.390	0.440	1.195	2.277	3.234	4.013	4.909
2.8	-0.384	0.460	1.210	2.275	3.114	3.973	4.847
2.7	-0.376	0.479	1.224	2.272	3.097	3.932	4.783
2.6	-0.368	0.499	1.238	2.267	3.071	3.889	4.718
2.5	-0.360	0.516	1.250	2.262	3.048	3.845	4.652
2.4	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.023	3.800	4.584
2.3	-0.341	0.555	1.274	2.248	2.997	3.753	4.515
2.2	-0.330	0.574	1.284	2.240	2.970	3.705	4.454
2.1	-0.319	0.592	1.294	2.230	2.942	3.656	4.372
2.0	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.298
1.9	-0.294	0.627	1.310	2.207	2.881	3.552	4.223
1.8	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147
1.7	-0.268	0.660	1.324	2.179	2.815	3.444	4.069
1.6	-0.225	0.705	1.329	2.163	2.780	3.388	3.990
1.5	-0.240	0.690	1.333	2.146	2.743	3.330	3.910
1.4	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271	3.828
1.3	-0.210	0.719	1.339	2.108	2.666	3.211	3.745
1.2	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149	3.661
1.1	-0.180	0.745	1.341	2.066	2.585	3.087	3.575
1.0	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022	3.489
0.9	-0.148	0.769	1.339	2.018	2.498	2.957	3.401
0.8	-0.132	0.780	1.336	1.998	2.453	2.891	3.312
0.7	-0.116	0.790	1.333	1.967	2.407	2.824	3.223
0.6	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755	3.132
0.5	-0.083	0.806	1.323	1.910	2.311	2.686	3.041
0.4	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615	2.949
0.3	-0.050	0.824	1.309	1.849	2.211	2.544	2.856
0.2	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472	2.763
0.1	-0.017	0.836	1.292	1.785	2.107	2.400	2.670
0.0	-0.000	0.843	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576

Tabel 2.31. Tabel Nilai Distribusi untuk Harga Cs Negatif

Koefisien CS	PERIODE ULANG (TAHUN)						
	2	5	10	25	50	100	200
	PELUANG (%)						
	50	20	10	4	2	1	0.5
0.0	0.000	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576
-0.1	0.017	0.846	1.270	1.716	2.000	2.252	2.482
-0.2	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178	2.388
-0.3	0.050	0.853	1.245	1.643	1.890	2.104	2.294
-0.4	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029	2.201
-0.5	0.083	0.856	1.216	1.567	1.777	1.955	2.108
-0.6	0.099	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880	2.016
-0.7	0.116	0.857	1.183	1.448	1.663	1.806	1.926
-0.8	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733	1.837
-0.9	0.148	0.854	1.147	1.407	1.549	1.660	1.749
-1.0	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588	1.664
-1.1	0.180	0.848	1.107	1.324	1.435	1.518	1.580
-1.2	0.195	0.844	1.096	1.282	1.379	1.449	1.501
-1.3	0.210	0.838	1.064	1.240	1.324	1.383	1.424
-1.4	0.225	0.832	1.041	1.198	1.270	1.318	1.351
-1.5	0.240	0.825	1.018	1.157	1.218	1.256	1.282
-1.6	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197	1.216
-1.7	0.268	0.808	0.970	1.075	1.116	1.140	1.155
-1.8	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087	1.097
-1.9	0.294	0.788	0.920	0.996	1.023	1.037	1.044
-2.0	0.307	0.777	0.895	0.959	0.980	0.990	0.995
-2.1	0.319	0.765	0.869	0.923	0.939	0.946	0.949
-2.2	0.330	0.752	0.844	0.888	0.900	0.905	0.907
-2.3	0.341	0.739	0.819	0.855	0.864	0.867	0.869
-2.4	0.351	0.725	0.795	0.823	0.830	0.832	0.833
-2.5	0.360	0.711	0.771	0.793	0.798	0.799	0.800
-2.6	0.368	0.696	0.747	0.764	0.768	0.769	0.769
-2.7	0.376	0.681	0.724	0.738	0.740	0.740	0.741
-2.8	0.384	0.666	0.702	0.712	0.714	0.714	0.714
-2.9	0.330	0.651	0.681	0.683	0.689	0.690	0.690
-3.0	0.396	0.636	0.660	0.666	0.666	0.667	0.667

2.8.2. Debit Rencana Saluran (Q)

Debit rencana saluran dirancang sedemikian rupa agar dapat ditampung oleh saluran drainase yang direncanakan. Dimensi dari saluran drainase harus mampu menampung debit rencana (Q) agar air yang mengalir di dalam saluran tidak meluap keluar. Perencanaan debit saluran (Q) untuk drainase

permukaan/*surface drainage* dapat menggunakan rumus dari metode rasional seperti berikut :

$$Q = C \cdot I \cdot A$$

Dimana :

Q = debit rencana saluran (ft³/s)

C = koefisien pengaliran

I = intensitas hujan (in/hr)

A = area drainase (ha)

2.8.2.1. Koefisien Pengaliran (C)

Besarnya koefisien pengaliran tergantung pada luasan daerah pengaliran/*catchment area*. Koefisien pengaliran berbeda-beda tergantung pada jenis material permukaannya. Menghitung besarnya koefisien permukaan dapat menggunakan rumus berikut:

$$C = \frac{\sum (C_x \cdot A_x)}{A_{total}}$$

Dimana :

C = koefisien pengaliran

A = luas daerah pengaliran tiap jenis permukaan

Catatan : x adalah jenis material permukaan.

(Sumber : FAA AC No: 150/5320-5D)

Koefisien pengaliran tiap jenis material permukaannya seperti pada Tabel 2.32.

Tabel 2.32. Koefisien Pengaliran (C)

Jenis Area Drainase	Koefisien Pengaliran
Bus	
Perkotaan	0,70 – 0,95
Pedesaan	0,50 – 0,70
Perumahan	
Single-Family Area	0,30 – 0,50
Multi-units (terpisah)	0,40 – 0,60
Multi-units (tidak terpisah)	0,60 – 0,75
Pinggir kota	0,25 – 0,40
Apartemen	0,50 – 0,70
Industri	
Tidak padat	0,50 – 0,80
Padat	0,60 – 0,90
Taman, pemakaman	0,10 – 0,25
Taman bermain	0,20 – 0,40
Rel kereta api	0,20 – 0,40
Daerah terpencil	0,10 – 0,30
Rumput	
Tanah pasir, kemiringan 2%	0,05 – 0,10
Tanah pasir, kemiringan 2-7%	0,10 – 0,15
Tanah pasir, kemiringan 7%	0,15 – 0,20
Tanah padat, kemiringan 2%	0,13 – 0,17
Tanah padat, kemiringan 2-7%	0,18 – 0,22
Tanah padat, kemiringan 7%	0,25 – 0,35
Jalan	
Aspal	0,70 – 0,95
Beton	0,80 – 0,95
Batu bata	0,70 – 0,85
Pedestrian	0,75 – 0,85
Atap	0,75 – 0,95

(Sumber : FAA AC No: 150/5320-5D)

2.8.2.2. Waktu Konsentrasi (Tc)

Waktu terpanjang yang dibutuhkan untuk seluruh daerah layanan dalam menyalurkan aliran air secara simultan (*runoff*) setelah melewati titik-titik tertentu. Waktu konsentrasi untuk saluran terbuka dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} T_c &= t_1 + t_2 \\ t_1 &= \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times l_0 \times \frac{nd}{\sqrt{i_s}} \right)^{0,167} \\ t_2 &= \frac{L}{60 \times v} \\ v &= 3,28 \cdot k \cdot Sp^{0,5} \end{aligned}$$

Dimana :

- Tc = waktu konsentrasi (menit)
- t1 = waktu untuk mencapai awal saluran dari titik terjauh (menit)
- t2 = waktu aliran dalam saluran sepanjang L dari ujung saluran (menit)
- l₀ = jarak titik terjauh ke fasilitas drainase (m)
- nd = koefisien manning (Lihat tabel 2.33)
- i_s = kemiringan saluran memanjang (%)
- v = kecepatan air di dalam saluran (m/s)
- k = koefisien intercept (Lihat tabel 2.33)
- Sp = kemiringan saluran (%)

(Sumber : FAA AC No: 150/5320-5D)

Tabel 2.33. Koefisien Manning pada Aliran Permukaan

Jenis Permukaan	n
Aspal	0,011
Beton	0,012
Lapisan beton biasa	0,013
Kayu kualitas baik	0,014
Plesteran	0,014
Tanah liat	0,015
Besi tuang	0,015
Pipa logam	0,024
Semen kasar	0,024
Tanah gundul	0,05
Perkebunan	
Tertutup < 20%	0,06
Tertutup > 20%	0,17
Natural	0,13
Padang rumput dan rerumputan	
Rendah	0,15
Sedang	0,41
Tinggi	0,24
Hutan	
Tidak lebat	0,40
Lebat	0,80

(Sumber : FAA AC No: 150/5320-5D)

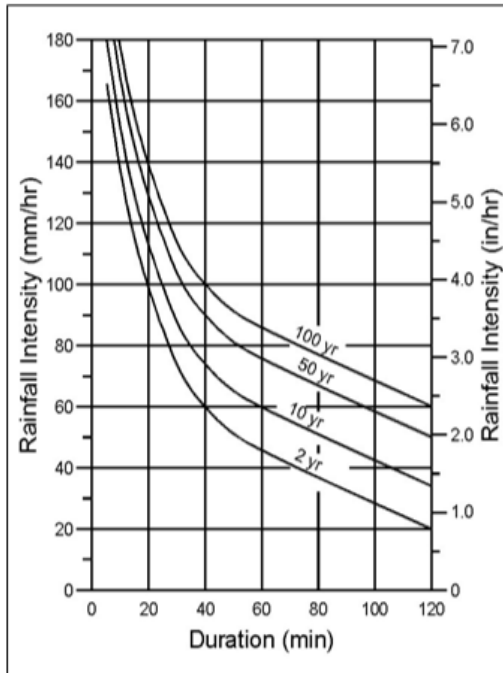
Tabel 2.34. Koefisien Intercept

Land Cover/Flow Regime	k
Forest with heavy ground litter, hay meadow (overland flow)	0,076
Trash fallow or minimum tillage cultivation, contour or strip cropped, woodland (overland flow)	0,152
Short grass pasture (overland flow)	0,213
Cultivated straight row (overland flow)	0,274
Nearly bare and untitled (overland flow), aluvial fans in western mountain regions	0,305
Grassed waterway (shallow concentranted flow)	0,457
Unpaved (shallow concentranted flow)	0,491
Paved area (shallow concentranted flow), small upland gullies	0,619

(Sumber : FAA AC No: 150/5320-5D)

2.8.2.3. Intensitas Curah Hujan (I)

Langkah awal dalam perencanaan sistem drainase di bandar udara adalah menghitung intensitas curah hujan. Intensitas curah hujan dinyatakan dalam satuan inchi per jam pada durasi tertentu. Frekuensi atau kala hujan rencana bervariasi, untuk bandar udara militer digunakan kala hujan rencana 2 tahun, sedangkan untuk bandar udara komersial digunakan kala hujan rencana 5 tahun. Intensitas curah hujan didapat dari kurva IDF (intensity-duration-frequency) yang dikembangkan di tiap-tiap negara. Kurva IDF menghubungkan garis dari durasi waktu hujan dan frekuensi atau kala hujan rencana, hingga didapatkan hasil yaitu intensitas curah hujan (I). Contoh kurva IDF yang dikembangkan oleh FAA adalah seperti pada Gambar 2.37.



Gambar 2.37. Kurva IDF
(Sumber : FAA AC No: 150/5320-5D)

Intensitas curah hujan dapat pula dihitung menggunakan rumus Mononobe. Kala ulang yang digunakan untuk bandar udara militer adalah 2 tahun, sedangkan untuk bandar udara komersial adalah 5 tahun. Setelah didapatkan curah hujan rencana, selanjutnya dilakukan perhitungan seperti rumus berikut :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \cdot \left(\frac{24}{t_c}\right)^{2/3}$$

Dimana :

I = intensitas curah hujan (in/jam)

R_{24} = curah hujan rencana (in/jam)

T_c = waktu konsentrasi (menit)

2.8.2.4. Dimensi Saluran Drainase

Perencanaan dimensi saluran drainase ada beberapa tahap yang harus dilalui. Perhitungan menggunakan rumus kecepatan aliran yang melewati suatu saluran drainase. Dari rumus tersebut digunakan beberapa dugaan-dugaan dimensi lebar dan tinggi basah saluran. Dugaan dimensi saluran yang telah diperhitungkan dalam rumus kecepatan kemudian dimasukkan kedalam rumus debit saluran. Debit saluran harus lebih besar daripada debit rencana ($Q_{\text{saluran}} \geq Q_{\text{rencana}}$) dan dapat digunakan apabila hasilnya aman.

Rumus-rumus yang digunakan untuk perhitungan dimensi saluran adalah sebagai berikut :

Rumus :

1. $v = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$
2. $w = \sqrt{0,5 \cdot h}$
3. $Q = v \cdot A$

Dimana :

- v = kecepatan aliran dalam saluran (m/s)
- n = koefisien kekasaran/manning
- R = keliling basah saluran, $R = \frac{b \cdot h}{b + 2h}$ (m)
- S = kemiringan saluran memanjang
- b = lebar saluran (m)
- h = tinggi saluran basah (m)
- w = tinggi jagaan saluran (m)
- Q = debit saluran (m^3/s)
- A = luas basah saluran (m^2)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Perumusan Masalah, Identifikasi Masalah, dan Tujuan

Bandar udara Syamsudin Noor di Kalimantan Selatan merupakan bandara tersibuk no-8 di Indonesia. Pesawat yang beraktifitas di bandar udara ini pun beragam. Saat ini bandar udara Syamsudin Noor memiliki panjang landas pacu (*runway*) sebesar 2.500 x 45 m dengan total luas area 112.500 m² dan arah azimuth 10 – 28, 4 buah landas hubung (*taxiway*) dengan total luas 18.318 m², 2 landas parkir (*apron*) dengan total luas 80.412 m², dan terminal domestik dengan luas 9.943 m² dan dapat menangani 3.013.191 penumpang. Dengan *runway* dimensi tersebut, kemampuan maksimum bandara Syamsudin Noor adalah untuk melayani jenis pesawat kelas B767-300 ER. Seiring dengan meningkatnya rute penerbangan dan jenis-jenis pesawat yang makin beragam, pihak Angkasa Pura I bermaksud akan melakukan beberapa pengembangan. Pengembangan yang dilakukan adalah penambahan panjang *runway*. Meningkatnya jenis-jenis dan volume pergerakan pesawat menjadi alasan penambah panjang *runway* dilakukan.

Tujuan dilakukan perencanaan ini adalah untuk mencari panjang *runway* yang dibutuhkan pesawat rencana, mencari tebal perkerasan yang mampu melayani pesawat rencana, mencari letak exit *taxiway* serta dimensi/ukuran *taxiway* dikarenakan penambahan panjang *runway*, dan mencari dimensi saluran drainase *runway*.

3.2. Studi Pustaka

Tahap studi pustaka dilakukan untuk mempermudah proses perencanaan ini. Sumber pustaka bisa didapatkan dari buku, jurnal, dan internet. Berdasarkan sumber pustaka yang telah dibaca didapatkan gambaran umum *runway*, jenis perkerasan dan metode perencanaan perkerasan, karakteristik pesawat, dan

peramalan/*forecasting* pesawat. Jenis perkerasan yang digunakan untuk perpanjangan runway tambahan adalah perkerasan kaku/*rigid pavement*. Metode yang digunakan untuk perencanaan tebal perkerasan ini adalah metode dari FAA (*Federal Aviation Administration*) dengan *software* FAARFIELD dan perhitungan manual menggunakan kurva perencanaan perkerasan.

3.3. Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data sangat perlu dilakukan karena akan menunjang dalam permodelan perencanaan perkerasan *runway*. Data yang dibutuhkan terdiri dari data primer dan data sekunder.

3.3.1. Data Sekunder

Data sekunder terdiri dari data penyelidikan tanah. Dari data penyelidikan tanah didapat nilai CBR *subgrade* pada area penambahan panjang *runway*. Nilai CBR nantinya akan diolah untuk mencari tebal perkerasan yang dibutuhkan pada penambahan panjang *runway*.

3.4. Pengolahan Data

Dari data sekunder yaitu data *annual departure* pesawat 5 tahun lampau kemudian diolah untuk mencari peramalan pergerakan pesawat 5 tahun mendatang. Data sekunder lain yaitu data penyelidikan tanah diolah untuk mencari nilai CBR tanah dasar/*subgrade* yang akan digunakan untuk mencari nilai k (*modulus of subgrade reaction*) dan *flexural strength* beton.

3.4.1. Peramalan/*Forecasting* Pesawat

Langkah awal untuk melakukan perencanaan baik menghitung perpanjangan *runway* maupun tebal perkerasan adalah peramalan/*forecasting* pesawat yang akan digunakan untuk 5 tahun kedepan yaitu tahun 2016-2020. Data yang digunakan untuk peramalan adalah data keberangkatan pesawat per tahunnya (*annual departure*) dalam kurun waktu 5 tahun

lampau yaitu dari tahun 2011-2015. Setelah peramalan pesawat selesai dilakukan, maka akan diketahui jenis pesawat dengan volume pergerakan terbesar. Pesawat dengan volume pergerakan terbesar disebut pesawat rencana yang nantinya digunakan untuk acuan perencanaan penambahan panjang *runway* dan perencanaan tebal perkerasan.

3.4.2. Menghitung Nilai k dan *Flexural Strength* Beton

Pada perhitungan tebal perkerasan dengan metode FAA cara manual, digunakan nilai k (*modulus of subgrade reaction*) dan *flexural strength* beton untuk mengetahui nilai tebal perkerasan kaku/*rigid pavement* pada kurva. Pada dasarnya, nilai k diperoleh dari *plate bearing test* di lapangan, sedangkan nilai *flexural strength* beton diperoleh melalui *test modulus of rupture* (modulus keruntuhan).

Menurut FAA pada *AC No: 150/5320-6E* nilai k dapat diperoleh melalui rumus :

$$k = \left[\frac{1500 \times CBR}{26} \right]^{0,7788} \text{ (pci)}$$

3.4.3. Menghitung Curah Hujan Rencana

Perhitungan curah hujan rencana dapat menggunakan banyak metode, salah satunya yang dipakai pada perencanaan ini adalah Metode Curah Hujan Rencana Log Pearson III. Data yang diperlukan untuk menghitung curah hujan rancangan menggunakan metode Log Pearson III adalah data curah hujan 10 tahun lampau. Data curah hujan 10 tahun lampau kemudian diurutkan dari curah hujan per tahun dari yang tertinggi ke paling rendah.

3.5. Perhitungan dan Analisis Data

Setelah tahap pengolahan data dan didapatkan jenis pesawat rencana yang dipakai. Tahap selanjutnya adalah analisis data untuk mengetahui kebutuhan panjang *runway*, letak *exit*

taxiway, dimensi/ukuran *taxiway*, dan tebal perkerasan pada penambahan panjang *runway*.

3.5.1. Penambahan Panjang Runway

Penentuan penambahan panjang *runway* mempunyai korelasi dengan hasil *output* peramalan/*forecasting* pesawat, yaitu jenis pesawat rencana yang dipakai. Setelah diketahui jenis pesawat rencana, langkah selanjutnya adalah mencari karakteristik pesawat rencana yang akan digunakan untuk menghitung panjang *runway* yang dibutuhkan untuk pesawat rencana. Mencari panjang *runway* yang dibutuhkan mengacu pada panjang dasar pesawat melakukan lepas landas atau biasa disebut *Aerodrome Reference Field Length* (ARFL). Panjang ARFL tiap jenis pesawat berbeda-beda. Dari panjang ARFL dikoreksi dengan beberapa faktor koreksi. Faktor koreksi tersebut antara lain faktor koreksi ketinggian (F_e), faktor koreksi temperatur (F_t), dan faktor koreksi kemiringan/gradien efektif (F_s). Setelah melalui 3 faktor koreksi tersebut maka akan diketahui panjang kebutuhan *runway* untuk pesawat rencana.

3.5.2. Letak Exit Taxiway dan Dimensi/Ukuran Taxiway

Adanya penambahan panjang *runway* harus disertai dengan penambahan *exit taxiway* dan *taxiway* baru. Penentuan letak *exit taxiway* didapat dari perhitungan dengan memasukkan data berupa data kecepatan pesawat saat mendarat (*touchdown speed*) dan kecepatan saat meninggalkan *runway* menuju *taxiway* (*exit speed*). Perhitungan letak *exit taxiway* hampir sama dengan perhitungan kebutuhan panjang *runway*, yaitu menggunakan 3 faktor koreksi. Sedangkan untuk dimensi/ukuran *taxiway* menggunakan ketentuan dari FAA AC No: AC 150/5300-13A dengan penentuan berdasarkan pengelompokan kode pesawat.

3.5.3. Perencanaan Perkerasan

Perencanaan perkerasan untuk penambahan panjang *runway* dengan menggunakan metode dari FAA diperhitungkan

untuk umur rencana (UR) selama 20 tahun. Perhitungan tebal perkerasan dilakukan dengan 2 cara, yaitu cara manual menggunakan kurva rencana perkerasan dan menggunakan *software* FAARFIELD. Dari peramalan/*forecasting* pesawat diketahui jenis pesawat apa saja yang akan beroperasi dari tahun 2016-2020 dan diketahui jenis pesawat dengan volume pergerakan terbesar. Pesawat dengan volume pergerakan terbesar dijadikan pesawat rencana. Untuk perhitungan cara manual, jenis-jenis pesawat yang beroperasi dikonversi menjadi 1 jenis pesawat rencana yang kemudian digunakan untuk menghitung tebal perkerasan menggunakan kurva rencana perkerasan.

Perencanaan perkerasan pada *taxiway* dan *apron* juga sama, hanya berbeda perencanaan perkerasan ini menggunakan 1 cara yaitu dengan *software* FAARFIELD. Tahapan perencanaannya sama dengan perencanaan pada *runway*.

3.5.4. Dimensi Saluran Drainase *Runway*

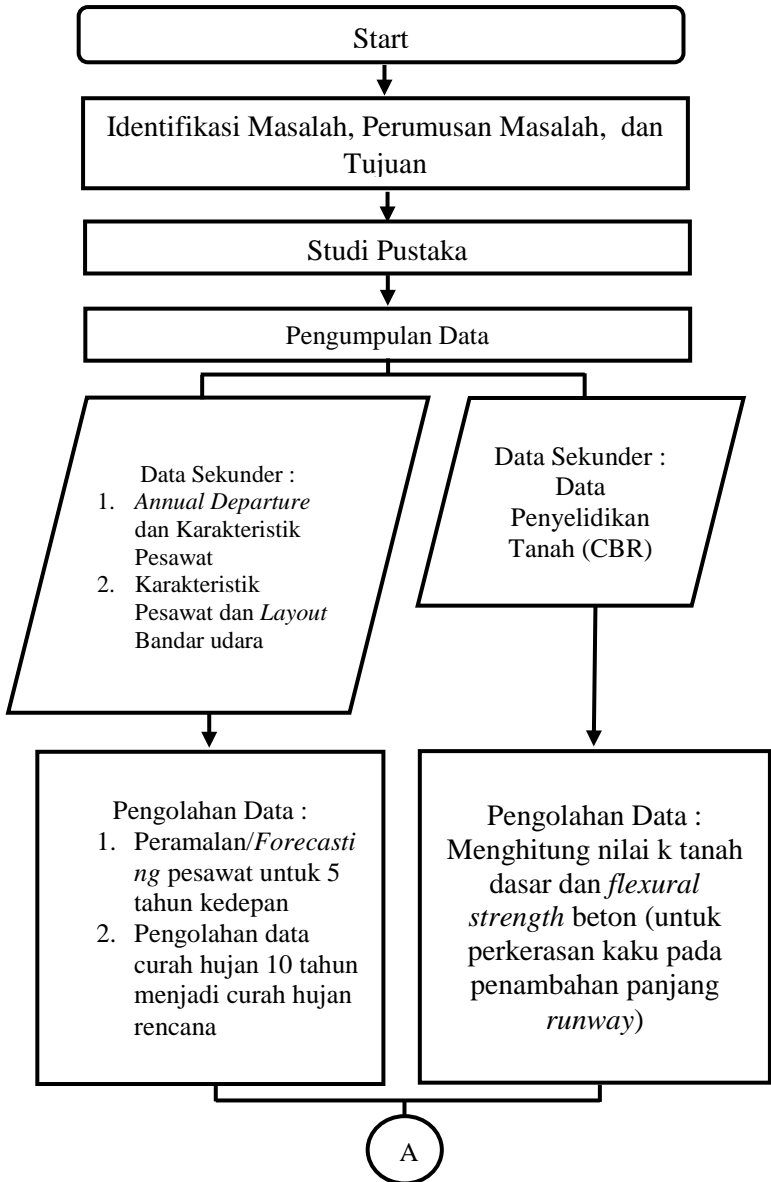
Data curah hujan tahunan yang ada diolah menjadi curah hujan rencana untuk mencari intensitas hujan (I) tahunan. Hasil perhitungan intensitas hujan (I) nantinya digunakan untuk mencari debit rencana (Q) saluran. Data lain yang diperlukan untuk menghitung Q adalah koefisien pengaliran (C) dan luas area pengaliran. Hasil dari perhitungan Q akan diketahui dimensi saluran drainase yang dibutuhkan untuk menangani debit yang melewati saluran.

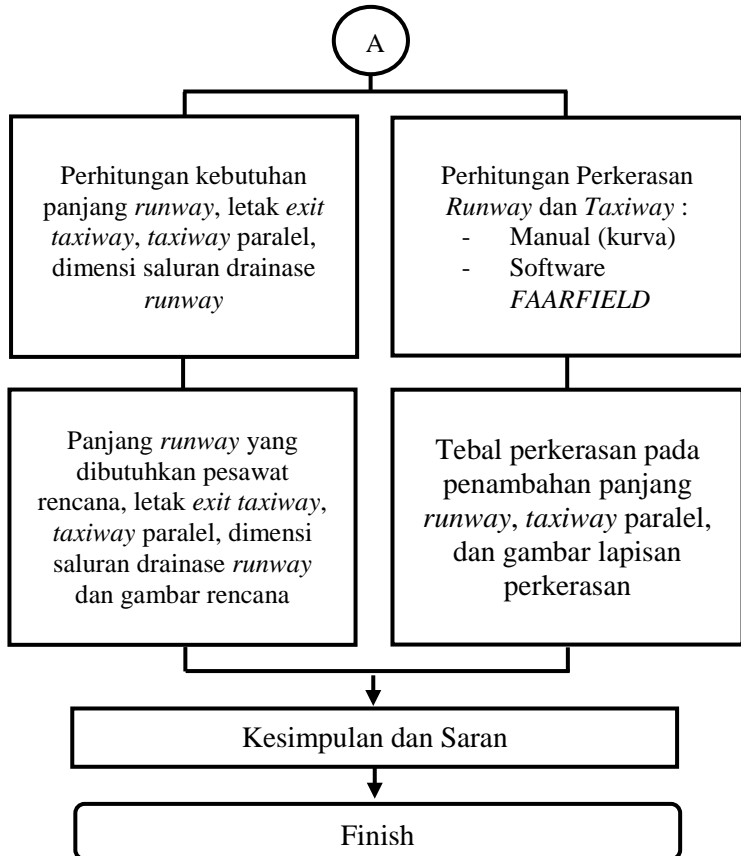
3.6. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan berupa hasil dari perhitungan dan analisis geometrik fasilitas sisi udara (*air side*) terutama pada penambahan *runway* dan *taxiway* paralel.

Saran yang diberikan berdasarkan hasil kesimpulan. Kegunaan saran tersebut adalah sebagai masukan untuk perencanaan selanjutnya agar mendapatkan hasil yang lebih maksimal dan menjadi perbaikan untuk penelitian sebelumnya.

3.7. Flowchart Metodologi Penelitian





Gambar 3.1. *Flow chart* Metodologi Penelitian

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1. Peramalan/*Forecasting* Pergerakan Pesawat

Langkah awal dalam perencanaan pengembangan bandar udara, adalah menganalisis pergerakan pesawat dan jenis pesawat apa saja yang akan digunakan untuk beberapa tahun yang akan datang. Untuk mengetahui pergerakan pesawat di waktu yang akan datang dilakukan dengan cara peramalan/*forecasting*.

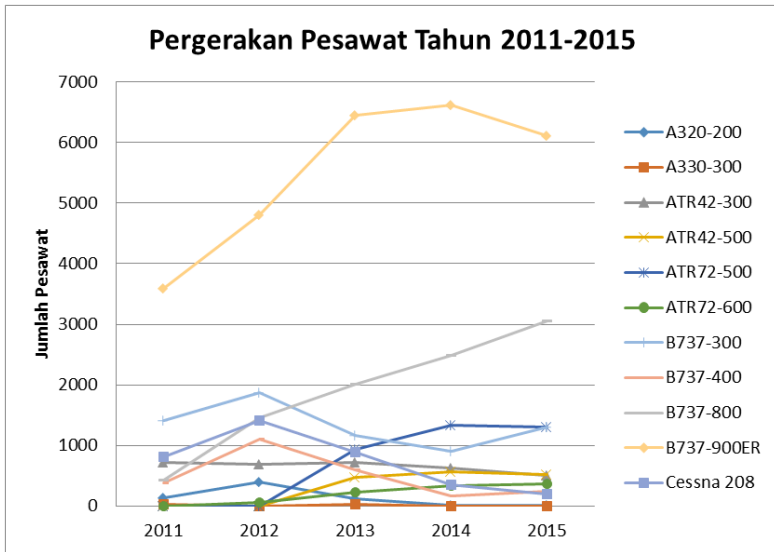
4.1.1. Analisis Pergerakan Pesawat Eksisting

Dari data yang diperoleh di Bandar udara Syamsudin Noor, terdapat pergerakan pesawat dari tahun 2011-2015 yang nantinya akan digunakan sebagai data perencanaan pengembangan di waktu yang akan datang.

Tabel 4.1. Data Pergerakan Pesawat Tahun 2011-2015

No.	Jenis/Bulan	2011	2012	2013	2014	2015
1	A320-200	136	392	115	18	21
2	A330-300	36	3	26	0	0
3	ATR42-300	717	696	720	636	502
4	ATR42-500	0	0	469	568	527
5	ATR72-500	0	0	943	1334	1303
6	ATR72-600	0	55	224	336	373
7	B737-300	1409	1877	1167	903	1304
8	B737-400	378	1110	599	173	251
9	B737-800	432	1464	2016	2493	3059
10	B737-900ER	3586	4801	6441	6618	6107
11	Cessna 208	818	1408	882	348	194
Total		7512	11806	13602	13427	13641

Sumber: PT. Angkasa Pura 1 Bandar Udara Syamsudin Noor, Kalimantan Selatan



Gambar 4.1. Grafik Pertumbuhan Pergerakan Pesawat Tahun 2011-2015

4.1.2. Analisis Peramalan Pertumbuhan Pergerakan Pesawat

Dalam perencanaan pengembangan Bandar udara, perlu dilakukan perhitungan peramalan pergerakan di waktu yang akan datang. Peramalan pergerakan pesawat umumnya dilakukan untuk pengembangan 20 tahun yang akan datang. Pada perencanaan ini dilakukan peramalan untuk 5 tahun kedepan dengan percobaan menggunakan metode Regresi Linear Sederhana dan metode *Autoregressive Moving Average* (ARIMA).

4.1.2.1. Metode Regresi Linier Sederhana

Peramalan pergerakan pesawat untuk 5 tahun yang akan datang menggunakan metode Regresi Linier Sederhana. Metode ini menggunakan 1 skenario yang terdiri dari variabel X dan Y. Rumus Regresi Linear Sederhana adalah :

$$Y = a + b.X$$

Dimana :

Y = pergerakan pesawat tahun tertentu

X = jumlah data pergerakan tahun lampau

Banyaknya nilai x tergantung pada data lampau yang tersedia. Pada perhitungan ini terdapat data pergerakan pesawat 5 tahun lampau. Sehingga nilai x berturut-turut 1, 2, 3, 4, 5. Sedangkan nilai y adalah jumlah pergerakan pesawat pada tahun tertentu. Untuk nilai x 1 artinya pergerakan pesawat pada tahun 2011 dengan jumlah pergerakan (y) sebanyak 3586.

Tabel 4.2. Nilai x dan y untuk Pesawat Tipe B737-900ER

	x	y	xy	x²
B737-900ER	1	3586	3586	1
	2	4801	9602	4
	3	6441	19323	9
	4	6618	26472	16
	5	6107	30535	25
Jumlah	15	27553	89518	55

$$X \text{ mean} = 3$$

$$Y \text{ mean} = 5510,6$$

$$b = \frac{89.518 - 5 \times 3 \times 5510,6}{55 - 5 \times 3^2}$$

$$= 685,9$$

$$a = 5510,6 - (685,9 \times 3)$$

$$= 3452,9$$

Untuk mengetahui prediksi peramalan di tahun yang akan datang, cara yang digunakan adalah mengganti nilai X dengan

angka sesuai tahun yang akan diramalkan. Untuk peramalan pergerakan pesawat tahun 2016, maka nilai X adalah 6, untuk tahun 2017 nilai X adalah 7, dan seterusnya hingga tahun 2020.

$$Y_6 = 3452,9 + (685,9 \times 6)$$

$$Y_7 = 3452,9 + (685,9 \times 7)$$

$$Y_8 = 3452,9 + (685,9 \times 8)$$

$$Y_9 = 3452,9 + (685,9 \times 9)$$

$$Y_{10} = 3452,9 + (685,9 \times 10)$$

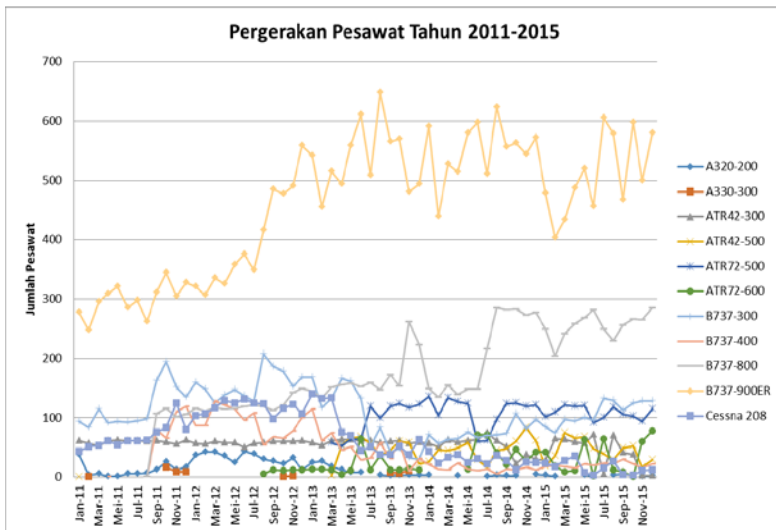
Pada tabel 4.3 disajikan rekapitulasi peramalan pergerakan tiap-tiap jenis pesawat dari tahun 2016-2020 menggunakan metode Linier Sederhana. Namun dari hasil perhitungan, ada beberapa tipe pesawat yang mengalami hasil negatif pada saat diramalkan 5 tahun kedepan. Contohnya pada pesawat tipe Airbus 320-200. Peramalan pergerakan pesawat dari tahun 2016-2020 mengalami hasil negatif. Kesimpulannya, metode Regresi Linier Sederhana tidak dapat dipakai untuk peramalan pertumbuhan pergerakan pesawat.

Tabel 4.3. Hasil Peramalan Pergerakan Pesaawat dengan Metode Regresi Linier Sederhana

No.	Jenis/Bulan	2016	2017	2018	2019	2020
1	<i>A320-200</i>	-44,8	-105,2	-165,6	-226	-286,4
2	<i>A330-300</i>	-9,5	-17	-24,5	-32	-39,5
3	<i>ATR42-300</i>	507,2	458,2	409,2	360,2	311,2
4	<i>ATR42-500</i>	799,4	961,6	1123,8	1286	1448,2
5	<i>ATR72-500</i>	1898	2292	2686	3080	3474
6	<i>ATR72-600</i>	505,7	608,4	711,1	813,8	916,5
7	<i>B737-300</i>	976,8	858,4	740	621,6	503,2
8	<i>B737-400</i>	144,9	25,8	-93,3	-212,4	-331,5
9	<i>B737-800</i>	3777,7	4406	5034,3	5662,6	6290,9
10	<i>B737-900ER</i>	7568,3	8254,2	8940,1	9626	10311,9
11	<i>Cessna208</i>	37,6	-193,2	-424	-654,8	-885,6

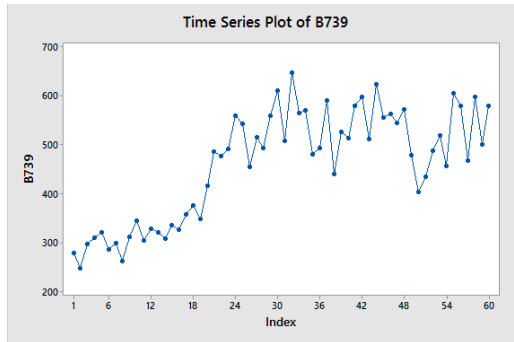
4.1.2.2. Metode ARIMA

Pada hasil peramalan menggunakan Metode Regresi Linear Sederhana didapatkan hasil yang negatif pada beberapa jenis pesawat, sehingga hasilnya tidak dapat digunakan. Alternatif kedua digunakan metode ARIMA untuk meramalkan pergerakan pesawat di tahun yang akan datang. Data yang digunakan adalah data pergerakan pesawat per bulan pada 5 tahun lampau.

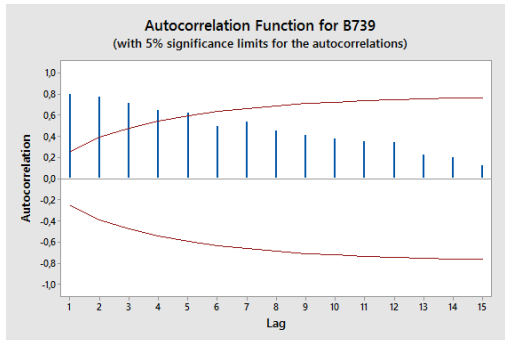


Gambar 4.2. Grafik Pergerakan Pesawat Tahun 2011-2015

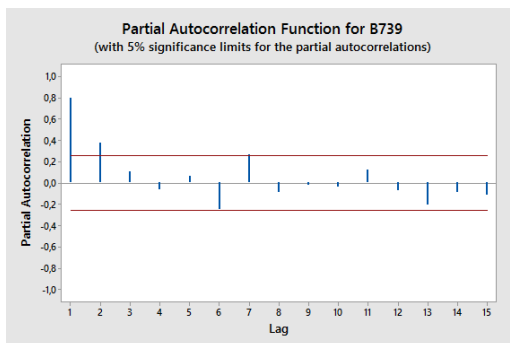
Plot grafik menunjukkan pergerakan pesawat tiap bulannya selama tahun 2011-2015. Selanjutnya dari plot grafik tersebut dilakukan uji *Autocorrelation* untuk mencari dugaan ordo MA (q) dan uji *Partial Autocorrelation* untuk mencari dugaan ordo AR (p). Untuk dugaan ordo I (d) diketahui dari uji Differences atau uji stasioner data. Gambar 4.4 dan Gambar 4.5 menampilkan plot uji *Autocorrelation* dan uji *Partial Autocorrelation* untuk jenis pesawat Boeing 737-900ER.



Gambar 4.3. Plot Data Pergerakan Pesawat B737-900ER



Gambar 4.4. Plot ACF Pesawat B737-900ER



Gambar 4.5. Plot PACF Pesawat B737-900ER

Dari Gambar 4.4 Plot ACF dapat terdapat *lag* yang signifikan yaitu *lag* 1, 2, 3, 4, dan 5. Gambar 4.5 terdapat *lag* yang signifikan yaitu *lag* 1 dan 2. Maka didapatkan dugaan untuk ordo MA (1), ordo I (1), dan AR (1). Sehingga bentuk dugaan ARIMA (p,d,q) yang didapatkan adalah ARIMA (1,1,1).

Type	Coef	SE Coef	T	P
AR 1	-0,2708	0,2211	-1,22	0,226
MA 1	0,3786	0,2113	1,79	0,079
Constant	6,169	4,532	1,36	0,179

```
Differencing: 1 regular difference
Number of observations: Original series 60, after differencing 59
Residuals: SS = 175699 (backforecasts excluded)
MS = 3137 DF = 56
```

Gambar 4.6. Uji Signifikan Dugaan ARIMA (1,1,1)

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

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	16,0	25,6	34,6	38,6
DF	9	21	33	45
P-Value	0,066	0,224	0,390	0,737

Gambar 4.7. Uji Asumsi *White Noise* ARIMA

Gambar 4.6 menunjukkan semua parameter untuk model ini sudah signifikan dengan nilai probabilitasnya mendekati nol dan data menunjukkan pola tren positif. Sedangkan pada Gambar 4.7 menunjukkan semua parameter pada model dugaan ini sudah signifikan dengan P-Value > 0,05.

Dari Peramalan menggunakan metode ARIMA didapatkan pertumbuhan pergerakan pesawat seperti pada Tabel 4.4.

Tabel 4.5. Peramalan Pergerakan Pesawat Tahun 2016

Tahun	Type Pesawat	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember	Jumlah	
2016	A320-200	3	4	4	5	5	6	7	7	7	8	8	8	73	
	A330-300	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	
	ATR42-300	20	23	27	30	33	35	37	39	40	40	42	43	44	412
	ATR42-500	41	35	32	30	28	28	27	27	27	26	26	26	26	352
	ATR72-500	111	110	110	109	108	108	107	107	106	106	105	105	104	1290
	ATR72-600	38	38	38	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	447
	B737-300	125	123	122	120	119	118	117	116	116	116	115	114	114	1420
	B737-400	22	23	24	24	25	25	26	26	26	27	27	28	28	305
	B737-800	291	297	302	307	312	317	321	326	331	331	335	340	344	3823
	B737-900ER	554	567	569	575	580	584	589	594	599	599	604	609	614	7037

Tabel 4.5. Peramalan Pergerakan Pesawat Tahun 2020

Tahun	Type Pesawat	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember	Jumlah	
2020	A320-200	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	147	
	A330-300	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13	
	ATR42-300	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	613	
	ATR42-500	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	310	
	ATR72-500	88	87	87	87	86	86	86	86	85	85	85	85	1032	
	ATR72-600	34	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	398	
	B737-300	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	1331	
	B737-400	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	389	
	B737-800	514	519	523	528	532	537	542	546	551	551	555	560	6472	
	B737-900ER	793	798	803	808	813	817	822	827	832	832	837	842	847	9839

Dari hasil peramalan pergerakan pesawat 5 tahun yang akan datang menggunakan metode ARIMA didapatkan hasil seperti pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6. Peramalan Pergerakan Pesawat Tahun 2016-2020

Jenis Pesawat	2016	2017	2018	2019	2020
A320-200	73	120	138	145	147
A330-300	12	13	13	13	13
ATR42-300	713	573	606	612	613
ATR42-500	337	310	310	310	310
ATR72-500	1283	1209	1140	1082	1032
ATR72-600	446	433	420	409	398
B737-300	1408	1347	1334	1331	1331
B737-400	311	356	377	385	389
B737-800	3881	4492	5152	5812	6472
B737-900ER	7102	7742	8441	9140	9839
Jumlah	15565	16594	17929	19237	20544



Gambar 4.8. Grafik Pergerakan Pesawat Tahun 2016-2020

Dari grafik peramalan pergerakan pesawat untuk 5 tahun yang akan datang terdapat kenaikan dan penurunan jumlah pergerakan dari tahun sebelumnya. Untuk pesawat tipe ATR 42-300 mengalami penurunan pada tahun 2017 sebesar 24,4 % dari tahun 2016, namun pada tahun 2018 naik sebesar 5,35 %. Sedangkan untuk beberapa jenis pesawat seperti ATR72-500, ATR72-600, dan B737-300 dari tahun 2017 hingga 2020 selalu mengalami penurunan. Sebaliknya untuk pesawat jenis A320-200, B737-400, B737-800, dan B737-900ER dari tahun 2017-2020 selalu mengalami kenaikan.

Untuk pesawat jenis B737-900ER mempunyai nilai pertumbuhan pergerakan yang cukup ekstrim. Jumlah pergerakan setiap tahunnya melebihi angka 5000. Maka dari itu perlu dilakukan pengembangan fasilitas bandar udara. Pada perencanaan ini difokuskan pada analisis geometrik fasilitas sisi udara khususnya *runway* dan perkerasan yang mampu melayani tiap jenis pesawat dengan tingkat pergerakan yang cukup besar.

4.2. Analisis Kondisi Eksisting Bandar Udara Syamsudin Noor

Syamsudin Noor merupakan bandar udara yang masuk kategori bandar udara tersibuk di Indonesia. Bandar udara Syamsudin Noor menempati urutan 8 sebagai bandar udara tersibuk. Tingkat pergerakan pesawat cukup besar dengan jenis pesawat yang bervariasi mulai dari pesawat yang berbadan kecil hingga pesawat berbadan besar jenis Airbus. Untuk saat ini pesawat dengan tingkat pergerakan terbesar adalah pesawat jenis Boeing 737-900ER dengan tingkat pergerakan lebih dari 5000. Pada tahun yang akan datang diharapkan fasilitas Bandar udara khususnya landas pacu (*runway*) mampu melayani jenis pesawat dengan tingkat pergerakan tersebut. Oleh karena itu pihak bandar udara melakukan beberapa pengembangan.

Bandar udara Syamsudin Noor Banjarmasin saat ini dikategorikan sebagai bandar udara pengumpul skala pelayanan

sekunder. Secara geografis bandar udara ini berada pada ketinggian 66 ft atau 20,12 mdpl dengan suhu udara 34,7° C. Bandar udara Syamsudin Noor dalam sistem klasifikasi kebandarudaraan dikategorikan pada 4D ($1800 \text{ m} \leq \text{ARFL}$, bentang sayap $36 \text{ m} \leq I \leq 52 \text{ m}$), sehingga mampu melayani jenis pesawat berbadan besar seperti jenis Airbus.

4.2.1. Landasan Pacu/Runway

Bandar udara Syamsudin Noor saat ini mempunyai landasan pacu (*runway*) dengan dimensi 2500 x 45 m dan lebar bahu (*runway shoulder*) 7,5 m. Landasan pacu pada stationing 0 – 2200 merupakan landas pacu dengan perkerasan lentur dengan kekuatan 76 F/B/X/T, sedangkan pada stationing 2200-2500 menggunakan perkerasan kaku dengan kekuatan 68 R/B/X/T. Dimensi strip landasan pacu (*runway strip*) saat ini yang dimiliki bandar udara Syamsudin Noor adalah 2680 x 150 m dengan dimensi RESA 90 x 90 m dan dimensi Stopway 45 x 45 m.

4.2.2. Landas Hubung/Taxiway

Bandar udara Syamsudin Noor saat ini mempunyai 4 landas hubung yaitu landas hubung Alpha (A), Bravo (B), Charlie (C), dan Delta (D) masing-masing mempunyai dimensi 224,8 x 23 m, 96,5 x 23 m, 228,5 x 23 m, dan 228,5 x 23 m. Landas hubung A dan B menghubungkan landasan pacu dengan landas parkir barat, sedangkan landas hubung C dan D menghubungkan landasan pacu dan landas parkir timur. Landas hubung A dan B menggunakan perkerasan lentur (*flexible pavement*) dengan nilai PCN keduanya 36 F/B/X/T sedangkan landas hubung C dan D menggunakan perkerasan kaku (*rigid pavement*) dengan nilai PCN masing-masing 52 R/B/X/T dan 45 R/B/X/T.

Kondisi landas hubung yang dimiliki bandar udara Syamsudin Noor saat ini dirasa kurang memadai seiring dengan jumlah pergerakan pesawat yang semakin meningkat. Maka dari itu bandar udara Syamsudin Noor perlu mengembangkan landas hubung paralel dan landas hubung yang menghubungkan antara landasan pacu dengan landas hubung paralel.

4.2.3. Landas Parkir/Apron

Bandar udara Syamsudin Noor saat ini mempunyai 2 landas parkir yaitu landas parkir barat (*west*) dan landas parkir timur (*east*) dengan dimensi masing-masing 326 x 90 m dan 336 x 154 m. Perkerasan pada landas parkir barat menggunakan perkerasan lentur (*flexible pavement*) dengan nilai PCN 36 F/B/X/T, sedangkan landas parkir timur menggunakan perkerasan kaku (*rigid pavement*) dengan nilai PCN 60 R/B/X/T. Landas parkir barat diperuntukkan jenis pesawat dibawah Boeing 737, sedangkan landas parkir timur diperuntukkan pesawat jenis Boeing 737 (737-300,737-400, 737-900ER, 737 Next Generation) atau di atasnya.

4.3. Analisis Geometrik Fasilitas Sisi Udara (*Airside*) Bandar Udara Syamsudin Noor

Meningkatnya jumlah pergerakan pesawat serta variasi pesawat yang bermacam-macam membuat pihak bandar udara Syamsudin Noor perlu menganalisis geometrik fasilitas sisi udara (*airside*). Data yang dibutuhkan untuk analisis geometrik fasilitas sisi udara (*airside*) adalah data spesifikasi pesawat dan kondisi geografis bandar udara.

4.3.1. Analisis Landasan Pacu/*Runway*

Menggunakan hasil dari peramalan pergerakan pesawat untuk 5 tahun kedepan diketahui tingkat pergerakan pesawat dengan jumlah yang paling besar yang nantinya dijadikan sebagai acuan dalam menganalisis landasan pacu. Dari data pergerakan pesawat tahun 2016-2020 diketahui jenis pesawat dengan jumlah pergerakan yang paling besar adalah Boeing 737-900ER. Spesifikasi Boeing 737-900ER digunakan sebagai data awal untuk menganalisis landasan pacu yang dibutuhkan.

Data selanjutnya yang digunakan adalah data geografis bandar udara khususnya pada landasan pacu. Kondisi geografis bandar udara akan mempengaruhi panjang landasan pacu yang dibutuhkan pesawat baik lepas landas maupun mendarat.

4.3.1.1. Analisis Panjang *Runway* Cara Analitis (*Take Off*)

Data awal yang digunakan untuk analisis panjang landasan pacu (*runway*) adalah data panjang awal yang dibutuhkan pesawat untuk lepas landas. Untuk analisis ini yang digunakan adalah pesawat jenis Boeing 737-900ER. Dari literatur didapat panjang landasan pacu yang dibutuhkan pesawat Boeing 737-900ER untuk melakukan lepas landas adalah 2300 m. Panjang 2300 m adalah panjang awal yang dikeluarkan oleh jenis pesawat Boeing 737-900ER untuk melakukan lepas landas. Sehingga selanjutnya perlu analisis kembali berdasarkan pengaruh kondisi geografis di bandar udara Syamsudin Noor.

Data kondisi geografis bandar udara khususnya *runway* yang dibutuhkan antara lain adalah letak ketinggian bandar udara diatas permukaan laut, temperatur lapangan, dan kemiringan landasan pacu/gradient efektif. Data yang diperoleh dari PT. Angkasa Pura 1 Bandar udara Syamsudin Noor didapatkan letak ketinggian diatas permukaan laut adalah 66 ft atau 20,12 m dan suhu lapangan di sekitar landasan pacu adalah 34,7° C. Untuk kemiringan landasan pacu dicari menggunakan *software Google Earth*. Kemiringan didapat dari perbedaan elevasi antara *Runway 10/STA 0+000*, *Runway Centre/STA 1+250*, dan *Runway 28/STA 2+500*. Elevasi *Runway 10*, *Runway Centre*, dan *Runway 28* masing-masing adalah 21 m, 23 m, dan 23 m. Sehingga didapat angka kemiringan landasan pacu/gradient efektif *runway* sebesar 0,16 %. Dari data-data tersebut nantinya digunakan untuk koreksi panjang landasan pacu. Beberapa koreksi tersebut antara lain koreksi ketinggian/elevasi, koreksi temperatur, dan koreksi kemiringan/gradient efektif. Setelah didapat semua angka koreksi tersebut, maka akan diketahui panjang runway yang dibutuhkan pesawat Boeing 737-900ER untuk melakukan lepas landas.

Data-data yang diperlukan untuk perhitungan koreksi ini adalah sebagai berikut :

- *Aerodrome Reference Field Length (ARFL)* : 2300 m
- Elevasi Bandar udara : 20,12 mdpl
- Temperatur : 34,7° C
- Gradient Efektif : 0,16 %

Perhitungan Angka Koreksi :

1. Koreksi Ketinggian (Fe)

$$\begin{aligned} F_s &= 1 + 0,07 \cdot h/300 \\ &= 1 + 0,07 \times 20,12/300 \\ &= 1 + 0,00469 \\ &= 1,00469 \end{aligned}$$

2. Koreksi Temperatur (Ft)

$$\begin{aligned} F_t &= 1 + 0,01(T - (15 + 0,0065h)) \\ &= 1 + 0,01(34,7 - (15 - (0,0065 \times 20,12))) \\ &= 1 + 0,19831 \\ &= 1,19831 \end{aligned}$$

3. Koreksi Kemiringan (Fs)

$$\begin{aligned} F_s &= 1 + 0,1 \cdot S \\ &= 1 + (0,1 \times 0,16\%) \\ &= 1 + 0,00016 \\ &= 1,00016 \end{aligned}$$

ARFL panjang runway terkoreksi :

$$\begin{aligned} \text{ARFL} &= \frac{Lr_0}{F_e \times F_t \times F_s} \\ Lr_0 &= \text{ARFL} \times F_e \times F_t \times F_s \\ &= 2300 \times 1,00469 \times 1,19831 \times 1,00016 \\ &= 2769,49000 \\ &= 2770 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi, panjang landasan pacu terkoreksi (Lr0) yang dibutuhkan pesawat Boeing 737-900ER untuk lepas landas adalah 2770 m.

4.3.1.2. Analisis Panjang Runway Cara Analitis (*Landing*)

Data yang digunakan untuk analisis kebutuhan panjang landas pacu untuk pendaratan tidak jauh beda dengan data analisis kebutuhan panjang pada saat lepas landas. Data geografis yang dipakai semuanya sama. Yang membedakan hanya panjang ARFL pesawat untuk melakukan pendaratan (*L approach*). Panjang ARFL Boeing 737-900ER pada saat mendarat adalah 1700 m. Jarak ujung landasan (*threshold*) ke titik *touchdown* pesawat pada bandar udara Syamsudin Noor adalah 400 m. Maka dari itu panjang akhir yang dibutuhkan untuk pendaratan setelah disesuaikan dengan kondisi lapangannya adalah 2100 m. Langkah selanjutnya sama, yaitu dilakukan 3 koreksi (koreksi ketinggian/elevasi, koreksi temperatur, dan kemiringan/gradient efektif) untuk mencari panjang akhir pendaratan yang dibutuhkan pesawat Boeing 737-900ER.

Data-data yang diperlukan untuk perhitungan koreksi ini adalah sebagai berikut :

- *Aerodrome Reference Field Length* (ARFL) : 2100 m
- Elevasi Bandar udara : 20,12 m
- Temperatur : 34,7° C
- Gradient Efektif : 0,16 %

Perhitungan Angka Koreksi :

1. Koreksi Ketinggian (Fe)

$$\begin{aligned}
 F_s &= 1 + 0,07 \cdot h/300 \\
 &= 1 + 0,07 \times 20,12/300 \\
 &= 1 + 0,00469 \\
 &= 1,00469
 \end{aligned}$$

2. Koreksi Temperatur (Ft)

$$\begin{aligned}
 F_t &= 1 + 0,01(T - (15 \cdot 0,0065h)) \\
 &= 1 + 0,01(34,7 - (15 \cdot (0,0065 \times 20,12))) \\
 &= 1 + 0,19831 \\
 &= 1,19831
 \end{aligned}$$

3. Koreksi Kemiringan (F_s)

$$\begin{aligned}
 F_s &= 1 + 0,1 \cdot S \\
 &= 1 + (0,1 \times 0,16\%) \\
 &= 1 + 0,00016 \\
 &= 1,00016
 \end{aligned}$$

ARFL panjang runway terkoreksi :

$$\begin{aligned}
 \text{ARFL} &= \frac{\text{Lr0}}{\text{Fe} \times \text{Ft} \times \text{Fs}} \\
 \text{Lr0} &= \text{ARFL} \times \text{Fe} \times \text{Ft} \times \text{Fs} \\
 &= 2100 \times 1,00469 \times 1,19831 \times 1,00016 \\
 &= 2528,66478 \text{ m} \\
 &= 2529 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Jadi, panjang landasan pacu terkoreksi ($Lr0$) yang dibutuhkan pesawat Boeing 737-900ER untuk pendaratan adalah 2529 m.

Panjang kebutuhan landasan pacu digunakan yang terpanjang, yaitu 2770 m. Pihak Angkasa Pura 1 Bandar udara Syamsudin Noor berencana melakukan pengembangan berupa penambahan panjang landasan pacu sepanjang 500 m dari 2500 m menjadi 3000 m. Kebutuhan panjang yang dimiliki Boeing 737-900ER adalah 2770 m, sehingga perencanaan yang akan dilakukan mampu untuk melayani jenis pesawat rencana.

4.3.1.3. Dimensi *Runway* dan Lingkungan *Runway* menurut ICAO

International Civil Aviation Organization (ICAO) mempunyai klasifikasi persyaratan teknis dimensi landasan pacu dan lingkungan sekitarnya. Klasifikasi persyaratan teknis landasan pacu dibagi berdasarkan penomoran landasan pacu. Klasifikasi bandar udara Syamsudin Noor dalam sistem klasifikasi

kebandarudaraan dikategorikan pada 4D ($1800 \text{ m} \leq \text{ARFL}$, bentang sayap $36 \text{ m} \leq I \leq 52 \text{ m}$), sedangkan klasifikasi pesawat Boeing 737-900ER menurut *Aerodrome Reference Code* (ARC) dikategorikan pada 4C.

1. Lebar Perkerasan *Runway*

Lebar landasan pacu (*runway*) tidak diizinkan kurang dari ketentuan yang telah dibuat ICAO, yaitu seperti pada Tabel 4.6. Menurut *Aerodrome Reference Code* (ARC) dikategorikan pada 4C untuk pesawat Boeing 737-900ER, sehingga didapat lebar *runway* 45 m.

Tabel 4.7. Lebar runway menurut ICAO

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

Keterangan : lebar runway dalam meter

2. *Runway Shoulder*/Bahu Landasan Pacu

Bahu landasan pacu yang direncanakan harus dibuat dengan simetris pada masing-masing sisi landasan pacu. Kemiringan melintang maksimum dari permukaan landasan pacu adalah 2,5 %.

Tabel 4.8. Lebar *shoulder* menurut ICAO

Code Letter	Penggolongan Pesawat	Lebar Shoulder (m)	Slope Maksimum (%)
A	I	3	2,5
B	II	3	2,5
C	III	6	2,5
D	IV	7,5	2,5
E	V	10,5	2,5
F	VI	12	2,5

3. *Turning Area*/Area untuk Berputar

Area putaran untuk pesawat dilengkapi beberapa titik di runway, lebar dari area putaran harus terbebas dari rintangan terutama roda pesawat yang digunakan di runway sampai dengan tepi dari titik area putaran, dan itu tidak kurang dari ketetapan jarak seperti dalam Tabel 4.8.

Tabel 4.9. *Turning Area* menurut ICAO

Code Letter	Penggolongan Pesawat	Jarak minimum antara roda dan tepi putaran (m)
A	I	1,5
B	II	2,25
C	III	4,5
D	IV	4,5
E	V	4,5
F	VI	4,5

4. *Runway Longitudinal Slope*/Kemiringan Memanjang Landasan Pacu

Kemiringan memanjang landasan pacu ditentukan dengan membagi antara elevasi maksimum dan minimum dari ujung STA 0+000 hingga ujung landasan pacu sepanjang garis tengah landasan pacu. ICAO mengizinkan batas maksimum kemiringan memanjang landasan pacu untuk kode ARC 4C adalah $\leq 1\%$, pada bagian landasan $\leq 1,5\%$, dan pada 1/4 ujung landasan adalah $\leq 0,8\%$.

5. *Runway Transverse Slope*/Kemiringan Melintang Landasan Pacu

Kemiringan melintang landasan pacu yang disarankan untuk pesawat Boeing 737-900ER dengan kode ARC 4C adalah $1,5\%$, sedangkan kemiringan maksimum dan minimum yang disarankan berturut-turut adalah 2% dan 1% .

6. *Sight Distance*/Jarak Pandang

ICAO menganjurkan apabila perubahan kemiringan tidak dapat dihindarkan maka harus ada suatu garis tanpa halangan seperti pada Tabel 4.9.

Tabel 4.10. Jarak Pandang Minimum *Runway* menurut ICAO

Code Letter	Penggolongan Pesawat	Jarak pandang pada jarak minimum $\frac{1}{2}$ runway (m)
A	I	1,5
B	II	2
C	III	3
D	IV	3
E	V	3
F	VI	3

7. *Runway Strips*/Jalur Landasan Pacu

ICAO menetapkan ketentuan-ketentuan panjang, lebar, serta kemiringan jalur landasan pacu untuk pesawat Boeing 737-900ER dengan kode ARC 4C seperti dalam Tabel 4.10. Panjang jalur landasan pacu pada Tabel 4.10 dihitung dari ujung perkerasan *runway (threshold)*, sedangkan lebar jalur landasan pacu dihitung dari *runway centerline*.

Tabel 4.11. *Runway Strips* menurut ICAO

No.	Item runway strips	Code Letter C
1.	Panjang (m)	60
2.	Lebar (m)	150
3.	Permukaan (m)	60
4.	Lebar minimum yang diratakan (m)	75
5.	Kemiringan memanjang (%)	1,75
6.	Kemiringan melintang (%)	2,5

8. *Clearways*

Lokasi *Clearway* sebaiknya pada ujung *Take-Off Run Available* (TORA). Panjang *Clearway* tidak boleh melebihi setengah dari panjang TORA, lebar *Clearway* sekurang-kurangnya adalah 75 m pada tiap sisi, sedangkan kemiringan *Clearway* tidak boleh melebihi 1,25 %.

9. *Stopways/Overrun/Jalur untuk Berhenti*

Lebar jalur untuk berhenti (*stopway*) sebaiknya sama dengan lebar landasan pacu. Untuk pesawat Boeing 737-900ER dengan kode ARC 4C lebar yang didapat 30 m dengan panjang 60 m. Kemiringan memanjang dan melintang *stopway* 0,3 % setiap 30 m.

Tabel 4.12. Dimensi *Stopway/overrun*

Code Letter	Penggolongan Pesawat	Lebar Stopway (m)	Panjang Stopway (m)	Slope Maksimum (%)
A	I	18	30	-
B	II	23	30	-
C	III	30	60	0,3
D	IV	30	60	0,3
E	V	45	60	0,3
F	VI	45	60	0,3

10. *Holding bay*

Dimensi *holding bay* harus dapat menampung sejumlah posisi pesawat sehingga memungkinkan untuk menampung jumlah keberangkatan pesawat maksimum.

Tabel 4.13. Dimensi *Holding bay*

Uraian	Code Letter
	C
Jarak minimum holding bay dengan <i>runway centerline</i>	7,5-12
Jarak minimum holding bay dengan <i>runway centerline</i>	75

Keterangan : jarak dalam meter

11. *Runway End Safety Area (RESA)*

Dimensi RESA ditentukan dari *code number* bandara. Bandara Syamsudin Noor tergolong bandara dengan *code number* 4, sehingga panjang minimum RESA adalah 90 m, sedangkan untuk kondisi tertentu panjang minimumnya 60 m. Kemiringan melintang dan memanjang maksimum RESA masing-masing 5 %.

4.3.2. Analisis Landas Hubung/*Taxiway* dan *Exit Taxiway*

Perencanaan landas hubung/*taxiway* harus mampu untuk melayani berbagai macam jenis pesawat, terutama pesawat berbadan besar seperti Airbus. Yang harus diperhatikan dalam perencanaan ini adalah jarak bebas antar ujung kokpit pesawat dengan pesawat yang bergerak pada *taxiway*. Jarak bebas tersebut sudah diatur oleh peraturan dari ICAO, FAA, maupun SKEP/77/VI/2005.

Dalam analisis landas hubung (*taxiway*) dan landas hubung keluar (*exit taxiway*) ini dipakai peraturan dari FAA AC 150/5300-13A dengan pesawat Boeing 737-900ER sebagai acuan. Boeing 737-900ER menurut *Aerodrome Reference Code (ARC)* dikategorikan pada 4C.

4.3.2.1. Dimensi *Taxiway* Menurut FAA

Penentuan dimensi landas hubung/*taxiway* menurut FAA terdapat pada AC 150/5300-13A. Penentuan dimensi berdasarkan *Airplane Design Group* (ADG) dan *Taxiway Design Group* (TDG). Penentuan dengan ADG berdasarkan *wingspan* dan *tail height*, sedangkan TDG berdasarkan *Main Gear Width* (MGW) dan *Cockpit to Main Gear Distance* (CMG).

Boeing 737-900ER ditetapkan sebagai pesawat rencana, dengan *Aerodrome Reference Code* (ARC) dikategorikan pada 4C, maka perencanaan menggunakan TDG 4 atau menggunakan ADG III.

Tabel 4.14. Standar Perencanaan *Taxiway* berdasarkan ADG

Item	ADG	Unit
	III	
TSA	36	m
Taxiway OFA	57	m
Taxilane OFA	49	m
TAXIWAY SEPARATION		
Taxiway C_L – Parallel Taxiway/Taxilane C_L	46	m
Taxiway C_L – Fixed/Movable Object	28	m
Taxilane C_L – Parallel Taxilane C_L	43	m
Taxilane C_L – Fixed/Movable Object	25	m
WINGTIP CLEARANCE		
Taxiway Wingtip Clearance	10	m
Taxilane Wingtip Clearance	8	m

Sumber: FAA AC 150/5300-13A

Tabel 4.15. Standar Perencanaan *Taxiway* berdasarkan TDG

Item	TDG	Unit
	IV	
Taxiway Width	15	m
Taxiway Edge Safety Margin	3	m
Taxiway Shoulder Width	6	m

Sumber: FAA AC 150/5300-13A

Tabel 4.16. Standar Persimpangan berdasarkan TDG 4

Item	TDG	Unit
	IV	
D (degrees)	90	°
W-0	7,62	m
W-1	10,67	m
W-2	21,95	m
L-1	91,44	m
L-2	44,20	m
L-3	21,95	m
R-Fillet	0	m
R-CL	28,96	m
R-Outer	36,58	m

Sumber: FAA AC 150/5300-13A

Tabel 4.17. Persimpangan *Taxiway* dengan Arah Putar berdasarkan TDG

Item	TDG	Unit
	IV	
Taxiway Centreline to Centreline Distance	73,15	m
W-0	7,62	m
W-1	13,11	m
W-2	25,30	m
W-3	42,06	m
L-1	108,20	m
L-2	30,48	m
L-3	28,65	m
R-Fillet	12,19	m
R-CL	36,58	m

Sumber: FAA AC 150/5300-13A

Tabel 4.18. Persimpangan *Taxiway* dengan Arah Putar berdasarkan ADG

Item	ADG	Unit
	III	
Taxiway Centreline to Centreline Distance	46,33	m
W-0	7,62	m
W-1	11,58	m
W-2	18,90	m
W-3	33,22	m
L-1	64,01	m
L-2	16,76	m
L-3	19,51	m
L-4	0	m
R-Fillet	4,57	m
R-CL	23,16	m
Steering Angle	54	°

Sumber: FAA AC 150/5300-13A

4.3.2.2. Letak *Exit Taxiway*

Perencanaan letak landas hubung keluar/*exit taxiway* tidak jauh berbeda dengan perencanaan panjang *runway* yang dibutuhkan pesawat untuk *take off* maupun *landing*. Perencanaan letak *exit taxiway* melalui tahap beberapa koreksi seperti pada *runway*, yaitu koreksi terhadap ketinggian, koreksi temperatur, dan koreksi kemiringan. Hanya saja pada perencanaan ini digunakan kecepatan pesawat pada saat mendarat (V_1), kecepatan pesawat saat meninggalkan landasan (V_2), rata-rata perlambatan (a), dan jarak lokasi pesawat pada saat *touchdown*. Tiap pesawat mempunyai kecepatan mendarat yang berbeda-beda. Untuk perhitungan perencanaan ini, pesawat yang digunakan adalah Boeing 737-900ER dengan kecepatan *touchdown* (V_1) 145 knot.

Data-data yang digunakan untuk perhitungan letak landas hubung keluar/*exit taxiway* antara lain adalah :

- Faktor Koreksi Ketinggian (Fe) : 1,00469
- Faktor Koreksi Temperatur (Ft) : 1,19831
- Faktor Koreksi Kemiringan (Fs) : 1,00016
- Touchdown Speed (V1) : 145 knot : 74,59 m/s
- Exit Speed (V2) : 15mil/h : 6,71 m/s
- Lokasi Touchdown dari Threshold (D1) : 400 m
- Rata-rata Deceleration (a) : 15 m/s²

Perhitungan Lokasi Exit Taxiway :

$$\begin{aligned}
 1. \quad D2 &= \frac{V1^2 - V2^2}{2a} \\
 &= \frac{74,59^2 - 6,71^2}{2 \times 15} \\
 &= 1839,79 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2. \quad LET &= D1 + D2 \\
 &= 400 + 1839,79 \text{ m} \\
 &= 2239,79 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Koreksi terhadap Kondisi Geografis :

$$\begin{aligned}
 1. \quad L \text{ Koreksi Ketinggian (L1)} \\
 L1 &= LET \times Fe \\
 &= 2239,79 \times 1,00469 \\
 &= 2250,3 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2. \quad L \text{ Koreksi Temperatur (L2)} \\
 L2 &= L1 \times Ft \\
 &= 2250,3 \times 1,19831 \\
 &= 2696,55 \text{ m}
 \end{aligned}$$

3. L Koreksi Kemiringan (L3)

$$\begin{aligned}
 L2 &= L2 \times Fs \\
 &= 2696,55 \times 1,00016 \\
 &= 2696,98 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Jadi, letak landas hubung keluar/*exit taxiway* untuk pesawat Boeing 737-900ER berada pada panjang 2696,98 atau dibulatkan menjadi 2697 m. Pada tabel 4.18 terdapat rekapitulasi letak *exit taxiway* untuk tiap-tiap pesawat. Letak *exit taxiway* terpanjang yaitu pada pesawat jenis Boeing 737-900ER.

Tabel 4.19. Letak Exit Taxiway tiap-tiap Pesawat

Jenis Pesawat	V1	V2	D2	S	S koreksi
	m/s	m/s	m	m	m
Airbus A320-200	70,47883	6,7056	1640,767	2040,767	2457,34
Airbus A330-300	66,87772	6,7056	1475,888	1875,888	2258,806
ATR42-300	61,73328	6,7056	1255,344	1655,344	1993,243
ATR42-500	56,58884	6,7056	1052,444	1452,444	1748,926
ATR72-600	58,13217	6,7056	1111,461	1511,461	1819,99
ATR72-500	58,13217	6,7056	1111,461	1511,461	1819,99
Boeing 737-300	66,87772	6,7056	1475,888	1875,888	2258,806
Boeing 737-400	70,47883	6,7056	1640,767	2040,767	2457,34
Boeing 737-800NG	72,02216	6,7056	1714,075	2114,075	2545,613
Boeing 737-900ER	74,59438	6,7056	1839,785	2239,785	2696,984
S koreksi terpanjang					2696,984

4.3.3. Analisis Landas Parkir/*Apron*

Pengembangan bandar udara berupa landasan pacu/*runway* dan landas hubung/*taziway* harus disertai dengan analisis ulang terhadap kapasitas landas parkir/*apron*. Landas parkir/*apron* yang direncanakan harus mampu untuk melayani jenis pesawat yang beroperasi di waktu yang akan datang. Jenis pesawat yang beroperasi di waktu yang akan datang diketahui dari hasil peramalan pergerakan pesawat dari tahun 2016-2020 seperti pada Tabel 4.19.

Tabel 4.20. Pergerakan Pesawat Tahun 2016-2020

Jenis Pesawat	2016	2017	2018	2019	2020
A320-200	78	120	138	145	147
A330-300	12	13	13	13	13
ATR42-3	717	573	606	612	613
ATR42-5	352	310	310	310	310
ATR72-5	1290	1209	1140	1082	1032
ATR72-6	447	433	420	409	398
B733	1420	1347	1334	1331	1331
B734	305	356	377	385	389
B738	3823	4492	5152	5812	6472
B739	7037	7742	8441	9140	9839
C208	227	333	404	451	482

Data pergerakan pesawat dari tahun 2016-2020 kemudian dihitung menggunakan rumus dari Ashford untuk menghitung pergerakan pesawat pada jam puncak/*peak hour*. Hasil perhitungan pergerakan pesawat pada jam puncak seperti pada Tabel 4.20.

Tabel 4.21. Pergerakan Pesawat pada Jam Puncak/*Peak Hour*

Jenis Pesawat	2016	2017	2018	2019	2020
A320-200	0	0	0	0	0
A330-300	0	0	0	0	0
ATR42-3	0	0	0	0	0
ATR42-5	0	0	0	0	0
ATR72-5	0	0	0	0	0
ATR72-6	0	0	0	0	0
B733	0	0	0	0	0
B734	0	0	0	0	0
B738	1	1	2	2	2
B739	2	2	3	3	3
Jumlah	3	3	5	5	5

Analisis yang dilakukan yaitu analisis terhadap landas parkir/*apron* timur. *Apron* timur direncanakan akan melayani pesawat berbadan lebar seperti Airbus dan Boeing 737-Next Generation.

4.3.3.1. Jumlah Gerbang/*Gate*

Perencanaan jumlah gerbang/*gate* dipengaruhi oleh jumlah pesawat pada kondisi Peak Hour (V), waktu pemakaian parkir di gate (T), dan nilai utilitas (U).

Data yang digunakan :

Jumlah pergerakan pesawat pada kondisi Peak Hour (V) :

- Kelas A = 0 gerakan/jam
- Kelas B = 5 gerakan/jam
- Kelas C = 0 gerakan/jam

Waktu Pemakaian Parkir di Gate (T) :

- Kelas A = 60 menit
- Kelas B = 40 menit
- Kelas C = 30 menit

Nilai utilitas (U) = 0,6 – 0,8 diambil 0,7

Jumlah gerbang/*gate* yang dibutuhkan :

$$\text{Jumlah gerbang (G)} = \frac{V \times T}{U}$$

$$\text{Jumlah gerbang (G)} = \frac{5 \times 40/60}{0,7}$$

$$= 5$$

4.3.3.2. Ukuran Gerbang/*Gate*

Ukuran gerbang/*gate* pesawat dipengaruhi oleh panjang pesawat, bentang sayap/*wingspan*, *wheelbase*, dan dimensi putar/*clearance*. Rekapitulasi dimensi gerbang/*gate* tiap pesawat seperti pada Tabel 4.21.

Tabel 4.22. Dimensi Gerbang/Gate per Pesawat

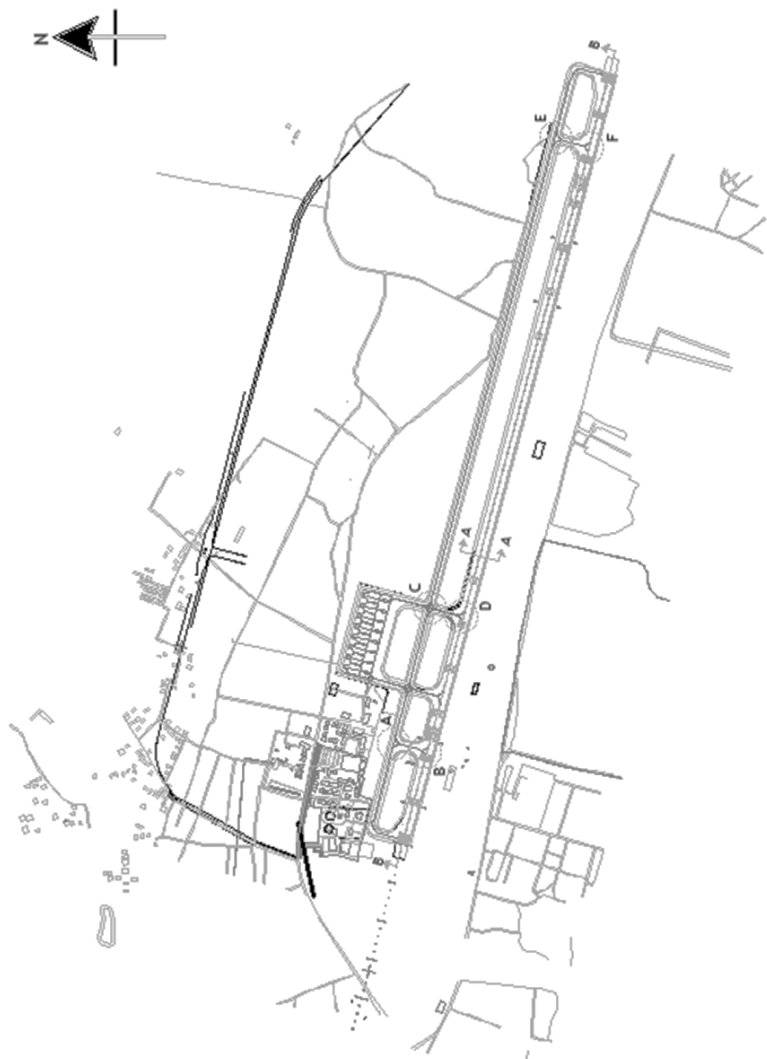
Kode Pesawat	Kode ICAO	Gol. Pesawat	Panjang (m)	Wingspan (m)	Wheelbase (m)	Turning Area (m)	Clearance (m)	Lebar (m)	Dimensi Apron	
									Panjang (m)	Lebar (m)
B1	A320	B	37,57	34,2	12,5	24,3	7,5	88	56	133
B2	A330	B	58,37	60,3	25,6	44,9	7,5	88	97	154
B3	B733	B	33,4	31,22	12,45	22,8	7,5	88	53	129
B4	B734	B	36,4	28,88	14,27	22,7	7,5	88	53	132
B5	B738	B	39,47	35,79	15,6	26,9	7,5	88	61	135
B6	B739	B	42,11	35,79	17,17	27,8	7,5	88	63	138
C1	ATR42-3	C	22,67	24,4	8,8	17,3	7,5	49	42	79
C2	ATR42-5	C	22,67	24,57	8,8	17,4	7,5	49	42	79
C3	ATR72-5	C	27,16	27,05	10,8	19,8	7,5	49	47	83
C4	ATR72-6	C	27,16	27,05	10,8	19,8	7,5	49	47	83

Untuk mengetahui dimensi landas parkir/apron timur dilakukan beberapa permodelan komposisi yang didapat dari jenis pesawat sesuai kode pesawat pada Tabel 4.21. Komposisi yang digunakan untuk landas parkir/apron timur adalah pesawat dengan kode B. Ada 10 komposisi yang dipilih untuk digunakan sebagai acuan perencanaan landas parkir/apron. 10 komposisi tersebut seperti pada Tabel 4.22.

Tabel 4.23. Komposisi Parkir untuk Tahun 2020

Komposisi	Komposisi Kode Pesawat					Dimensi Apron			
	B1	B2	B3	B4	B5	B6	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m ²)
1						5	316	154	48813
2					1	4	314	154	48533
3					2	3	313	154	48253
4					3	2	311	154	47973
5					4	1	309	154	47693
6	1					4	309	154	47735
7	2					3	302	154	46657
8	1				4		302	154	46615
9	2				3		297	154	45817
10					5		307	154	47413
Dimensi Apron yang Digunakan							316	154	48813

Hasil yang didapatkan dari komposisi parkir seperti pada Tabel 4.22 adalah 316 x 154 m dengan luas 48.813 m². Dimensi landas parkir *existing* dengan ukuran 336 x 152 m masih mampu untuk melayani jumlah gerbang/gate untuk tahun 2020, hanya saja perlu dilakukan penambahan lebar apron sepanjang 2 m.



Gambar 4.9. Geometrik Bandar Udara Syamsudin Noor

4.4. Perencanaan Perkerasan pada Pengembangan Fasilitas Sisi Udara

Pengembangan fasilitas sisi udara Bandar udara Syamsudin Noor saat ini terdapat pada penambahan panjang landasan pacu/*runway* dan penambahan landas hubung/*taxiway* paralel. Perencanaan perkerasan ini fokus pada 2 pengembangan tersebut. Referensi data yang digunakan adalah data konstruksi perkerasan landasan pacu pada tahun 2009 oleh PT. Angkasa Pura 1 Bandar udara Syamsudin Noor dan tahun 2006 oleh Dinas Perhubungan Provinsi Kalimantan Selatan serta data penyelidikan tanah dan analisa geoteknik. Berdasarkan data tersebut selanjutnya dilakukan pengecekan terhadap nilai PCN menggunakan *software Microsoft Excel COMFAA-30-SUPPORT-AC5335-5C-8-27-14*, maka diketahui tebal perkerasan *existing* dari beberapa area.

Perencanaan perkerasan ini dilakukan menggunakan metode dari FAA dengan 2 cara. Cara pertama adalah menggunakan kurva perencanaan perkerasan yang telah dibuat FAA, cara kedua menggunakan *software FAARFIELD*.

4.4.1. Analisis Perkerasan Eksisting

Berdasarkan data yang ada dan setelah dikonversi ke nilai PCN menggunakan *software Microsoft Excel COMFAA-30-SUPPORT-AC5335-5C-8-27-14* maka didapat tebal perkerasan dari beberapa area seperti pada Tabel 4.19. Pada tabel terlihat bahwa untuk landasan pacu/*runway* terdiri dari 2 jenis perkerasan yaitu perkerasan lentur pada STA 0 – 2200 dan perkerasan kaku pada STA 2200 – 2500.

Tabel 4.24. Tebal Perkerasan Existing

Lokasi	Tebal Perkerasan		
	Material	Tebal (in)	Tebal (mm)
Runway 0-2200	AC + ATB	5,1	130
	Agg. Base	13,8	350
	Agg. Base	8,3	210
	Total	27,2	690
Runway 2200-2500	Rigid	14,2	360
	Agg. Base	13	330
	Total	27,2	690
Taxiway A dan B	AC + ATB	5,1	130
	Agg. Base	9,8	250
	Agg. Base	7,9	200
	Total	22,8	580
Apron Timur	Rigid	13,4	340
	Agg. Base	5,9	150
	Total	19,3	490
Taxiway C	Rigid	12,6	320
	Agg. Base	5,9	150
	Total	18,5	470
Taxiway D	Rigid	11,8	300
	Agg. Base	5,9	150
	Total	17,7	450

Sumber: Dinas Perhubungan Provinsi Kalimantan Selatan

Data lain yang didapat adalah data penyelidikan tanah dan analisa geoteknik. Terdapat 3 area yang diambil sampel data penyelidikan tanah. Berdasarkan data yang didapat, ditemukan perbaikan tanah pada beberapa area khususnya pada area penambahan panjang *runway*, yaitu mulai dari STA 2200 hingga STA 3000. Pada area tersebut nilai CBR yang didapat adalah 10,60 %. Nilai CBR yang didapatkan dari penyelidikan tanah di beberapa area terdapat pada Tabel 20.

Tabel 4.25. Nilai CBR Lapangan

Lokasi	Kedalaman (m)	CBR Lab	CBR Lap
TP-01	-0.8	5.60%	6.10%
TP-02	-0.79	8.30%	9.10%
TP-03	-0.78	9.60%	10.60%

Sumber: Dinas Perhubungan Provinsi Kalimantan Selatan

4.4.2. Perencanaan Perkerasan *Runway*

Penambahan panjang landasan pacu/*runway* dilakukan PT. Angkasa Pura 1 dikarenakan volume pergerakan pesawat yang meningkat dari tahun ke tahun. Adanya penambahan panjang *runway* harus diiringi dengan analisis perkerasan *runway* terkait dengan peningkatan volume pergerakan pesawat dan jenis pesawat yang beraktifitas. Perkerasan yang direncanakan harus mampu melayani beban pesawat yang melintas dan volume pergerakan pesawat yang cukup tinggi.

Kali ini perencanaan perkerasan dilakukan menggunakan 2 cara yaitu cara dari FAA menggunakan kurva perencanaan perkerasan dan menggunakan *software* FAARFIELD. Perencanaan dilakukan pada penambahan panjang *runway* yaitu pada STA 2500 - 3000. Jenis perkerasan yang dipakai adalah perkerasan kaku/*rigid pavement*.

4.4.2.1. Perencanaan Perkerasan *Runway* Metode FAA Menggunakan Cara Manual

Perencanaan perkerasan kaku pada landasan pacu/*runway* diperhitungkan untuk masa pelayanan 20 tahun tanpa pemeliharaan yang berarti, terkecuali ada perubahan pesawat yang harus dilayani. Langkah awal untuk perencanaan ini adalah menentukan ramalan pesawat yang akan melintas beberapa tahun kedepan. Perencanaan ini menggunakan data peramalan pergerakan pesawat untuk 5 tahun kedepan yaitu dari tahun 2016-2020 seperti pada Tabel 4.21.

Tabel 4.26. Data Pergerakan Pesawat Tahun 2016-2020

Jenis Pesawat	2016	2017	2018	2019	2020
A320-200	73	120	138	145	147
A330-300	12	13	13	13	13
ATR42-300	713	573	606	612	613
ATR42-500	337	310	310	310	310
ATR72-500	1283	1209	1140	1082	1032
ATR72-600	446	433	420	409	398
B737-300	1408	1347	1334	1331	1331
B737-400	311	356	377	385	389
B737-800	3881	4492	5152	5812	6472
B737-900ER	7102	7742	8441	9140	9839
Jumlah	15565	16594	17929	19237	20544

Langkah awal untuk perencanaan ini adalah menentukan pesawat rencana. Pesawat rencana yang ditentukan adalah Boeing 737-900ER dengan tingkat pergerakan yang paling tinggi. Selanjutnya semua jenis pesawat dikonversi ke pesawat Boeing 737-900ER. Data yang perlu dikonversi adalah beban roda dari tiap-tiap pesawat kemudian dikonversi ke beban roda Boeing 737-900ER. Setelah semua telah dikonversi ke Boeing 737-900ER, maka langkah selanjutnya adalah plot ke kurva perencanaan perkerasan.

Dibawah ini adalah contoh perhitungan konversi dari pesawat jenis A320-200. Data yang digunakan untuk perhitungan ini adalah sebagai berikut :

- CBR tanah dasar/*subgrade* : 10,60 %
- *Flexural strength* beton : 700 psi
(600 – 700 psi)
- *Annual Departure* : 73
- Tipe Roda : *Dual Wheel Gear*
- MTOW A320-200 : 178.842 lbs
- MTOW Boeing 737-900ER : 188.200 lbs

Tahapan Perhitungan Tebal Perkerasan Kaku Cara Manual :

1. Mencari Nilai k

$$\begin{aligned} \text{Nilai k} &= \left[\frac{1500 \times \text{CBR}}{26} \right]^{0,7788} \\ &= \left[\frac{1500 \times 10,60}{26} \right]^{0,7788} \\ &= 147,93 \text{ pci} \end{aligned}$$

2. Konversi *Annual Departure* ke Pesawat Rencana

$$R2 = 73$$

$$\begin{aligned} W2 &= 95\% \times \frac{1}{4} \times \text{MTOW A320-200} \\ &= 0,95 \times \frac{1}{4} \times 178.842 \text{ lbs} \\ &= 42.475 \text{ lbs} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W2 &= 95\% \times \frac{1}{4} \times \text{MTOW Boeing 737-900ER} \\ &= 0,95 \times \frac{1}{4} \times 188.200 \text{ lbs} \\ &= 44.698 \text{ lbs} \end{aligned}$$

$$\text{Log R1} = \text{Log R2} \frac{W2^{1/2}}{W1}$$

$$\text{Log R1} = \text{Log } 73 \frac{42.475^{1/2}}{44.698}$$

$$\text{Log R1} = 1,81$$

$$\begin{aligned} R1 &= 65,10 \\ &= 65 \end{aligned}$$

Jadi, *Annual Departure* pesawat A320-200 setelah terkonversi (R1) adalah 65.

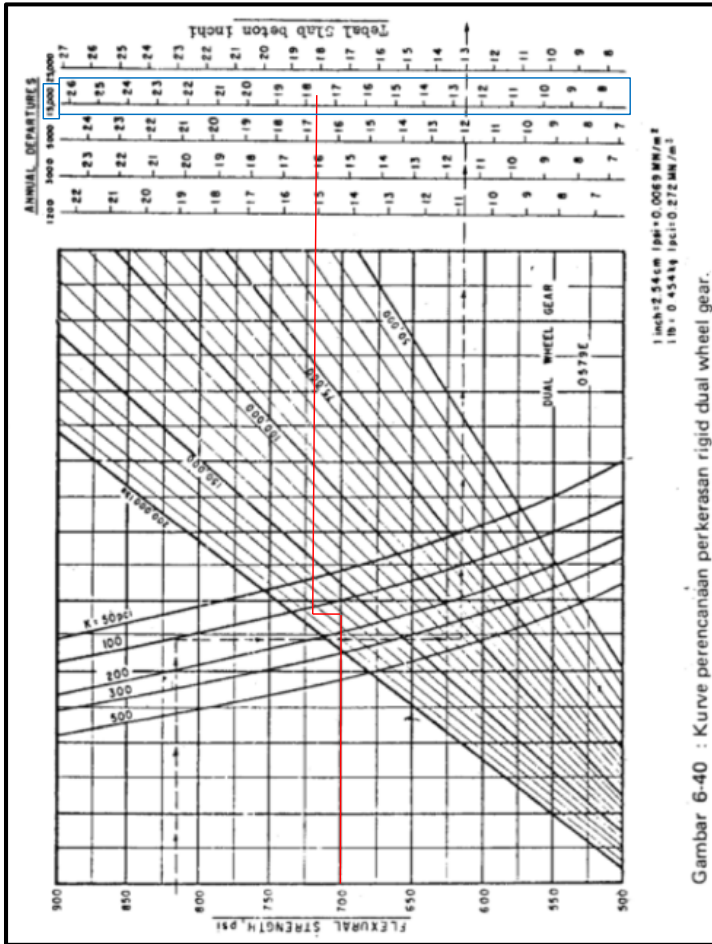
Perhitungan untuk pesawat lain pun tidak jauh beda, hanya saja pada pesawat jenis A330-300 dengan tipe roda *Dual Tandem* sedikit berbeda pada perhitungan R2. Untuk tipe roda *Dual Tandem* ketika dikonversi menjadi *Dual Wheel* perlu

dikalikan 1,7. 1,7 adalah nilai pengali untuk konversi *Dual Tandem* ke *Dual Wheel Gear*.

Setelah didapatkan nilai R1 dari tiap-tiap pesawat langkah selanjutnya adalah dijumlahkan kemudian hasil dari penjumlahan tersebut diplot kedalam kurva perencanaan perkerasan seperti pada Gambar 4.9. Berikut ini adalah rekapitulasi perhitungan konversi *annual departure* (R1) dari tiap-tiap pesawat ke pesawat Boeing 737-900ER.

Tabel 4.27. Rekapitulasi R1 tiap-tiap Pesawat

<i>Tipe Pesawat</i>	<i>Annual Departure</i>	<i>Tipe Roda</i>	<i>MTOW (lbs)</i>	<i>R2</i>	<i>W2</i>	<i>W1</i>	<i>R1</i>
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>A320-200</i>	73	Dual Gear	178.842	73	42.475	44.698	65
<i>A330-300</i>	12	Dual Tandem	515.661	20	61.235	44.698	34
<i>ATR42-3</i>	713	Dual Gear	30.000	713	7.125	44.698	14
<i>ATR42-5</i>	337	Dual Gear	45.000	337	10.688	44.698	17
<i>ATR72-5</i>	1283	Dual Gear	50.000	1.283	11.875	44.698	40
<i>ATR72-6</i>	446	Dual Gear	50.000	446	11.875	44.698	23
<i>B733</i>	1408	Dual Gear	140.000	1.408	33.250	44.698	520
<i>B734</i>	311	Dual Gear	150.500	311	35.744	44.698	169
<i>B738</i>	3881	Dual Gear	174.700	3.881	41.491	44.698	2.869
<i>B739</i>	7102	Dual Gear	188.200	7.102	44.698	44.698	7.102
<i>Jumlah</i>							10.854



Gambar 6-40 : Kurve perencanaan perkerasan rigid dual wheel gear.

Gambar 4.10. Kurva Perencanaan Perkerasan Kaku untuk Pesawat Rencana Boeing 737-900ER

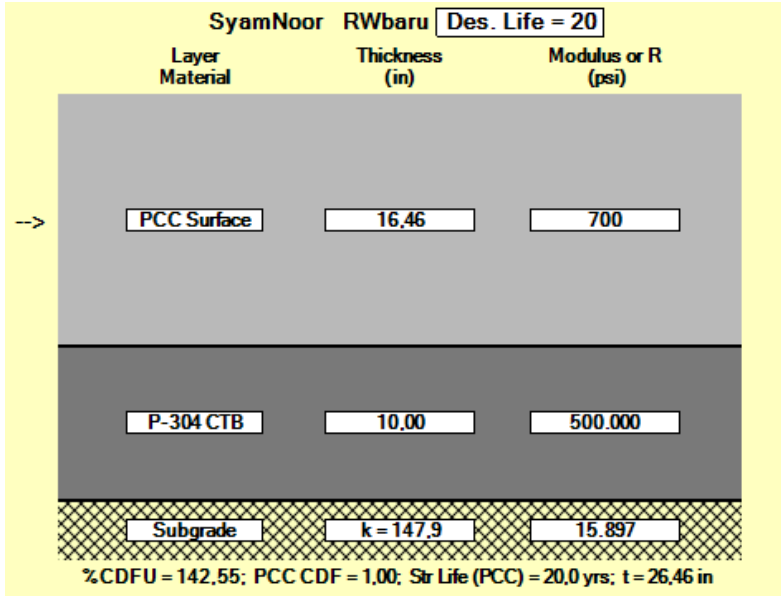
Berdasarkan kurva perencanaan perkerasan diatas, didapat tebal slab beton 17,61 inch atau 447,3 mm dibulatkan menjadi 447 mm.

4.4.2.2. Perencanaan Perkerasan Runway Menggunakan Software FAARFIELD

Perencanaan menggunakan *software* FAARFIELD dilakukan pada penambahan panjang landasan pacu/*runway*. Perencanaan ini dilakukan untuk membandingkan hasil tebal slab beton yang diperoleh dari perencanaan menggunakan kurva perencanaan perkerasan dari FAA. Jenis perkerasan yang digunakan sama, yaitu menggunakan jenis perkerasan kaku/*rigid pavement*. Umur perkerasan yang direncanakan menggunakan perkerasan kaku adalah 20 tahun.

Data-data yang digunakan untuk perencanaan menggunakan *software* FAARFIELD adalah data *annual departure* pesawat. Untuk lapis permukaan, menggunakan material *PCC surface* yang direkomendasi dari *software* FAARFIELD. Nilai kuat bengkok beton/*flexural strength* dapat diambil antara 500-700 psi, digunakan 700 psi. Lapis kedua yaitu *subbase* digunakan material stabilisasi *P-304 Cement Treated Base* dengan nilai modulus yang sudah ditetapkan FAARFIELD sebesar 500.000 psi. Hasil nilai-*k subgrade* diketahui dari perhitungan sebelumnya yaitu 147,93 pci.

Hasil dari perhitungan tebal perkerasan pada penambahan panjang *runway* menggunakan *software* FAARFIELD didapat tebal slab beton 16,46 inch atau 418 mm dan tebal lapisan *subbase* 10 inch atau 254 mm. Dapat dilihat pada gambar 4.10.



Gambar 4.11. Hasil Akhir *Software* FAARFIELD untuk Perkerasan *Runway* Baru

4.4.3. Perencanaan Perkerasan *Taxiway* Paralel

Landas hubung/*taxiway* baru direncanakan menggunakan jenis perkerasan lentur/*flexible pavement* dengan lapis aspal sebagai lapis permukaannya. Perencanaan ini menggunakan *software* FAARFIELD. Data-data yang diperlukan untuk perencanaan perkerasan lentur adalah data CBR tanah dasar/*subgrade* dan data *annual departure* pesawat.

Jenis-jenis material yang digunakan untuk tiap lapis perkerasan menggunakan rekomendasi dari FAA AC 150/5320-6E. Untuk lapis permukaan menggunakan lapis aspal panas/*hot mix asphalt*. Lapis pondasi atas/*base course* menggunakan item P-401 Plant Mix Bituminous Pavements atau lapis perkerasan dengan campuran aspal beton/*laston*, sedangkan untuk lapis pondasi bawah/*subbase course* menggunakan item P-154

Uncrushed Aggregate Base Course atau lapis pondasi bawah dengan agregat kasar.

SyamNoor TWbaru Des. Life = 20

Layer Material	Thickness (in)	Modulus or R (psi)
P-401/P-403 HMA Surface	5.18	200.000
P-401/P-403 St (flex)	8.00	400.000
P-154 UnCr Ag	10.00	25.890
Subgrade	CBR = 10.6	15.900

Sub CDF = 1.00; Str Life (SG) = 20.0 yrs; t = 23.18 in

Gambar 4.12. Hasil Akhir *Software* FAARFIELD untuk Perkerasan *Taxiway* Baru

Hasil *output* yang diperoleh menggunakan *software* FAARFIELD adalah tebal lapis permukaan aspal 5,18 in (131,6 mm), lapis pondasi atas/*base course* 8 in (203,2 mm), dan lapis pondasi bawah/*subbase course* 10 in (254 mm).

Tebal perkerasan untuk landas hubung/*taxiway* paralel direncanakan sama dengan landas hubung baru dikarenakan tidak ada perbedaan yang berarti untuk kondisi tanah pada area sekitar landas hubung baru dan landas hubung paralel.

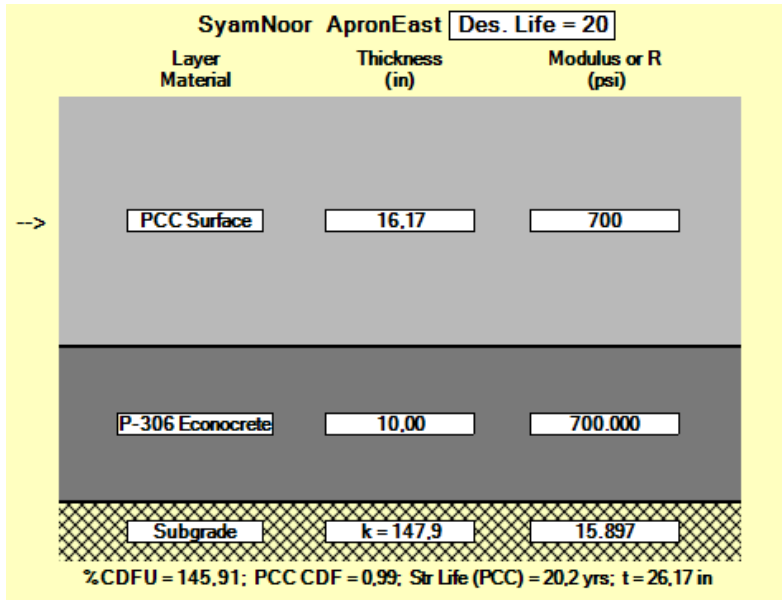
4.4.4. Perencanaan Perkerasan *Apron*

Landas parkir/*apron* timur direncanakan menggunakan jenis perkerasan kaku/*rigid pavement* dengan lapis perkerasan

beton sebagai lapis permukaannya. Perencanaan ini menggunakan *software* FAARFIELD. Data yang diperlukan adalah nilai kuat bengkok beton/*flexural strength* dan nilai-*k subgrade*. Data lain yang digunakan adalah data *annual departure* pesawat. Data *annual departure* pesawat yang digunakan sama dengan data pada perencanaan *runway*. Data *annual departure* pesawat yang digunakan berbeda karena ada beberapa jenis pesawat yang tidak dimasukkan ke dalam perhitungan *software* FAARFIELD seperti pesawat jenis ATR42-300, ATR42-500, ATR72-500, dan ATR72-600 karena untuk *apron* timur direncanakan hanya melayani jenis pesawat Boeing 737, Boeing 737-Next Generation, dan Airbus.

Jenis material yang digunakan untuk lapis permukaan, menggunakan material *PCC surface* yang direkomendasi dari *software* FAARFIELD. Nilai kuat bengkok beton/*flexural strength* dapat diambil antara 500-700 psi, digunakan 700 psi. Lapis kedua yaitu *subbase* digunakan material stabilisasi P-304 Cement Treated Base dengan nilai modulus yang sudah ditetapkan FAARFIELD sebesar 500.000 psi. Hasil nilai-*k subgrade* diketahui dari perhitungan sebelumnya yaitu 147,93 pci.

Hasil *output* yang diperoleh menggunakan *software* FAARFIELD adalah tebal lapis permukaan beton (*PCC Surface*) 16,17 in (410,71 mm) dan lapisan *subbase* (P-306 *Econoconcrete Subbase*) 10 in (254 mm) seperti pada Gambar 4.13.

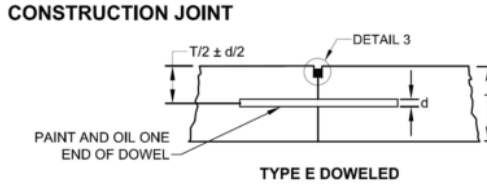


Gambar 4.13. Hasil Akhir *Software* FAARFIELD untuk Perkerasan *Apron* Timur

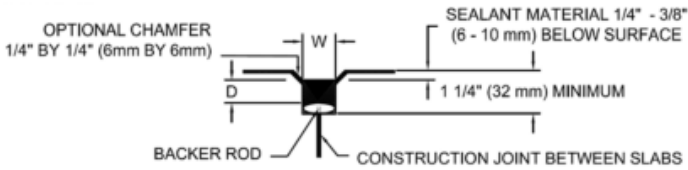
4.4.5. Perencanaan Sambungan Perkerasan Kaku

Terdapat 3 jenis sambungan yang direkomendasikan FAA AC 150/5320-6E, yaitu Isolation Joints (tipe A, A-1), Contraction Joints (tipe B, C, D), dan Construction Joints (tipe E). Sambungan pada penambahan panjang landasan pacu/*runway* Bandar udara Syamsudin Noor direncanakan menggunakan sambungan tipe E. Pemilihan menggunakan sambungan tipe E karena penempatan sambungan pada perkerasan lama dan baru dilaksanakan pada waktu yang berbeda.

FAA pada AC 150/5320-6E telah menetapkan aturan jarak serta penempatan sambungan untuk sambungan tipe E. Detail sambungan tipe E terdapat pada Gambar 4.12 dan Gambar 4.13, sedangkan jarak sambungan maksimum yang direkomendasikan oleh FAA terdapat pada Tabel 4.23.



Gambar 4.14. Detail Sambungan Tipe E



Gambar 4.15. Detail 3 Sambungan Tipe E

Tabel 4.28. Rekomendasi Jarak Sambungan Maksimum untuk Perkerasan Rigid dengan Stabilized Subgrade

Part II, with Stabilized Subgrade			
Slab Thickness		Joint Spacing	
Inches	Milimeters	Feet	Meters
8-10	203-254	12,5	3,8
10,5-13	267-330	15	4,6
13,5-16	343-406	17,5	5,3
> 16	> 406	20	6,1

4.5. Perencanaan Saluran Drainase *Runway*

Terdapat beberapa tahapan dalam menentukan dimensi saluran drainase landasan pacu/*runway*. Tahapan tersebut antara lain penentuan daerah pengaliran, perhitungan koefisien pengaliran (C), waktu konsentrasi (Tc), intensitas hujan (I), dan debit rencana saluran (Q). Pada dasarnya, perencanaan dimensi saluran drainase harus mampu menampung debit yang melewati saluran

4.5.1. Penentuan Daerah Pengaliran

Bandar udara Syamsudin Noor mempunyai panjang landasan pacu/*runway* sepanjang 3000 m dan lebar perkerasan termasuk bahu adalah 60 m, sedangkan jarak *existing* tepi perkerasan ke saluran drainase adalah 45 m. Saluran drainase yang direncanakan dibagi menjadi 6 segmen dengan panjang tiap segmennya 500 m. Perhitungan luas segmen sebagai contoh segmen 1 adalah sebagai berikut :

Lebar area perkerasan	: 60 m / 2 = 30 m
Lebar area rerumputan	: 45 m
Panjang saluran segmen 1	: 500 m
Luas area perkerasan	: 30 x 500 = 15.000 m ²
Luas area rerumputan	: 45 x 500 = 22.500 m ²

4.5.2. Perhitungan Koefisien Pengaliran (C)

Perhitungan koefisien pengaliran (C) tergantung pada jenis permukaannya, dalam kasus ini ada 3 jenis permukaan yaitu permukaan tanah dengan rumput, permukaan aspal, dan permukaan beton. Nilai C permukaan tanah dengan rumput berbeda dari nilai C permukaan perkerasan baik aspal maupun beton. Nilai C untuk permukaan tanah dengan rumput, aspal, dan beton berturut-turut adalah 0,22, 0,95, dan 0,95. Perhitungan koefisien pengaliran (C) untuk segmen 1 adalah sebagai berikut :

Nilai C :

C1 (permukaan aspal)	= 0,95
C2 (permukaan rumput)	= 0,22
A1 (permukaan aspal)	= 15.000 m ²
A2 (permukaan rumput)	= 22.500 m ²

$$C \text{ rata-rata} = \frac{C1.A1 + C2.A2}{A1 + A2}$$

$$C \text{ rata-rata} = \frac{(15.000 \times 0,95) + (22.500 \times 0,22)}{15.000 + 22.500}$$

C rata-rata 1 = 0,512

Tabel 4.29. Rekapitulasi Nilai C rata-rata

Segmen	Luas Permukaan		C rata-rata
	Perkerasan	Rumput	
Segmen 1	15.000	22.500	0,512
Segmen 2	15.000	22.500	0,512
Segmen 3	15.000	22.500	0,512
Segmen 4	15.000	22.500	0,512
Segmen 5	15.000	22.500	0,512
Segmen 6	15.000	22.500	0,512

4.5.3. Perhitungan Waktu Konsentrasi (Tc)

Perhitungan waktu konsentrasi dibagi menjadi 6 segmen, tiap segmen mempunyai panjang saluran 500 m. Hasil perhitungan dari segmen 1 hingga segmen 6 didapat waktu konsentrasi (Tc) yang semakin besar. Contoh perhitungan waktu konsentrasi (Tc) untuk segmen 1 dan segmen 2 adalah sebagai berikut :

Data yang digunakan :

Jarak terjauh (lo) pada bagian perkerasan	= 30 m
Jarak terjauh (lo) tepi perkerasan ke saluran drainase	= 45 m
Panjang saluran per segmen (L)	= 500 m
Koefisien kekasaran/ <i>manning</i> (nd) permukaan aspal	= 0,011
Koefisien kekasaran/ <i>manning</i> (nd) permukaan beton	= 0,012
Koefisien kekasaran/ <i>manning</i> (nd) permukaan rumput	= 0,41
Kemiringan saluran (s)	= 0,16 %
Koefisien intercept saluran beton (k)	= 0,619

1. Kecepatan saluran

$$v = 3,28 \cdot k \cdot Sp^{0,5}$$

$$v = 3,28 \cdot 0,619 \cdot 0,16^{0,5}$$

$$v = 0,812 \text{ m/s}$$

2. Waktu konsentrasi (Tc) Segmen 1

$$t1 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times l_0 \times \frac{nd}{\sqrt{is}} \right)^{0,167}$$

Bagian perkerasan

$$t1 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times 30 \times \frac{0,011}{\sqrt{0,0016}} \right)^{0,167}$$

$$t1 = 1,621 \text{ menit}$$

Bagian rumput

$$t1 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times 45 \times \frac{0,41}{\sqrt{0,0016}} \right)^{0,167}$$

$$t1 = 3,174 \text{ menit}$$

$$t2 = 0$$

$$Tc = t1 + t2$$

$$= 4,795 + 0 \text{ menit}$$

$$= 4,795 \text{ menit}$$

3. Waktu konsentrasi (Tc) Segmen 2

$$t1 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times l_0 \times \frac{nd}{\sqrt{is}} \right)^{0,167}$$

Bagian perkerasan

$$t1 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times 30 \times \frac{0,011}{\sqrt{0,0016}} \right)^{0,167}$$

$$t1 = 1,621 \text{ menit}$$

Bagian rumput

$$t1 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times 45 \times \frac{0,41}{\sqrt{0,0016}} \right)^{0,167}$$

$$t1 = 3,174 \text{ menit}$$

$$t2 = \frac{L}{60 \times v}$$

$$t_2 = \frac{500}{60 \times 0,812}$$

$$t_2 = 10,261$$

$$\begin{aligned} T_c &= t_1 + t_2 \\ &= 4,795 + 10,261 \text{ menit} \\ &= 15,056 \text{ menit} \end{aligned}$$

Tabel 4.30. Rekapitulasi Waktu Konsentrasi (Tc)

Segmen	t1	t2	Tc
Segmen 1	4,795	0	4,795
Segmen 2	4,795	10,261	15,056
Segmen 3	4,795	20,522	25,317
Segmen 4	4,795	30,783	35,578
Segmen 5	4,819	41,044	45,863
Segmen 6	4,819	51,306	56,124

4.5.4. Perhitungan Intensitas Hujan (I)

Angka intensitas curah hujan pada perencanaan ini didapat dari perhitungan menggunakan metode Mononobe. Sesuai dengan data yang didapat yaitu data curah hujan dari tahun 2000 - 20011 (Tabel 4.31). Berdasarkan data curah hujan yang ada, dilakukan perhitungan terhadap curah hujan rancangan menggunakan metode Log Pearson III. Kala ulang yang digunakan untuk hujan rancangan yaitu 5 tahun, karena bandar udara Syamsudin Noor berdasarkan fungsinya adalah bandar udara komersial.

Hasil perhitungan curah hujan rancangan (R_{24}) menggunakan metode Log Pearson III adalah seperti pada Tabel 4.32.

Tabel 4.31. Curah Hujan Bandar Udara Syamsudin Noor Tahun 2000-2011

Bulan / Tahun	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Januari	142,5	106,9	67,2	113,8	176,1	118,8	147,4	121,0	103,1	117,8	98,9	167,2
Februari	92,6	115,6	60,7	147,3	125,1	121,8	122,9	139,1	118,8	89,8	95,1	128,6
Maret	125,7	111,8	133,0	53,4	153,2	132,5	147,7	130,2	121,2	68,6	109,1	145,9
April	72,3	82,6	107,5	91,9	56,9	59,5	61,5	123,3	75,3	105,1	120,4	72,0
Mei	69,2	69,7	82,7	50,2	78,3	80,4	64,6	77,3	35,4	85,9	87,1	92,9
Juni	86,7	25,9	91,2	58,0	80,0	29,7	31,7	55,3	46,0	15,5	89,8	21,8
Juli	56,0	10,0	12,7	17,1	10,1	8,8	12,4	38,8	78,0	25,9	36,3	28,7
Agustus	42,1	17,0	29,6	11,6	0,0	19,3	18,4	26,0	24,0	10,6	70,2	16,4
September	24,5	11,8	5,0	10,0	12,6	16,1	18,8	9,8	27,7	11,0	59,6	13,5
Oktober	72,6	62,5	26,4	50,5	31,7	36,5	0,0	52,9	62,6	53,1	109,6	0,0
November	105,8	106,3	118,0	114,6	89,6	103,2	80,2	130,8	141,4	100,1	138,5	0,0
Desember	94,5	127,6	120,7	155,7	115,0	134,4	97,1	124,8	137,9	71,5	136,0	0,0
Maksimum	142,5	127,6	133,0	155,7	176,1	134,4	147,7	139,1	141,4	117,8	138,5	167,2

Tabel 4.32. Perhitungan Curah Hujan Rancangan dengan Metode Log Pearson III

m	x (mm)	P (%)	Log x	Log x - Log x̄	(Log x - Log)	(Log x - Log x̄)^3
1	176,1	6,25	2,25	0,0917	0,0084	0,0008
2	167,2	12,50	2,22	0,0692	0,0048	0,0003
3	155,7	18,75	2,19	0,0382	0,0015	0,0001
4	147,7	25,00	2,17	0,0153	0,0002	0,0000
5	142,5	31,25	2,15	-0,0003	0,0000	0,0000
6	141,4	37,50	2,15	-0,0036	0,0000	0,0000
7	139,1	43,75	2,14	-0,0108	0,0001	0,0000
8	138,5	50,00	2,14	-0,0126	0,0002	0,0000
9	134,4	56,25	2,13	-0,0257	0,0007	0,0000
10	133,0	62,50	2,12	-0,0302	0,0009	0,0000
11	127,6	68,75	2,11	-0,0482	0,0023	-0,0001
12	117,8	75,00	2,07	-0,0829	0,0069	-0,0006
Log x̄			2,15		0,0259	0,0004
s					0,0486	
Cs		Koef. kemencengan		0,2476		

Dari tabel 5 th :

Cs 0,7 G 0,79

Cs 0,6 G 0,8

Cs 0,2476095 G 0,83524

log X rancangan 5 th :

$$\log X + G.S$$

$$2,15 + G \cdot 0,0486 = 2,19465$$

d rancangan 5 th :

a. Log x

$$\mathbf{156,547} \text{ mm/jam}$$

Curah hujan rancangan (R_{24}) yang didapat dari perhitungan Log Pearson III untuk kala ulang 5 tahun adalah 156,547 mm/jam. Langkah selanjutnya adalah memasukkan angka R_{24} ke rumus Mononobe untuk menghitung intensitas hujan (I). Perhitungan Intensitas hujan dibedakan dalam tiap-tiap segmen.

Keseluruhan ada 6 segmen untuk 1 saluran drainase. Berikut ini adalah perhitungan intensitas hujan (I) untuk segmen 1.

Intensitas hujan untuk segmen 1 :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \cdot \left(\frac{24}{t_c}\right)^{2/3}$$

$$I = \frac{156,547}{24} \cdot \left(\frac{24}{4,795}\right)^{2/3}$$

$$I = 19,087 \text{ mm/jam}$$

4.5.5. Perhitungan Debit Rencana Saluran ($Q_{rencana}$)

Metode yang digunakan untuk perhitungan debit rencana saluran ($Q_{rencana}$) menggunakan metode rasional seperti yang umumnya digunakan. Perhitungan debit rencana saluran ($Q_{rencana}$) dibedakan tiap segmennya, sehingga ada 6 hasil debit rencana saluran untuk tiap segmen. Perhitungan debit rencana saluran ($Q_{rencana}$) untuk segmen 1 sebagai berikut :

Data yang digunakan :

Koefisien Pengaliran Segmen 1	= 0,512
Intensitas Hujan Segmen 1 (I)	= 19,087 mm/jam
Luas Area (Aperkerasan)	= 15.000 m = 15 km
Luas Area (Arumput)	= 22.500 m = 22,5 km

$$Q_1 = C \cdot I \cdot A$$

$$Q_1 = \frac{0,512 \times 19,087 \times (15+22,5)}{360}$$

$$Q_1 = 1,018 \text{ m}^3/\text{s}$$

4.5.6. Perhitungan Dimensi Saluran

Perhitungan dimensi saluran adalah menggunakan rumus perbandingan antara $Q_{rencana}$ dan $Q_{saluran}$. $Q_{rencana}$ sudah diperhitungkan pada sub-bab sebelumnya. Hasil yang didapat untuk segmen 1 adalah $1,018 \text{ m}^3/\text{s}$. Selanjutnya untuk perhitungan dimensi saluran drainase pada segmen 1 adalah sebagai berikut :

Data yang digunakan :

Koefisien kekasaran/*mannig* untuk saluran beton = 0,02

Kemiringan saluran (s) = 0,16 %

Perhitungan dimensi saluran untuk segmen 1 :

$$Q = v \cdot A$$

$$Q = v \cdot A$$

$$Q = 1,009 \times (1,3 \times 0,8)$$

$$Q = 1,049 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v = 1/n \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

$$v = 1/n \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

$$v = 1/0,02 \times 0,358^{2/3} \times 0,0016^{1/2}$$

$$v = 1,009 \text{ m/s}$$

$$R = \frac{b \times h}{b + 2h}$$

$$R = \frac{1,3 \times 0,8}{1,3 + 2 \cdot 0,8}$$

$$R = 0,358$$

Dicoba menggunakan :

$$b = 1,3 \text{ m}$$

$$h = 0,8 \text{ m}$$

$$w = \sqrt{0,5 \cdot h}$$

$$w = \sqrt{0,5 \times 0,8}$$

$$w = 0,6 \text{ m}$$

Cek terhadap Qrencana :

Syarat : Qrencana \leq Q saluran

$$: 1,018 \text{ m}^3/\text{s} < 1,049 \text{ m}^3/\text{s}$$

Kesimpulannya adalah saluran pada segmen 1 dengan dimensi 1,3 x 0,8 m aman dan dapat digunakan.

Tabel 4.33. Rekapitulasi Perhitungan Dimensi Saluran Drainase

Nama	Panjang (m)	Lebar (m)		Luas Area (m ²)		C	t1 (menit)	t2 (menit)	Tc (menit)	I (mm/jam)	Qren (m ³ /s)	vsal (m/s)	Qsal (m ³ /s)	b (m)	h (m)	w (m)
		Rumput	Perkerasan	Rumput	Perkerasan											
Segmen 1	500	45	30	22500	15000	0,512	4,795	0	4,795	19,087	1,018	1,009	1,050	1,3	0,8	0,6
Segmen 2	500	45	30	22500	15000	0,512	4,795	10,261	15,086	8,901	0,475	0,912	0,729	1	0,8	0,6
Segmen 3	500	45	30	22500	15000	0,512	4,795	20,522	25,317	6,295	0,336	0,872	0,628	0,9	0,8	0,6
Segmen 4	500	45	30	22500	15000	0,512	4,795	30,783	35,578	5,017	0,268	0,780	0,437	0,7	0,8	0,6
Segmen 5	500	45	30	22500	15000	0,512	4,819	41,044	45,863	4,236	0,226	0,780	0,437	0,7	0,8	0,6
Segmen 6	500	45	30	22500	15000	0,512	4,819	51,306	56,124	3,702	0,197	0,780	0,437	0,7	0,8	0,6

Keterangan: Segmen 1 dimulai pada Runway 10 (STA 0+000) dan Segmen 6 pada Runway 28 (STA 3+000)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisis pada bab sebelumnya didapatkan kesimpulan seperti berikut :

1. Pergerakan pesawat berdasarkan hasil peramalan didapatkan hasil untuk pesawat tipe ATR 42-300 mengalami penurunan pada tahun 2017 sebesar 24,4 % dari tahun 2016, namun pada tahun 2018 naik sebesar 5,35 %. Sedangkan untuk beberapa jenis pesawat seperti ATR72-500, ATR72-600, dan B737-300 dari tahun 2017 hingga 2020 selalu mengalami penurunan. Sebaliknya untuk pesawat jenis A320-200, B737-400, B737-800, dan B737-900ER dari tahun 2017-2020 selalu mengalami kenaikan. Pesawat B737-900ER dijadikan pesawat rencana sebagai acuan perencanaan.
2. Panjang landasan pacu yang dibutuhkan jenis pesawat rencana (Boeing 737-900ER) untuk *take off* sepanjang 2770 m dan untuk *landing* sepanjang 2529 m. Digunakan kebutuhan panjang landasan pacu yang terpanjang, yaitu 2770 m.
3. Berdasarkan perhitungan didapatkan letak *exit taxiway* berada pada STA 2+700 dan 3+000.
4. Hasil dari perhitungan tebal perkerasan pada penambahan panjang *runway* menggunakan *software* bantu FAARFIELD didapat tebal lapisan perkerasan 26,46 in (672 mm) dengan rincian 16,46 in (418 mm) pada lapis perkerasan beton (PCC Surface) dan 10 in (254 mm) pada lapis pondasi bawah (*P-304 Cement Treated Base*).
5. Hasil dari perhitungan tebal perkerasan pada *taxiway* menggunakan *software* bantu FAARFIELD didapat tebal lapisan perkerasan 23,18 in (589 mm) dengan rincian 5,18 in (132 mm) pada lapis permukaan aspal (*P-401/P-403*

Hot Mix Asphalt Surface), 8 in (203 mm) pada lapis pondasi atas (*P-401/P-403 Stabilized*), dan 10 in (254 mm) pada lapis pondasi bawah (*P-154 Uncrushed Aggregate*).

6. Hasil dari perhitungan tebal perkerasan pada *apron* menggunakan *software* bantu FAARFIELD didapat tebal lapisan perkerasan 26,17 in (665 mm) dengan rincian 16,17 in (411 mm) pada lapis perkerasan beton (PCC Surface) dan 10 in (254 mm) pada lapis pondasi bawah (*P-306 Econoconcrete Subbase*).
7. Dimensi saluran drainase *runway* sepanjang 3000 m dibagi menjadi 6 segmen. Dimensi tiap segmen berturut-turut dari segmen 1 sampai segmen 6 adalah 1,3x1,4 m; 1x1,4 m; 0,9x1,4 m; 0,7x1,4 m; 0,7x1,4 m; dan 0,7x1,4 m.

5.2. Saran

Saran yang dapat diberikan dari perencanaan ini adalah :

1. Pengembangan yang harus diprioritaskan untuk bandar udara Syamsudin Noor adalah penambahan panjang landasan pacu/*runway* dari 2500 m ke 3000 m dan penambahan landas hubung/*taxiway* paralel.
2. Pengembangan yang dilakukan pihak bandar udara Syamsudin Noor diharapkan mampu untuk melayani berbagai penerbangan dengan jenis pesawat yang beragam di masa yang akan datang.

DAFTAR PUSTAKA

1. Ashford, N. and S. A. M. 2011. *Airport Engineering Planning, Design, and Development of 21st-Century Airports (Fourth Edition)*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
2. Badan Standarisasi Nasional. 2005. *Marka dan Rambu Pada Daerah Pergerakan Pesawat Udara di Bandar Udara. SNI 03-7095-2005*.
3. Basuki, Heru. 1986. *Merancang dan Merencana Lapangan Terbang*. Bandung: Penerbit Alumni.
4. Boeing Commercial Aiplanes. 2013. *737 Airplane Characteristics for Airport Planning*.
5. Departemen Pekerjaan Umum. 2006. *Perencanaan Sistem Drainase Jalan*. Pd. T-02-2006-B
6. Dinas Perhubungan Komunikasi dan Informatika Provinsi Kalimantan Selatan. 2011. *Laporan Final Pembuatan Rancangan Teknik Terinci (RTT)*.
7. Direktorat Jenderal Perhubungan Udara. 2005. *Persyaratan Teknis Pengoperasian Fasilitas Teknik Bandar Udara. No: SKEP 77-VI-2005*.
8. Federal Aviation Administration. 2009. *Airport Pavement Design and Evaluation. AC No: 150/5320-6E*.
9. Federal Aviation Administration. 2013. *Airport Drainage Design. AC No: 150/5320-5D*.
10. Federal Aviation Administration. 2014. *Airport Design. AC No: 150/5300-13A*.
11. Horonjeff, Robert, dkk. 2010. *Planning and Design of Airports, Fifth Edition*. Mc. Grawhill.
12. ICAO (International Civil Aviation Organization). 1999. *Annex 14, Aerodromes, Volume I. Aerodrome Design and Operations, Third Edition*.

13. PT. Angkasa Pura I (Persero). 2011. *Studi Kelayakan Pengembangan Bandara Syamsudin Noor, Banjarmasin.*
14. PT. Angkasa Pura I (Persero). *Spesifikasi Bandara-Syamsudin Noor Airport, Banjarmasin.*
(<http://syamsudinnoor-airport.co.id/> Diakses pada tanggal 14 Mei 2016).
15. SKYbrary. *Reference for Aviation Safety Knowledge.*
(<http://skybrary.aero/index.php/Category:Aircraft>
Diakses pada tanggal 28 September 2016)
16. Soemarto, C.D., 1987. *Hidrologi Teknik.* Usaha Nasional, Surabaya.
17. Triwibowo, Redy. 2015. *Perbandingan Metode Perencanaan Perkerasan Kaku Pada Apron dengan Metode FAA, PCA Dan LCN Dari Segi Daya Dukung: Studi Kasus Bandara Juanda.*



TUGAS AKHIR TERAPAN
PROGRAM LANJUT JENJANG DIPLOMA IV
TEKNIK SIPIL FTSP - ITS

No. Agenda : 080073/IT2.3.I.1.1/PP.05.01/2016

Tanggal : 11 Januari 2017

Judul Seminar Proposal Tugas Akhir Terapan	Perencanaan Pengembangan Sisi Udara (Airside) Bandara Syamsudin Noor, Kalimantan Selatan		
Nama Mahasiswa	Berlian Putra W	NRP	3115040631
Dosen Pembimbing 1	Ir. Rachmad Basuki, MS NIP 19641114 198903 1 001	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	NIP -	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji -
<ul style="list-style-type: none"> - Info dan penulis software FAARFIELD diperoleh dari download gratis → berarti legal. - Poin-poin esensial yang seharusnya pers. pembayaran harga bisa dipelau isir seke arak banding. 	 Ir. Djoko Sulistiono, MT. NIP 19541002 198512 1 001
<ul style="list-style-type: none"> ✓ - Panjang nungsi di abstrak, kesimpulan dan analisis tidak sama → dirinci ✓ - Referensi dipakai 16 lokal. ✓ - Pecoran: Pang Rung - 1 	 Amalia Firdaus M, ST., MT NIP 19770218 200501 2 002
<p>Cele ulang penggunaan soft ware, di perbandingkan perelit manual / di aplikasi : F.A.A.</p>	 Ir. Sulchan Arifin, M. Eng NIP 19571119 198503 1 001
<ul style="list-style-type: none"> - Tujuan kembali total pergerakan pesawat - Perencanaan diawali dari jumlah penumpang yg & layanan - Baru penentuan jumlah dan jenis pesawat 	 Ir. D. Indratmo, MT. NIP 19530323 198502 1 001

PERSETUJUAN HASIL REVISI					
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
Ir. Djoko Sulistiono, MT.	Amalia Firdaus M, ST., MT	Ir. Sulchan Arifin, M. Eng	Ir. D. Indratmo, MT	Ir. Rachmad Basuki, MT	



ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1. Berlian Putra Wicaksana 2.
NRP : 1. 3115 040 631 2.
Judul Tugas Akhir : Perencanaan Pengembangan Sisi Udara (Air Side) pada Bandara Udara Syamsudin Noor, Kalimantan Selatan
Dosen Pembimbing : Ir. Rachmad Basuki, MS.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan						
		- koreksi perhitungan perkerasan cara manual. Cek konversi pesawat ke pesawat rencana.		<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 33%;">B</td> <td style="width: 33%;">C</td> <td style="width: 33%;">K</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	B	C	K	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B	C	K								
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
4.	14/12/2016	- Koreksi perencanaan drainase runway - Pembagian catchment area dibagi menjadi berapa - Cermati lagi perhitungan waktu konsentrasi - Coba dengan pembagian catchment area per 500 meter		<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 33%;">B</td> <td style="width: 33%;">C</td> <td style="width: 33%;">K</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	B	C	K	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B	C	K								
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
5.	30/12/2016	- Waktu konsentrasi untuk saluran 1 t_1 , saluran 2 t_1+t_2 , dst - Debit rencana semakin kecil $Q_1 > Q_2 > Q_3$ - Cek untuk intensitas hujan rumus Mononobe dan kurva IDF		<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 33%;">B</td> <td style="width: 33%;">C</td> <td style="width: 33%;">K</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	B	C	K	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B	C	K								
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
6.	3/1/2017	- Cek dimensi drainase yg direncanakan		<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 33%;">B</td> <td style="width: 33%;">C</td> <td style="width: 33%;">K</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	B	C	K	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B	C	K								
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal



ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1. Bertian Putra Wicaksana 2
NRP : 1 3115 040 631 2
Judul Tugas Akhir : Perencanaan Pengembangan Sisi Udara (Airside) pada Bandar Udara Syamsudin Noor, Kalimantan Selatan
Dosen Pembimbing : Ir. Rachmad Basuki, MS.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1.	27/10/2016	- Print Bab I, III				
		- Print Perhitungan panjang koreksi runway		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	3/11/2016	- Buat rumusan masalah dan tujuan menjadi lebih sinkron		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Manfaat penulisan, manfaat yang ditujukan untuk umum				
3.	21/11/2016	- Perluasan judul menjadi Perencanaan Pengembangan Sisi Udara Bandara		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Koreksi Flowchart metodologi penelitian.		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Tambahkan perencanaan dimensi saluran drainase		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Data hujan yang dipakai min.10 tahun terakhir		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Peraturan SKEP/77/VI/2005 sudah tidak dipakai, cari peraturannya		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket.
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal



ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Berlian Putra Wicaksana 2
NRP : 1 3115 040 631 2
Judul Tugas Akhir : Perencanaan Pengembangan Sisi Udara (Air Side) pada Bangsal Udara Syamsudin Noor, Kalimantan Selatan
Dosen Pembimbing : Ir. Rachmad Baruki, MS.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
		- Elevasi dasar saluran tidak boleh sama atau lebih tinggi dari saluran pembuang	<i>M</i>	B	C	K
		- Seragamkan tinggi saluran (h) diinverte		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.	6/1/2017	- Cek draft laporan - Print Power Point Presentasi	<i>M</i>	B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.	9/1/2017	- Draft laporan ok - Presentasi Power point ok	<i>M</i>	B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal

**Data Pergerakan Pesawat
Tahun 2011-2020**

<i>Annual Departures</i>											
No.	Jenis/Bulan	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	A320-200	136	392	115	18	21	-44,8	-105,2	-165,6	-226	-286,4
2	A330-300	36	3	26	0	0	-9,5	-17	-24,5	-32	-39,5
3	ATR42-300	717	696	720	636	502	507,2	458,2	409,2	360,2	311,2
4	ATR42-500	0	0	469	568	527	799,4	961,6	1123,8	1286	1448,2
5	ATR72-500	0	0	943	1334	1303	1898	2292	2686	3080	3474
6	ATR72-600	0	55	224	336	373	505,7	608,4	711,1	813,8	916,5
7	B737-300	1409	1877	1167	903	1304	976,8	858,4	740	621,6	503,2
8	B737-400	378	1110	599	173	251	144,9	25,8	-93,3	-212,4	-331,5
9	B737-800	432	1464	2016	2493	3059	3777,7	4406	5034,3	5662,6	6290,9
10	B737-900ER	3586	4801	6441	6618	6107	7568,3	8254,2	8940,1	9626	10311,9
11	Cessna208	818	1408	882	348	194	37,6	-193,2	-424	-654,8	-885,6
	Total	7512	11806	13602	13427	13641					

Rumus Regresi Linear Sederhana

$$Y = a + bX$$

Dimana :

Y = Variabel Response atau Variabel Akibat (Dependent)

X = Variabel Predictor atau Variabel Faktor Penyebab (Independent)

a = konstanta

b = koefisien regresi (kemiringan); besaran Response yang ditimbulkan oleh Predictor.

$$b = \frac{\sum XY - n \cdot \bar{X} \cdot \bar{Y}}{\sum X^2 - n \cdot \bar{X}^2}$$

$$a = \bar{Y} - b \cdot \bar{X}$$

	x	y	xy	x ²	
A320-200	1	136	136	1	
	2	392	784	4	
	3	115	345	9	
	4	18	72	16	
	5	21	105	25	
Jumlah	15	682	1442	55	
x mean	3				
y mean	136,4				
b	-60,4				
a	317,6				
		Y7	Y8	Y9	Y10
Y6	-44,8	-105,2	-165,6	-226	-286,4

	x	y	xy	x ²	
B733	1	1409	1409	1	
	2	1877	3754	4	
	3	1167	3501	9	
	4	903	3612	16	
	5	1304	6520	25	
Jumlah	15	6660	18796	55	
x mean	3				
y mean	1332				
b	-118,4				
a	1687,2				
		Y7	Y8	Y9	Y10
Y6	976,8	858,4	740	621,6	503,2

	x	y	xy	x ²	
A330-300	1	36	36	1	
	2	3	6	4	
	3	26	78	9	
	4	0	0	16	
	5	0	0	25	
Jumlah	15	65	120	55	
x mean	3				
y mean	13				
b	-7,5				
a	35,5				
		Y7	Y8	Y9	Y10
Y6	-9,5	-17	-24,5	-32	-39,5

	x	y	xy	x ²	
B734	1	378	378	1	
	2	1110	2220	4	
	3	599	1797	9	
	4	173	692	16	
	5	251	1255	25	
Jumlah	15	2511	6342	55	
x mean	3				
y mean	502,2				
b	-119,1				
a	859,5				
		Y7	Y8	Y9	Y10
Y6	144,9	25,8	-93,3	-212,4	-331,5

	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>xy</i>	<i>x</i> ²	
ATR42-3	1	717	717	1	
	2	696	1392	4	
	3	720	2160	9	
	4	636	2544	16	
	5	502	2510	25	
Jumlah	15	3271	9323	55	
x mean	3				
y mean	654,2				
b	-49				
a	801,2				
Y6	507,2	Y7 458,2	Y8 409,2	Y9 360,2	Y10 311,2

	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>xy</i>	<i>x</i> ²	
B738	1	432	432	1	
	2	1464	2928	4	
	3	2016	6048	9	
	4	2493	9972	16	
	5	3059	15295	25	
Jumlah	15	9464	34675	55	
x mean	3				
y mean	1892,8				
b	628,3				
a	7,9				
Y6	3777,7	Y7 4406	Y8 5034,3	Y9 5662,6	Y10 6290,9

	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>xy</i>	<i>x</i> ²	
ATR42-5	1	0	0	1	
	2	0	0	4	
	3	469	1407	9	
	4	568	2272	16	
	5	527	2635	25	
Jumlah	15	1564	6314	55	
x mean	3				
y mean	312,8				
b	162,2				
a	-173,8				
Y6	799,4	Y7 961,6	Y8 1123,8	Y9 1286	Y10 1448,2

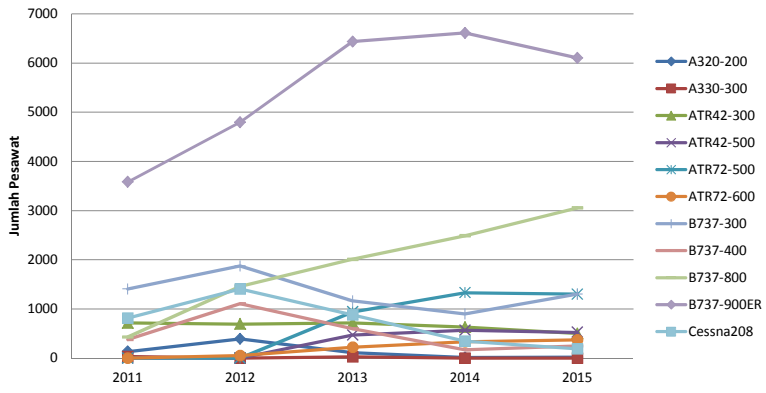
	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>xy</i>	<i>x</i> ²	
B739	1	3586	3586	1	
	2	4801	9602	4	
	3	6441	19323	9	
	4	6618	26472	16	
	5	6107	30535	25	
Jumlah	15	27553	89518	55	
x mean	3				
y mean	5510,6				
b	685,9				
a	3452,9				
Y6	7568,3	Y7 8254,2	Y8 8940,1	Y9 9626	Y10 10311,9

	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>xy</i>	<i>x</i> ²	
ATR72-5	1	0	0	1	
	2	0	0	4	
	3	943	2829	9	
	4	1334	5336	16	
	5	1303	6515	25	
Jumlah	15	3580	14680	55	
x mean	3				
y mean	716				
b	394				
a	-466				
Y6	1898	Y7 2292	Y8 2686	Y9 3080	Y10 3474

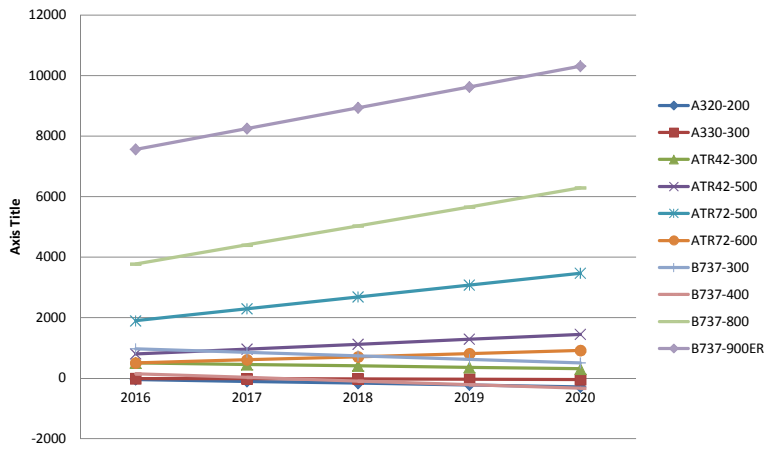
	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>xy</i>	<i>x</i> ²	
C208	1	818	818	1	
	2	1408	2816	4	
	3	882	2646	9	
	4	348	1392	16	
	5	194	970	25	
Jumlah	15	3650	8642	55	
x mean	3				
y mean	730				
b	-230,8				
a	1422,4				
Y6	37,6	Y7 -193,2	Y8 -424	Y9 -654,8	Y10 -885,6

	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>xy</i>	<i>x</i> ²	
ATR72-6	1	0	0	1	
	2	55	110	4	
	3	224	672	9	
	4	336	1344	16	
	5	373	1865	25	
Jumlah	15	988	3991	55	
x mean	3				
y mean	197,6				
b	102,7				
a	-110,5				
Y6	505,7	Y7 608,4	Y8 711,1	Y9 813,8	Y10 916,5

Annual Departure Tahun 2011-2015



Annual Departure Tahun 2016-2020



Perhitungan Panjang Runway Cara Analitis

Airbus 320-200

Performance Data

Take-Off	Initial Climb (to 800 ft)	Initial Climb (to FL150)	Initial Climb (to FL240)	MACH Climb	Cruise	Initial Descent (to FL240)	Descent (to FL160)	Descent (FL160 to below)	Approach
V ₂ (IAS) 145 kts Distance 2190 m MTOW 75500 kg VTC M	IAS 175 kts ROC 2500 ft/min	IAS 290 kts ROC 2000 ft/min	IAS 290 kts ROC 1400 ft/min	MACH 0.78	IAS 450 kts MACH 0.75 Ceiling FL410 Range 2700 NM	MACH 0.78 ROD 1000 ft/min	IAS 290 kts ROC 550 ft/min	IAS kts MCS 210 kts ROD ft/min	V _{app} (IAS) 137 kts Distance 1440 m APC C

Sumber : <http://www.skybrary.aero/index.php/A320>

Elevasi 20,12 m
Suhu Lap. 34,7 °C
L dasar runway 2500 m
L take off 2190 m
L approach 1440 m

Gradient Efektif Runway (S)

Elevasi RW 10/STA 0+000 21 m
Elevasi RW centre/STA 1+250 23 m
Elevasi RW 28/STA 2+500 23 m
Panjang dasar runway 2500 m

$$\Delta h1 = 2$$

$$\Delta h2 = 0$$

$$S = \frac{\Delta h1}{L.dasar} = \frac{2}{1250} = 0,16 \%$$

$$S = \frac{\Delta h1}{L.dasar} = \frac{0}{1250} = 0 \%$$

$$S = \boxed{0,16} \%$$

ICAO

Suhu atmosfer :
Elevasi 0 15 °C
/100 m turun 0,65 °C
Elevasi Lap 20,12
100
0,2012

Koreksi 0,65 x 0,2012
0,13078

Suhu Lap.
L dasar runway

Suhu atm. 15 - 0,13078
 $\boxed{14,86922} \text{ } ^\circ \text{C}$

Panjang Take off
L take off $\boxed{2190}$ m

Panjang Landing/Approach
L approach $\boxed{1440}$ m

1. Koreksi Kemiringan

$$F_s = 1 + 0,1 \cdot S$$

$$= 1 + (0,1 \times 0,16\%)$$

$$= \boxed{1,00016}$$

1. Koreksi Kemiringan

$$F_s = 1 + 0,1 \cdot S$$

$$= 1 + (0,1 \times 0,16\%)$$

$$= \boxed{1,00016}$$

2. Koreksi Temperatur

$$F_t = 1 + 0,01(T - 15 - 0,0065h)$$

$$= 1 + 0,01(32 - (15 - (0,0065 \times 20,12)))$$

$$= \boxed{1,19831}$$

2. Koreksi Temperatur

$$F_t = 1 + 0,01(T - 15 - 0,0065h)$$

$$= 1 + 0,01(32 - (15 - (0,0065 \times 20,12)))$$

$$= \boxed{1,19831}$$

3. Koreksi Ketinggian

$$F_e = 1 + 0,07 \cdot h/300$$

$$= 1 + 0,07 \cdot 20,12/300$$

$$= \boxed{1,00469}$$

3. Koreksi Ketinggian

$$F_e = 1 + 0,07 \cdot h/300$$

$$= 1 + 0,07 \cdot 20,12/300$$

$$= \boxed{1,00469}$$

ARFL panjang runway terkoreksi

$$ARFL = \frac{Lr0}{F_e \times F_t \times F_s}$$

$$Lr0 = ARFL \times F_e \times F_t \times F_s$$

$$= 2637,03613$$

ARFL panjang runway terkoreksi

$$ARFL = \frac{Lr0}{F_e \times F_t \times F_s}$$

$$Lr0 = ARFL \times F_e \times F_t \times F_s$$

$$= 1733,94156$$

Jadi, panjang runway terkoreksi =

2637	m
------	---

Perhitungan Panjang Runway Cara Analitis

Airbus 330-300

Performance Data

Take-Off	Initial Climb (to 5000 ft)	Initial Climb (to FL100)	Initial Climb (to FL240)	MACH Climb	Cruise	Initial Descent (to FL240)	Descent (to FL100)	Descent (FL100 & below)	Approach			
V ₂ (IAS)	145 kts	IAS: 175 kts	IAS: 200 kts	IAS: 200 kts	MACH: 0.8	TAS: 475 kts	MACH 0.81	IAS: 200 kts	IAS: 180 kts	V _{app} (IAS)	130 kts	
Distance	2300 m	REIC: 2000 ft/min	REIC: 2000 ft/min	REIC: 1300 ft/min	REIC: 1000 ft/min	MACH: 0.81	REIC: 1000 ft/min	REIC: 3000 ft/min	REIC: 2000 ft/min	Distance	1700 m	
MTOW	230000 kg					Ceiling	FL410		RDD	ft/min	AFC	C
WTC	H					Range	6100 NM					

Sumber : <http://www.skybrary.aero/index.php/A333>

Elevasi 20,12 m
 Suhu Lap. 34,7 °C
 L dasar runway 2500 m
 L take off 2300 m
 L approach 1700 m

ICAO

Suhu atmosfer :
 Elevasi 0 15 °C
 /100 m turun 0,65 °C
 Elevasi Lap $\frac{20,12}{100} = 0,2012$

Gradient Efektif Runway (S)

Elevasi RW 10/STA 0+000 21 m
 Elevasi RW centre/STA 1+250 23 m
 Elevasi RW 28/STA 2+500 23 m
 Panjang dasar runway 2500 m

$$\Delta h_1 = 2$$

$$\Delta h_2 = 0$$

$$S = \frac{\Delta h_1}{L_{\text{dasar}}} = \frac{2}{1250} = 0,16 \%$$

$$S = \frac{\Delta h_1}{L_{\text{dasar}}} = \frac{0}{1250} = 0 \%$$

$$S = \boxed{0,16} \%$$

Koreksi 0,65 x 0,2012
 0,13078

Suhu atm. $\frac{15 - 0,13078}{1,86922} = 8 \text{ °C}$

Panjang Take off

L take off $\boxed{2300}$ m

Panjang Landing/Approach

L approach $\boxed{1700}$ m

1. Koreksi Kemiringan

$$F_s = 1 + 0,1 \cdot S$$

$$= 1 + (0,1 \times 0,16\%)$$

$$= \boxed{1,00016}$$

1. Koreksi Kemiringan

$$F_s = 1 + 0,1 \cdot S$$

$$= 1 + (0,1 \times 0,16\%)$$

$$= \boxed{1,00016}$$

2. Koreksi Temperatur

$$F_t = 1 + 0,01(T - (15 \cdot 0,0065h))$$

$$= 1 + 0,01(32 - (15 \cdot (0,0065 \times 20,12)))$$

$$= \boxed{1,19831}$$

2. Koreksi Temperatur

$$F_t = 1 + 0,01(T - (15 \cdot 0,0065h))$$

$$= 1 + 0,01(32 - (15 \cdot (0,0065 \times 20,12)))$$

$$= \boxed{1,19831}$$

3. Koreksi Ketinggian

$$F_e = 1 + 0,07 \cdot h/300$$

$$= 1 + 0,07 \cdot 20,12/300$$

$$= \boxed{1,00469}$$

3. Koreksi Ketinggian

$$F_e = 1 + 0,07 \cdot h/300$$

$$= 1 + 0,07 \cdot 20,12/300$$

$$= \boxed{1,00469}$$

ARFL panjang runway terkoreksi

$$ARFL = \frac{Lr_0}{F_e \times F_t \times F_s}$$

$$Lr_0 = ARFL \times F_e \times F_t \times F_s$$

$$= 2769,49000$$

ARFL panjang runway terkoreksi

$$ARFL = \frac{Lr_0}{F_e \times F_t \times F_s}$$

$$Lr_0 = ARFL \times F_e \times F_t \times F_s$$

$$= 2047,01434$$

Jadi, panjang runway terkoreksi = **2769** **m**

Perhitungan Panjang Runway Cara Analitis

Boeing 737-800

Performance Data

Take Off	Initial Climb (to 5000 ft)	Initial Climb (to FL150)	Initial Climb (to FL240)	MACR Climb	Cruise	Initial Descent (to FL240)	Descent (to FL100)	Descent (FL100 & below)	Approach
V ₂ (kts): 145 kts	IAS: 165 kts	IAS: 250 kts	IAS: 290 kts	MACR: 0,76	IAS: 400 kts	MACR: 0,76	IAS: 290 kts	IAS: kts	V _{app} (IAS): 140 kts
Distance: 2300 m	RCD: 3000 ft/min	RCD: 2000 ft/min	RCD: 2000 ft/min	RCD: 1500 ft/min	MACR: 0,765	RCD: 800 ft/min	RCD: 3500 ft/min	MCS: 210 kts	Distance: 1600 m
MTOW: 79530 kg					Ceiling: FL410			RUD: rum	APC: C
WTC: M					Range: 2000 NM				

Sumber : <http://www.skybrary.aero/index.php/B738>

Elevasi 20,12 m
 Suhu Lap. 34,7 °C
 L dasar runway 2500 m
 L take off 2300 m
 L approach 1600 m

ICAO

Suhu atmosfer :
 Elevasi 0 15 °C
 /100 m turun 0,65 °C
 Elevasi Lap $\frac{20,12}{100} = 0,2012$

Gradient Efektif Runway (S)

Elevasi RW 10/STA 0+000 21 m
 Elevasi RW centre/STA 1+250 23 m
 Elevasi RW 28/STA 2+500 23 m
 Panjang dasar runway 2500 m

$$\Delta h1 = 2$$

$$\Delta h2 = 0$$

$$S = \frac{\Delta h1}{L.dasar} = \frac{2}{1250} = 0,16\%$$

$$S = \frac{\Delta h1}{L.dasar} = \frac{0}{1250} = 0\%$$

$$S = \boxed{0,16}\%$$

Koreksi 0,65 x 0,2012
 0,13078

Suhu atm. $\frac{15 - 0,13078}{1,86922} = C$

Panjang Take off

L take off $\boxed{2300}$ m

Panjang Landing/Approach

L approach $\boxed{1600}$ m

1. Koreksi Kemiringan

$$F_s = 1 + 0,1 \cdot S$$

$$= 1 + (0,1 \times 0,16\%)$$

$$= \boxed{1,00016}$$

1. Koreksi Kemiringan

$$F_s = 1 + 0,1 \cdot S$$

$$= 1 + (0,1 \times 0,16\%)$$

$$= \boxed{1,00016}$$

2. Koreksi Temperatur

$$F_t = 1 + 0,01(T - 15 \cdot 0,0065h)$$

$$= 1 + 0,01(32 - (15 - (0,0065 \times 20,12)))$$

$$= \boxed{1,19831}$$

2. Koreksi Temperatur

$$F_t = 1 + 0,01(T - 15 \cdot 0,0065h)$$

$$= 1 + 0,01(32 - (15 - (0,0065 \times 20,12)))$$

$$= \boxed{1,19831}$$

3. Koreksi Ketinggian

$$F_e = 1 + 0,07 \cdot h/300$$

$$= 1 + 0,07 \cdot 20,12/300$$

$$= \boxed{1,00469}$$

3. Koreksi Ketinggian

$$F_e = 1 + 0,07 \cdot h/300$$

$$= 1 + 0,07 \cdot 20,12/300$$

$$= \boxed{1,00469}$$

ARFL panjang runway terkoreksi

$$ARFL = \frac{Lr0}{F_e \times F_t \times F_s}$$

$$Lr0 = ARFL \times F_e \times F_t \times F_s$$

$$= 2769,49000$$

ARFL panjang runway terkoreksi

$$ARFL = \frac{Lr0}{F_e \times F_t \times F_s}$$

$$Lr0 = ARFL \times F_e \times F_t \times F_s$$

$$= 1926,60174$$

Jadi, panjang runway terkoreksi =

2769 m

Perhitungan Panjang Runway Cara Analitis

Boeing 737-900ER

Performance Data

Take-off	Initial Climb (to 5000 ft)	Initial Climb (to FL160)	Initial Climb (to FL240)	MACH Climb	Cruise	Initial Descent (to FL240)	Descent (to FL100)	Descent (FL100 & below)	Approach
V ₂ (IAS) 149 kts	IAS 165 kts	IAS 290 kts	IAS 290 kts	MACH 0.72	TAS 480 kts	MACH 0.79	IAS 290 kts	IAS kts	V _{App} (IAS) 145 kts
Distance 2300 m	ROC 3000 ft/min	ROC 2000 ft/min	ROC 2000 ft/min	ROC 1500 ft/min	MACH 0.705	ROC 1000 ft/min	ROC 3500 ft/min	MCS 210 kts	Distance 1700 m
MTCW 79015 kg					Ceiling FL410			ROC Turn	APC C
WFC If					Range 2745 NM				

Sumber : <http://www.skybrary.aero/index.php/B739>

Elevasi 20,12 m
 Suhu Lap. 34,7 ° C
 L dasar runway 2500 m
 L take off 2300 m
 L approach 2100 m
 + 400 m

ICAO

Suhu atmosfer :
 Elevasi 0 15 ° C
 /100 m turun 0,65 ° C
 Elevasi Lap $\frac{20,12}{100}$
 0,2012

Koreksi 0,65 x 0,2012
 0,13078

Suhu atm. 15 - 0,13078
 $\frac{14,86922}{1}$ ° C

Panjang Take off

L take off $\frac{2300}{1}$ m

1. Koreksi Temperatur

$$F_t = 1 + 0,01(T - 15 \cdot 0,0065h)$$

$$= 1 + 0,01(32 - (15 - 0,0065 \times 20,12))$$

$$= \frac{1,19831}{1}$$

2. Koreksi Ketinggian

$$F_e = 1 + 0,07 \cdot h/300$$

$$= 1 + 0,07 \cdot 20,12/300$$

$$= \frac{1,00469}{1}$$

3. Koreksi Kemiringan

$$F_s = 1 + 0,1 \cdot S$$

$$= 1 + (0,1 \times 0,16\%)$$

$$= \frac{1,00016}{1}$$

ARFL panjang runway terkoreksi

$$ARFL = \frac{Lr0}{F_e \times F_t \times F_s}$$

$$Lr0 = ARFL \times F_e \times F_t \times F_s$$

$$= 2769,49000$$

$$= \frac{2770}{1}$$

Jadi, panjang runway terkoreksi =

Gradient Efektif Runway (S)

Elevasi RW 10/STA 0+000 21 m
 Elevasi RW centre/STA 1+250 23 m
 Elevasi RW 28/STA 2+500 23 m
 Panjang dasar runway 2500 m

$$\Delta h1 = 2$$

$$\Delta h2 = 0$$

$$S = \frac{\Delta h1}{L.dasar} = \frac{2}{1250} = 0,16 \%$$

$$S = \frac{\Delta h1}{L.dasar} = \frac{0}{1250} = 0 \%$$

$$S = \frac{0,16}{1} \%$$

Panjang Landing/Approach

L approach $\frac{2100}{1}$ m

1. Koreksi Temperatur

$$F_t = 1 + 0,01(T - 15 \cdot 0,0065h)$$

$$= 1 + 0,01(32 - (15 \times (0,0065 \times 20,12)))$$

$$= \frac{1,19831}{1}$$

2. Koreksi Ketinggian

$$F_e = 1 + 0,07 \cdot h/300$$

$$= 1 + 0,07 \cdot 20,12/300$$

$$= \frac{1,00469}{1}$$

3. Koreksi Kemiringan

$$F_s = 1 + 0,1 \cdot S$$

$$= 1 + (0,1 \times 0,16\%)$$

$$= \frac{1,00016}{1}$$

ARFL panjang runway terkoreksi

$$ARFL = \frac{Lr0}{F_e \times F_t \times F_s}$$

$$Lr0 = ARFL \times F_e \times F_t \times F_s$$

$$= 2528,66478$$

$$= \frac{2529}{1}$$

$\frac{2770}{1}$ m

Perhitungan Take Off Distance Available (TODA)

Aircraft	Vtake off		Vapproach	
A320-200	145	knot	137	knot
A330-300	145	knot	130	knot
ATR42-300	110	knot	120	knot
ATR42-500	110	knot	110	knot
ATR72-500	115	knot	113	knot
ATR72-600	115	knot	113	knot
Boeing 737-300	140	knot	130	knot
Boeing 737-400	150	knot	137	knot
Boeing 737-800/NG	145	knot	140	knot
Boeing 737-900ER	149	knot	145	knot
Cessna 208 Caravan	75	knot	61	knot

Faktor Koreksi :

Fe	1,004695	
Ft	1,198308	
Fs	1,00016	
Stopway	60	m (ICAO Annex 14)
RESA	90	m (ICAO Annex 14)
Clearway	1500	m

Aircraft	Take Off Distance	Take Off Run Available (TORA)	Accelerate/ Stop Distance Available (ASDA)	Take Off Distance Available (TODA)	Approach Distance	Landing Distance Available (LDA)
A320-200	2190	2637,0	2697	4137,0	1440	1733,9
A330-300	2300	2769,5	2829	4269,5	1700	2047,0
ATR42-300	1100	1324,5	1385	2824,5	1000	1204,1
ATR42-500	1000	1204,1	1264	2704,1	1000	1204,1
ATR72-500	1223	1472,6	1533	2972,6	1048	1261,9
ATR72-600	1333	1605,1	1665	3105,1	915	1101,8
Boeing 737-300	1600	1926,6	1987	3426,6	1400	1685,8
Boeing 737-400	2000	2408,3	2468	3908,3	1500	1806,2
Boeing 737-800/NG	2300	2769,5	2829	4269,5	1600	1926,6
Boeing 737-900ER	2300	2769,5	2829	4269,5	1700	2047,0
Maximum		2769,5	2829,5	4269,5		2047,0

Sumber : <http://www.skybrary.aero/index.php/B739>

Perhitungan Letak Exit Taxiway

Jenis Pesawat
Boeing 737-900ER

Data :

- | | | | | |
|---|---|----------------------|---|--------------|
| 1. Touchdown Speed (V1) | = | 145 knot | = | 74,59438 m/s |
| 2. Exit Speed (V2) | = | 15 mil/h | = | 6,7056 m/s |
| 3. Lokasi Touchdown dari Threshold (D1) | = | 400 m | = | 1312,336 ft |
| 4. Rata-rata Deceleration (a) | = | 1,5 m/s ² | | |

Lokasi Exit Taxiway :

- | | | | | | |
|----|--------------------------------------|---|-------------------|---|-------------|
| 1. | $D2 = \frac{V1^2 - V2^2}{2a}$ | = | 1839,785 m | = | 6036,042 ft |
| 2. | Lokasi Exit Taxiway = D1 + D2 | = | 2239,785 m | = | 7348,378 ft |
| | LET | = | 2239,785 m | | |

1. Koreksi Ketinggian

$$F_e = 1 + 0,07 \cdot h/300$$

$$= 1 + 0,07 \cdot 20,12/300$$

$$= \mathbf{1,00469}$$

L setelah koreksi (L1)

$$L1 = LET \times F_e$$

$$= \mathbf{2250,301} \text{ m}$$

2. Koreksi Temperatur

$$F_t = 1 + 0,01(T - (15 \cdot 0,0065h))$$

$$= 1 + 0,01(32 - (15 \cdot (0,0065 \times 20,12)))$$

$$= \mathbf{1,19831}$$

L setelah koreksi (L2)

$$L2 = L1 \times F_t$$

$$= \mathbf{2696,553} \text{ m}$$

3. Koreksi Kemiringan

$$F_s = 1 + 0,1 \cdot S$$

$$= 1 + (0,1 \times 0,16\%)$$

$$= \mathbf{1,00016}$$

L setelah koreksi (L3)

$$L3 = L2 \times F_s$$

$$= \mathbf{2696,984} \text{ m}$$

Exit Taxiway	90 °		Lokasi Touchdown dari Threshold				400 m		
	V1		V2		D1	a	D2	S	S koreksi
Jenis Pesawat	knot	m/s	mil/h	m/s	m	m/s ²	m	m	m
Airbus A320-200	137	70,47883	15	6,7056	400	1,5	1640,767	2041	2457
Airbus A330-300	130	66,87772	15	6,7056	400	1,5	1475,888	1876	2259
ATR42-300	120	61,73328	15	6,7056	400	1,5	1255,344	1655	1993
ATR42-500	110	56,58884	15	6,7056	400	1,5	1052,444	1452	1749
ATR72-600	113	58,13217	15	6,7056	400	1,5	1111,461	1511	1820
ATR72-500	113	58,13217	15	6,7056	400	1,5	1111,461	1511	1820
Boeing 737-300	130	66,87772	15	6,7056	400	1,5	1475,888	1876	2259
Boeing 737-400	137	70,47883	15	6,7056	400	1,5	1640,767	2041	2457
Boeing 737-800NG	140	72,02216	15	6,7056	400	1,5	1714,075	2114	2546
Boeing 737-900ER	145	74,59438	15	6,7056	400	1,5	1839,785	2240	2697
Cessna 208 Caravan	95	48,87218	15	6,7056	400	1,5	781,175	1181	1422
S koreksi terpanjang									2697

Dimensi Taxiway dan Taxilane

Tabel Dimensi Taxiway dan Taxilane

Table	Item	DIM	Value	Unit
4.1	Design Standards Based on Airplane Design Group (ADG)	Figure 3-26		
4.1.1	TAXIWAY PROTECTION			
4.1.1.1	TSA	E	36	m
4.1.1.2	Taxiway OFA		57	m
4.1.1.3	Taxilane OFA		49	m
4.1.2	TAXIWAY SEPARATION			
4.1.2.1	Taxiway Centreline to Parallel Taxiway/Taxilane Centreline	J	46	m
4.1.2.2	Taxiway Centreline to Fixed or Movable Object	K	28	m
4.1.2.3	Taxilane Centreline to Parallel Taxilane Centreline		43	m
4.1.2.4	Taxilane Centreline to Fixed or Movable Object		25	m
4.1.3	WINGTIP CLEARANCE			
4.1.3.1	Taxiway Wingtip Clearance		10	m
4.1.3.2	Taxilane Wingtip Clearance		8	m
4.2	Design Standards Based on Taxiway Design Group (TDG)	Figure 4.6		
4.2.1	Taxiway Width	W	15	m
4.2.2	Taxiway Edge Safety Margin	TESM	3	m
4.2.3	Taxiway Shoulder Width		6	m
4.2.4	Taxiway/Taxilane Centreline to Parallel Taxiway/Taxilane w/ 180 degree turn	J	Table 4.14	
	TAXIWAY FILLET DIMENSIONS		Table 4.7	
4.6	Standard Intersection Details for TDG 4	Figure 4.13		
4.6.1	D (degrees)		90	°
4.6.2	W-0		7,62	m
4.6.3	W-1		10,67	m
4.6.4	W-2		21,95	m
4.6.5	L-1		91,44	m
4.6.6	L-2		44,20	m
4.6.7	L-3		21,95	m
4.6.8	R-Fillet		0,00	m
4.6.9	R-CL		28,96	m
4.6.10	R-Outer		36,58	m
4.14	Crossover Taxiway with Direction Reversal between Taxiway based on TDG	Figure 4.23		
4.14.1	Taxiway Centreline to Centreline Distance		73,15	m
4.14.2	W-0		7,62	m
4.14.3	W-1		13,11	m
4.14.4	W-2		25,30	m
4.14.5	W-3		42,06	m
4.14.6	L-1		108,20	m
4.14.7	L-2		30,48	m
4.14.8	L-3		28,65	m
4.14.9	R-Fillet		12,19	m
4.14.10	R-CL		36,58	m
4.15	Crossover Taxiway with Direction Reversal between Taxiway based on ADG	Figure 4.24		
4.15.1	Taxiway Centreline to Centreline Distance		46,33	m
4.15.2	W-0		7,62	m
4.15.3	W-1		11,58	m
4.15.4	W-2		18,90	m
4.15.5	W-3		33,22	m
4.15.6	L-1		64,01	m
4.15.7	L-2		16,76	m
4.15.8	L-3		19,51	m
4.15.9	L-4		0	m
4.15.10	R-Fillet		4,57	m
4.15.11	R-CL		23,16	m
4.15.12	Steering Angle (degrees)		54	°
	<i>Sumber : AC 150/5300-13A</i>			
4.16	Dimensions of Runway entrance/exit taxiway	Figure 4.24		
4.16.1	Runway Centreline to Centreline Distance		121,92	m
4.16.2	W-0		7,62	m
4.16.3	W-1		11,28	m
4.16.4	W-2		22,86	m
4.16.5	W-3		11,58	m
4.16.6	L-1		96,32	m
4.16.7	L-2		39,62	m
4.16.8	L-3		22,86	m
4.16.9	R-Fillet		0,00	m
4.16.10	R-CL		30,48	m
4.16.11	R-Outer		39,32	m

Perhitungan Dimensi dan Gerbang (Gate) Apron

1. Profil Eksisting Landas Parkir (Apron)

Dimensi :

Landas Parkir Barat (Apron Alpha) = 326 x 90 m
 Landas Parkir Timur (Apron Bravo) = 336 x 152 m

Jenis Perkerasan :

Landas Parkir Barat (Apron Alpha) = Asphalt
 Landas Parkir Timur (Apron Bravo) = Rigid

Parking Stand :

Landas Parkir Barat (Apron Alpha) = 8 Parking Stand
 Landas Parkir Timur (Apron Bravo) = 8 Parking Stand

2. Peramalan Pergerakan Pesawat Tahun 2016-2020

Jenis Pesawat	2016	2017	2018	2019	2020
A320-200	73	120	138	145	147
A330-300	12	13	13	13	13
ATR42-3	713	573	606	612	613
ATR42-5	337	310	310	310	310
ATR72-5	1283	1209	1140	1082	1032
ATR72-6	446	433	420	409	398
B733	1408	1347	1334	1331	1331
B734	311	356	377	385	389
B738	3881	4492	5152	5812	6472
B739	7102	7742	8441	9140	9839
Jumlah	15565	16594	17929	19237	20544

3. Menghitung Peak Hour Rencana

- Average Monthly = $0,08417 \times \text{Annual Passenger Flow}$
- Average Daily Passengers = $0,3226 \times \text{Average Monthly Flow}$
- Peak Daily Flow = $1,26 \times \text{Average Day}$
- Peak Hour = $0,0917 \times \text{Peak Daily Flow}$

Cantah :

Pesawat A320-200

- $0,08417 \times 78 = 6,103815$
- $0,3226 \times 6,598 = 0,196909$
- $1,26 \times 2,128 = 0,248105$
- $2,682 \times 0,246 = 0,022751$

Peak Hour Tahun Rencana

Jenis Pesawat	2016	2017	2018	2019	2020
A320-200	0	0	0	0	0
A330-300	0	0	0	0	0
ATR42-3	0	0	0	0	0
ATR42-5	0	0	0	0	0
ATR72-5	0	0	0	0	0
ATR72-6	0	0	0	0	0
B733	0	0	0	0	0
B734	0	0	0	0	0
B738	1	1	2	2	2
B739	2	2	3	3	3
Jumlah	3	4	4	5	5

Jumlah Pergerakan Pesawat pada Kondisi Peak Hour (V)

Kelas A = 0
 Kelas B = 5
 Kelas C = 0

4. Jumlah Gate Yang Dibutuhkan

Jumlah Pergerakan Landing / Take-Off pada kondisi Peak Hour (V).

Jenis Pesawat	Kelas A	0	gerakan/jam
	Kelas B	5	gerakan/jam
	Kelas C	0	gerakan/jam

Apron Bisa digunakan untuk semua jenis perusahaan penerbangan

Jumlah Gate yang dibutuhkan :

$$G = V * T / U$$

- T	(Kelas A)	60	menit
- T	(Kelas B)	40	menit
- T	(Kelas C)	30	menit

- Nilai U = 0,6 - 0,8 = 0,7

- G	(A) =	0	buah	0	buah
- G	(B) =	4,873534	buah	5	buah
- G	(C) =	0	buah	0	buah

Total 5 buah

5. Dimensi Apron per Pesawat

Kode Pesawat	Kode ICAO	Gol. Pesawat	Panjang (m)	Wingspan (m)	Wheelbase (m)	Turning Area (m)	Clearance (m)	Lebar (m)	Dimensi Apron	
									Panjang (m)	Lebar (m)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
B1	A320	B	37,57	34,2	12,5	24,3	8	88	56	134
B2	A333	B	58,37	60,3	25,6	44,9	8	88	97	154
B3	B733	B	33,4	31,22	12,45	22,8	8	88	53	129
B4	B734	B	36,4	28,88	14,27	22,7	8	88	53	132
B5	B738	B	39,47	35,79	15,6	26,9	8	88	61	135
B6	B739	B	42,11	35,79	17,17	27,8	8	88	63	138
C1	ATR42-3	C	22,67	24,4	8,8	17,3	8	49	42	79
C2	ATR42-5	C	22,67	24,57	8,8	17,4	8	49	42	79
C3	ATR72-5	C	27,16	27,05	10,8	19,8	8	49	47	84
C4	ATR72-6	C	27,16	27,05	10,8	19,8	8	49	47	84

6. Komposisi Parkir untuk Tahun 2020

Komposisi	Komposisi Kode Pesawat						Dimensi Apron		
	B1	B2	B3	B4	B5	B6	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m2)
1					5	316	154	48813	
2					1	4	314	154	48533
3					2	3	313	154	48253
4					3	2	311	154	47973
5					4	1	309	154	47693
6	1					4	309	154	47735
7	2					3	302	154	46657
8	1				4		302	154	46615
9	2				3		297	154	45817
10					5		307	154	47413
Dimensi Apron yang Digunakan							316	154	48813

Perhitungan Perkerasan pada Apron

Tabel Peramalan Pergerakan Pesawat Tahun 2016-2020

Tipe Pesawat	2016	2017	2018	2019	2020
A320-200	73	120	138	145	147
A330-300	12	13	13	13	13
ATR42-3	713	573	606	612	613
ATR42-5	337	310	310	310	310
ATR72-5	1283	1209	1140	1082	1032
ATR72-6	446	433	420	409	398
B733	1408	1347	1334	1331	1331
B734	311	356	377	385	389
B738	3881	4492	5152	5812	6472
B739	7102	7742	8441	9140	9839
Jumlah	15565	16594	17929	19237	20544

1. Perhitungan Nilai k

CBR subgrade

$$= 10,6 \%$$

Flexural strength beton

$$= 700 \text{ psi}$$

$$(600 - 700 \text{ psi})$$

Sumber : FAA AC No: 150/5320-6E

Nilai k

$$k = \left[\frac{1500 \times \text{CBR}}{26} \right]^{0,7788} \quad (k \text{ in pci})$$

$$k = \left[\frac{1500 \times 10\%}{26} \right]^{0,7788}$$

$$= 147,93 \text{ pci}$$

2. Konversi Annual Departure Pesawat ke Pesawat Rencana

Tipe Pesawat	Annual Departure	Tipe Roda	MTOW (lbs)	R2	W2	W1	R1	
1	2	3	4	5	6	7	8	
A320-200	73	Dual Wheel	178.842	73	42.475	44.698	65	
A330-300	12	Dual Tandem	515.661	20	61.235	44.698	34	
B733	1408	Dual Wheel	140.000	1.408	33.250	44.698	520	
B734	311	Dual Wheel	150.500	311	35.744	44.698	169	
B738	3881	Dual Wheel	174.700	3.881	41.491	44.698	2.869	
B739	7102	Dual Wheel	188.200	7.102	44.698	44.698	7.102	
Jumlah								10.760

$$\text{Log R1} = \text{log R2} \times (W2/W1)^{1/2}$$

Dimana

R1 = Annual Departure Pesawat Rencana

R2 = Annual Departure Pesawat yang Dikonversi ke Pesawat Rencana

W1 = Beban Roda Pesawat Rencana

W2 = Beban Roda yang Dikonversi ke Pesawat Rencana

Contoh Perhitungan :

Tipe Pesawat A320-200

R2 = 73

W1 = 44.698

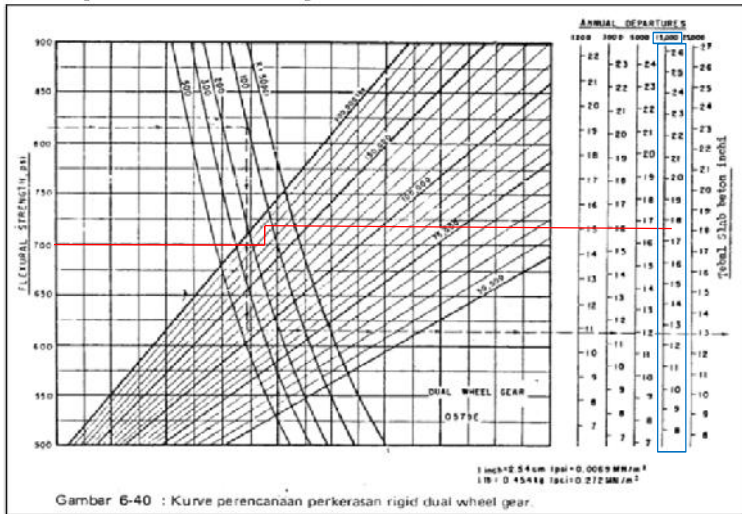
W2 = 42.475

$$\text{Log R1} = \text{log} (44) \times (42.475/61.235)^{1/2}$$

Log R1 = 1,81

R1 = 65,10

3. Perhitungan Tebal Perkerasan Kaku dengan Metode FAA



Gambar 6-40 : Kurve perencanaan perkerasan rigid dual wheel gear.

Kesimpulan :

Tebal perkerasan pada apron timur dengan pesawat rencana Boeing 737-900ER adalah :

$$t = \begin{array}{|c|} \hline 17.52 \\ \hline 445 \\ \hline \end{array} \begin{array}{l} \text{inch} \\ \text{mm} \end{array}$$

Perhitungan Perkerasan pada Penambahan Runway

Tabel Peramalan Pergerakan Pesawat Tahun 2016-2020

Tipe Pesawat	2016	2017	2018	2019	2020
A320-200	73	120	138	145	147
A330-300	12	13	13	13	13
ATR42-3	713	573	606	612	613
ATR42-5	337	310	310	310	310
ATR72-5	1283	1209	1140	1082	1032
ATR72-6	446	433	420	409	398
B733	1408	1347	1334	1331	1331
B734	311	356	377	385	389
B738	3881	4492	5152	5812	6472
B739	7102	7742	8441	9140	9839
Jumlah	15565	16594	17929	19237	20544

1. Perhitungan Nilai k

CBR subgrade = 10,6 %
 Flexural strength beton = 700 psi
 (600 - 700 psi)

Sumber : FAA AC No: 150/5320-6E

Nilai k

$$k = \left[\frac{1500 \times \text{CBR}}{26} \right]^{0,7788} \quad (k \text{ in pci})$$

$$k = \left[\frac{1500 \times 10\%}{26} \right]^{0,7788}$$

$$= 147,93 \text{ pci}$$

2. Konversi Annual Departure Pesawat ke Pesawat Rencana

Tipe Pesawat	Annual Departure	Tipe Roda	MTOW (lbs)	R2	W2	W1	R1	
1	2	3	4	5	6	7	8	
A320-200	73	Dual Wheel	178.842	73	42.475	44.698	65	
A330-300	12	Dual Tandem	515.661	20	61.235	44.698	34	
ATR42-3	713	Dual Wheel	30.000	713	7.125	44.698	14	
ATR42-5	337	Dual Wheel	45.000	337	10.688	44.698	17	
ATR72-5	1283	Dual Wheel	50.000	1.283	11.875	44.698	40	
ATR72-6	446	Dual Wheel	50.000	446	11.875	44.698	23	
B733	1408	Dual Wheel	140.000	1.408	33.250	44.698	520	
B734	311	Dual Wheel	150.500	311	35.744	44.698	169	
B738	3881	Dual Wheel	174.700	3.881	41.491	44.698	2.869	
B739	7102	Dual Wheel	188.200	7.102	44.698	44.698	7.102	
Jumlah								10.854

$$\text{Log R1} = \log \text{R2} \times (\text{W2/W1})^{1/2}$$

Dimana R1 = Annual Departure Pesawat Rencana
 R2 = Annual Departure Pesawat yang Dikonversi ke Pesawat Rencana
 W1 = Beban Roda Pesawat Rencana
 W2 = Beban Roda yang Dikonversi ke Pesawat Rencana

Ccontoh Perhitungan :

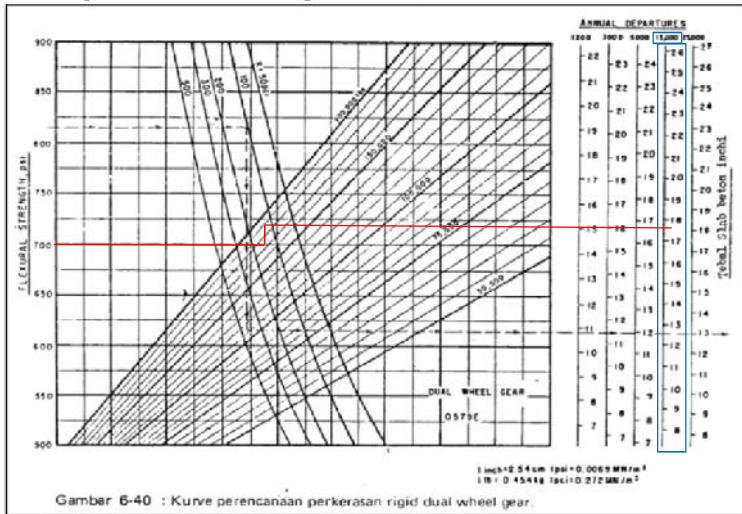
Tipe Pesawat A320-200

R2 = 73
 W1 = 44.698
 W2 = 42.475

$$\text{Log R1} = \log (44) \times (42.475/61.235)^{1/2}$$

Log R1 = 1,81
 R1 = 65,10

3. Perhitungan Tebal Perkerasan Kaku dengan Metode FAA



Gambar 6-40 : Kurve perencanaan perkerasan rigid dual wheel gear.

Kesimpulan :

Tebal perkerasan pada penambahan landasan pacu dengan pesawat rencana Boeing 737-900ER adalah :

$$t = \begin{matrix} 17,61 \\ 447 \end{matrix} \begin{matrix} \text{inch} \\ \text{mm} \end{matrix}$$

Perhitungan Perkerasan pada Taxiway Paralel

Tabel Peramalan Pergerakan Pesawat Tahun 2016-2020

Tipe Pesawat	2016	2017	2018	2019	2020
A320-200	73	120	138	145	147
A330-300	12	13	13	13	13
ATR42-3	713	573	606	612	613
ATR42-5	337	310	310	310	310
ATR72-5	1283	1209	1140	1082	1032
ATR72-6	446	433	420	409	398
B733	1408	1347	1334	1331	1331
B734	311	356	377	385	389
B738	3881	4492	5152	5812	6472
B739	7102	7742	8441	9140	9839
Jumlah	15565	16594	17929	19237	20544

1. Nilai CBR Subgrade

CBR subgrade = 10,6 %

2. Konversi Annual Departure Pesawat ke Pesawat Rencana

Tipe Pesawat	Annual Departure	Tipe Roda	MTOW (lbs)	R2	W2	W1	R1
1	2	3	4	5	6	7	8
A320-200	73	Dual Wheel	178.842	73	42.475	44.698	65
A330-300	12	Dual Tandem	515.661	20	61.235	44.698	34
ATR42-3	713	Dual Wheel	30.000	713	7.125	44.698	14
ATR42-5	337	Dual Wheel	45.000	337	10.688	44.698	17
ATR72-5	1283	Dual Wheel	50.000	1.283	11.875	44.698	40
ATR72-6	446	Dual Wheel	50.000	446	11.875	44.698	23
B733	1408	Dual Wheel	140.000	1.408	33.250	44.698	520
B734	311	Dual Wheel	150.500	311	35.744	44.698	169
B738	3881	Dual Wheel	174.700	3.881	41.491	44.698	2.869
B739	7102	Dual Wheel	188.200	7.102	44.698	44.698	7.102
Jumlah							10.854

$$\text{Log R1} = \log \text{R2} \times (\text{W2/W1})^{1/2}$$

Dimana
 R1 = Annual Departure Pesawat Rencana
 R2 = Annual Departure Pesawat yang Dikonversi ke Pesawat Rencana
 W1 = Beban Roda Pesawat Rencana
 W2 = Beban Roda yang Dikonversi ke Pesawat Rencana

Contoh Perhitungan :

Tipe Pesawat A320-200

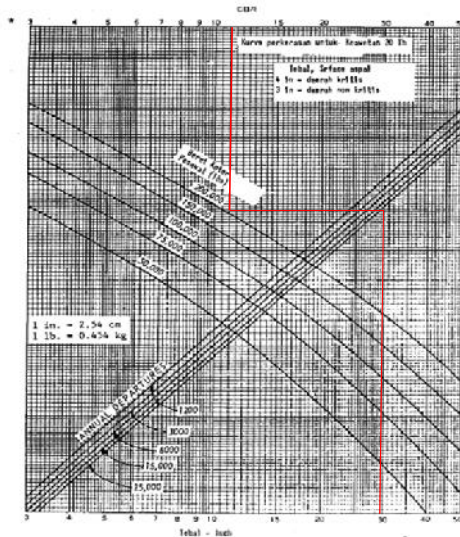
R2 = 73
 W1 = 44.698
 W2 = 42.475

$$\text{Log R1} = \log (44) \times (42.475/61.235)^{1/2}$$

Log R1 = 1,81
 R1 = 65,10

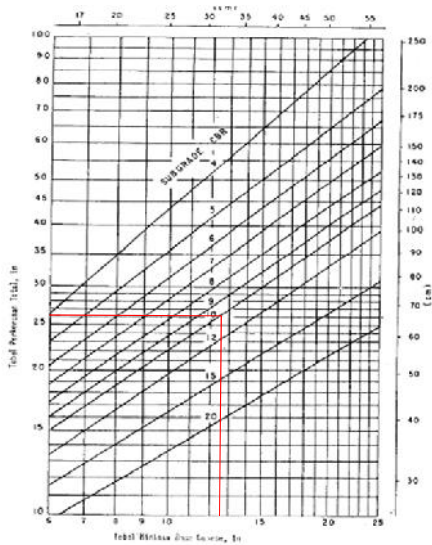
3. Perhitungan Tebal Perkerasan Lentur dengan Metode FAA

a. Tebal Total Perkerasan



Tebal total perkerasan lentur = 26,1 in
663 mm

b. Tebal Minimum Base Course



Tebal minimum base course = 12,62 in
321 mm

Kesimpulan :

Tebal perkerasan pada taxiway paralel dengan pesawat rencana Boeing 737-900ER adalah :

Permukaan	4,00	in	101,6	mm
Base Course	12,62	in	320,548	mm
Subbase	9,48	in	240,792	mm
t total =	26,10	in	662,94	mm

Tebal total lapisan perkerasan =

663

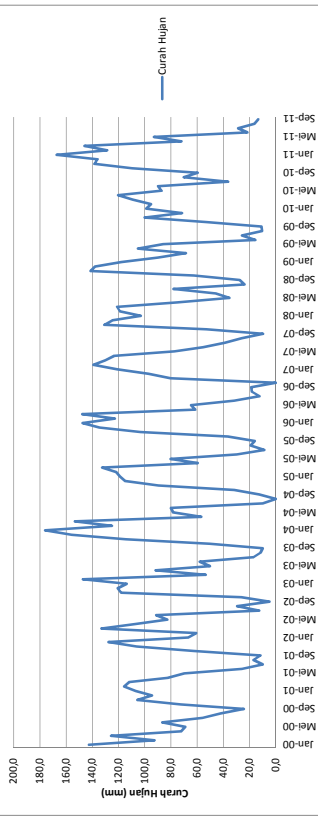
 mm

Perhitungan Saluran Drainase Runway di Bandara Syamsudin Noor

1. Data Curah Hujan Bandara Syamsudin Noor
Tabel Curah Hujan Tahun 2000-2011

Bulan / Tahun	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Januari	142,5	106,9	67,2	113,8	176,1	118,8	147,4	121,0	103,1	117,8	98,9	167,2
Februari	92,6	115,6	60,7	147,3	125,1	121,8	122,9	139,1	118,8	89,8	95,1	128,6
Maret	125,7	111,8	133,0	53,4	153,2	132,5	147,7	130,2	121,2	68,6	109,1	145,9
April	72,3	82,6	107,5	91,9	56,9	59,5	61,5	123,3	75,3	105,1	120,4	72,0
Mei	69,2	69,7	82,7	50,2	78,3	80,4	64,6	71,3	55,4	85,9	87,1	92,9
Juni	86,7	25,9	91,2	58,0	80,0	29,7	31,7	55,3	46,0	15,5	89,8	21,8
Juli	56,0	10,0	12,7	17,1	10,1	8,8	12,4	38,8	78,0	25,9	36,3	28,7
Agustus	42,1	17,0	29,6	11,6	4,0	19,3	18,4	26,0	24,0	10,6	70,2	16,4
September	24,5	11,8	5,0	10,0	12,6	16,1	18,8	9,8	27,7	11,0	59,6	13,5
Oktober	72,6	62,5	26,4	50,5	31,7	36,5	0,0	52,9	62,6	53,1	109,6	0,0
November	105,8	106,3	118,0	114,6	89,6	103,2	80,2	130,8	141,4	100,1	138,5	0,0
Desember	94,5	127,6	120,7	155,7	115,0	134,4	97,1	124,8	137,9	71,5	136,0	0,0
Maksimum	142,5	127,6	133,0	155,7	176,1	134,4	147,7	139,1	141,4	117,8	138,5	167,2

Curah Hujan Tahun 2000-2011



2. Perhitungan Debit Rencana Saluran

$$Q = C \cdot I \cdot A$$

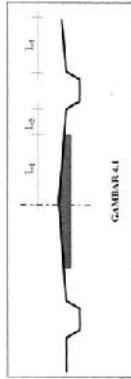
Q = Debit Rencana Saluran (m³/s)

C = Koefisien Pengaliran

I = Intensitas Hujan Periode Ulang Tertentu (mm/jam)

A = Luas Daerah Pengaliran (ha)

2.1. Menentukan Daerah Pengaliran



Lpeck 1 =	30	m
Lrunpau =	45	m

Ppeck 1 =	500	m
Ppeck 2 =	500	m
Ppeck 3 =	500	m
Ppeck 4 =	500	m
Ppeck 5 =	500	m
Ppeck 6 =	500	m
P total =	3000	m

Aperck 1	15000	m ²
Arunpau 1	22500	m ²
Aperck 2	15000	m ²
Arunpau 2	22500	m ²
Aperck 3	15000	m ²
Arunpau 3	22500	m ²
Aperck 4	15000	m ²
Arunpau 4	22500	m ²
Aperck 5	15000	m ²
Arunpau 5	22500	m ²
Aperck 6	15000	m ²
Arunpau 6	22500	m ²

	15	km ²
	22,5	km ²
	15	km ²
	22,5	km ²
	15	km ²
	22,5	km ²
	15	km ²
	22,5	km ²
	15	km ²
	22,5	km ²

Keterangan : Elevasi L3 lebih rendah dari elevasi pada saluran drainase

2.2. Koefisien Penguatiran (C)

Tabel Koefisien Penguatiran Berdasarkan Tipe Permuakan Tanah

C rata-rata =	$C1.A1 + C2.A2 + C3.A3 + \dots + Cn.An$
C rata-rata =	$A1 + A2 + A3 + \dots + An$
C rata-rata =	$\frac{C1.A1 + C2.A2}{A1 + A2}$
C rata-rata =	$\frac{(15.000 \times 0,95) + (22.500 \times 0,22)}{15.000 + 22.500}$
C rata-rata 1	0,512
C rata-rata =	$\frac{(15.000 \times 0,95) + (22.500 \times 0,22)}{15.000 + 22.500}$
C rata-rata 2	0,512
C rata-rata =	$\frac{(15.000 \times 0,95) + (22.500 \times 0,22)}{15.000 + 22.500}$
C rata-rata 3	0,512

C untuk Aspal = 0,95
 C untuk Beton = 0,95
 C untuk Tanah Rumpat (s=2,7 %) = 0,22
 Sumber : FAA AC No. 150-5320-5D

C rata-rata =	$\frac{(15.000 \times 0,95) + (22.500 \times 0,22)}{15.000 + 22.500}$
C rata-rata 4	0,512
C rata-rata =	$\frac{(15.000 \times 0,95) + (22.500 \times 0,22)}{15.000 + 22.500}$
C rata-rata 5	0,512
C rata-rata =	$\frac{(15.000 \times 0,95) + (22.500 \times 0,22)}{15.000 + 22.500}$
C rata-rata 6	0,512

2.3. Waktu Konsentrasi (Tc)

$$T_c = t1 + t2$$

Segmen.1	t1 perk 1 =	$\left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times I_p \times \frac{nd^{0,167}}{V^{0,167}}\right) \cdot s$	= 1,621	menit
	t1 rumpuk 1 =	$\left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times I_p \times \frac{nd^{0,167}}{V^{0,167}}\right) \cdot s$	= 3,174	menit
Segmen.2	t1 perk 2 =	$\left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times I_p \times \frac{nd^{0,167}}{V^{0,167}}\right) \cdot s$	= 1,621	menit
	t1 rumpuk 2 =	$\left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times I_p \times \frac{nd^{0,167}}{V^{0,167}}\right) \cdot s$	= 3,174	menit
Segmen.3	t2 segmen 1 =	$\frac{L}{v \cdot 60}$	= 10,261	menit
	t1 perk 3 =	$\left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times I_p \times \frac{nd^{0,167}}{V^{0,167}}\right) \cdot s$	= 1,621	menit
Segmen.4	t1 rumpuk 3 =	$\left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times I_p \times \frac{nd^{0,167}}{V^{0,167}}\right) \cdot s$	= 3,174	menit
	t2 segmen 1-2 =	$\frac{L}{v \cdot 60}$	= 20,522	menit
Segmen.4	t1 perk 4 =	$\left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times I_p \times \frac{nd^{0,167}}{V^{0,167}}\right) \cdot s$	= 1,621	menit
	t1 rumpuk 4 =	$\left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times I_p \times \frac{nd^{0,167}}{V^{0,167}}\right) \cdot s$	= 3,174	menit
t2 segmen 1-3 =	$\frac{L}{v \cdot 60}$	= 30,783	menit	

Koefisien Manning untuk permukaan aspal (nd) =
 Koefisien Manning untuk permukaan beton (nd) =
 Koefisien Manning untuk permukaan rumpuk (nd) =
 Kemiringan saluran (s) =
 Koefisien intercept untuk beton (k)
 Kecepatan aliran saluran (v) =
 Sumber : FAA AC No. 150-5320-5D

$$V = (3,28) \cdot k \cdot S^{0,485}$$

$$= 3,28 \times 0,619 \times 1,690,5$$

$$= 0,812128$$

0,0016	0,011
0,0016	0,012
0,0016	0,41
0,0016	0,16
0,0016	0,619
0,0016	0,812

m/s

Segmen 5

$$t1 \text{ perk } 5 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times I_o \times \frac{\text{ms}^0,0167}{V^{0,167}} \right) \cdot = 1,645 \text{ menit}$$

$$t1 \text{ rumput } 5 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times I_o \times \frac{\text{ms}^0,0167}{V^{0,167}} \right) \cdot = 3,174 \text{ menit}$$

$$t2 \text{ segmen 1-4} = \frac{L}{v \cdot 60} = 41,044 \text{ menit}$$

Segmen 6

$$t1 \text{ perk } 6 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times I_o \times \frac{\text{ms}^0,0167}{V^{0,167}} \right) \cdot = 1,645 \text{ menit}$$

$$t1 \text{ rumput } 6 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times I_o \times \frac{\text{ms}^0,0167}{V^{0,167}} \right) \cdot = 3,174 \text{ menit}$$

$$t2 \text{ segmen 1-5} = \frac{L}{v \cdot 60} = 51,306 \text{ menit}$$

Tc = t1 + t2

Tc 1 =	t1	t2	
	4,795	0	= 4,795 menit
Tc 2 =	4,795	10,261	= 15,056 menit
Tc 3 =	4,795	20,522	= 25,317 menit
Tc 4 =	4,795	30,783	= 35,578 menit
Tc 5 =	4,819	41,044	= 45,863 menit
Tc 6 =	4,819	51,306	= 56,124 menit

2.4. Intensitas Curah Hujan Periode 5 Tahun (I)

$$I1 = (R_p/24) \times (24/te)^{0,25}$$

$$I1 = \frac{156,54726}{24} \times \frac{24}{4,80} \wedge 0,25$$

$$I1 = 19,086713 \text{ mm/jam}$$

$$I2 = (R_p/24) \times (24/te)^{0,25}$$

$$I2 = \frac{156,54726}{24} \times \frac{24}{15,06} \wedge 0,25$$

I2 =	8,900971	mm/jam
I3 =	6,2945125	mm/jam
I4 =	5,0170087	mm/jam
I5 =	4,2356706	mm/jam
I6 =	3,7022147	mm/jam

Nilai Curah Hujan Rancangan (R24) diambil dari perhitungan menggunakan metode Log Pearson III yaitu didapat hasil = 156,547258 mm/jam

Intensitas hujan yang dipakai pada 5th untuk bandar udara komersial
Sumber : Planning & Design Airport - Robert Horonjeff hal. 344 par. 7

2.5. Menghitung Debit Rencana (Q)

Q1 = C . I . A

Q2 = C . I . A

Q3 = C . I . A

Q = $\frac{1.017958}{n}$ m³/s

Q = $\frac{0.4747185}{n}$ m³/s

Q = $\frac{0.335707}{n}$ m³/s

Q4 = C . I . A

Q5 = C . I . A

Q5 = C . I . A

Q = $\frac{0.2673736}{n}$ m³/s

Q = $\frac{0.2259024}{n}$ m³/s

Q = $\frac{0.197451}{n}$ m³/s

2.6. Menentukan Dimensi Saluran

Koef. Kekasaran (n) untuk beton = $\frac{0.02}{0.0016}$
 Kemiringan saluran (s) =

Sumber : Planning & Design Airport - Robert Horonjef

Q = V . A

$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$

$R = \frac{A}{P}$

$R = (bsh) / (b+2h)$

$R = 0.5bh / (1 + b)$

Coba Menggunakan :

b = 1.3 m

h = 0.8 m

A = 1.04 m²

R = 0.38621

Q = 1.0498777 m³/s

Jadi, $b = \frac{1.3}{0.8} = 1.625$ m

$h = \frac{0.8}{0.8} = 1$ m

$w = \sqrt{0.5b} = \frac{0.6}{1.3} = 0.4615$ m

Q1 1.0498777 > 1.017958

OK

Q = V . A

$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$

$R = \frac{A}{P}$

$R = (bsh) / (b+2h)$

$R = 0.5bh / (1 + b)$

Coba Menggunakan :

b = 1 m

h = 0.8 m

A = 0.8 m²

R = 0.30769231

Q = 0.729201 m³/s

Jadi, $b = \frac{1}{0.8} = 1.25$ m

$h = \frac{0.8}{0.8} = 1$ m

$w = \sqrt{0.5b} = \frac{0.6}{1} = 0.6$ m

Q2 0.729201 > 0.47471845

OK

$Q = V \cdot A$

$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$

$V = 0,8721817 \text{ m/s}$

Coba Menggunakan :

$b = 0,9 \text{ m}$
 $h = 0,8 \text{ m}$
 $A = 0,72 \text{ m}^2$
 $R = 0,288$

$Q = 0,6279708 \text{ m}^3/\text{s}$

$b = \frac{0,9}{0,8} \text{ m}$
 $h = \frac{0,8}{0,8} \text{ m}$
 $w = \sqrt{0,5h} = \frac{0,6}{0,6} \text{ m}$

Jadi,

Q3 0,6279708 > 0,3357073 OK

$Q = V \cdot A$

$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$

$V = 0,7797996 \text{ m/s}$

Coba Menggunakan :

$b = 0,7 \text{ m}$
 $h = 0,8 \text{ m}$
 $A = 0,56 \text{ m}^2$
 $R = 0,243478$

$Q = 0,4366878 \text{ m}^3/\text{s}$

$b = \frac{0,7}{0,8} \text{ m}$
 $h = \frac{0,8}{0,8} \text{ m}$
 $w = \sqrt{0,5h} = \frac{0,6}{0,6} \text{ m}$

Jadi,

Q5 0,4366878 > 0,2259024 OK

$Q = V \cdot A$

$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$

$V = 0,7798 \text{ m/s}$

Coba Menggunakan :

$b = 0,7 \text{ m}$
 $h = 0,8 \text{ m}$
 $A = 0,56 \text{ m}^2$
 $R = 0,24347826$

$Q = 0,436688 \text{ m}^3/\text{s}$

$b = \frac{0,7}{0,8} \text{ m}$
 $h = \frac{0,8}{0,8} \text{ m}$
 $w = \sqrt{0,5h} = \frac{0,6}{0,6} \text{ m}$

Jadi,

Q4 0,436688 > 0,26757364 OK

$Q = V \cdot A$

$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$

$V = 0,7798 \text{ m/s}$

Coba Menggunakan :

$b = 0,7 \text{ m}$
 $h = 0,8 \text{ m}$
 $A = 0,56 \text{ m}^2$
 $R = 0,24347826$

$Q = 0,436688 \text{ m}^3/\text{s}$

$b = \frac{0,7}{0,8} \text{ m}$
 $h = \frac{0,8}{0,8} \text{ m}$
 $w = \sqrt{0,5h} = \frac{0,6}{0,6} \text{ m}$

Jadi,

Q5 0,436688 > 0,19745145 OK

Curah Hujan Rancangan Log Pearson III

m	x (mm)	P (%)	Log x	$\frac{\text{Log } x - \text{Log } \bar{x}}{\text{Log } \bar{x}}$	$\frac{\text{Log } x - \text{Log } \bar{x}}{\text{Log } \bar{x}} \cdot 2$	$\frac{\text{Log } x - \text{Log } \bar{x}}{\text{Log } \bar{x}} \cdot 3$
1	176.1	6.25	2.25	0.0917	0.0084	0.0008
2	167.2	12.50	2.22	0.0692	0.0048	0.0003
3	155.7	18.75	2.19	0.0382	0.0015	0.0001
4	147.7	25.00	2.17	0.0153	0.0002	0.0000
5	142.5	31.25	2.15	-0.0003	0.0000	0.0000
6	141.4	37.50	2.15	-0.0036	0.0000	0.0000
7	139.1	43.75	2.14	-0.0108	0.0001	0.0000
8	138.5	50.00	2.14	-0.0126	0.0002	0.0000
9	134.4	56.25	2.13	-0.0257	0.0007	0.0000
10	133.0	62.50	2.12	-0.0302	0.0009	0.0000
11	127.6	68.75	2.11	-0.0482	0.0023	-0.0001
12	117.8	75.00	2.07	-0.0829	0.0069	-0.0006
Log \bar{x}			2.15		0.0259	0.0004
s					0.0486	
Cs		Koef. kemencengan				0.2476

log X rancangan 2 th :	
log X + G.S	141,965 mm/jam
2,15+ G . 0,0486 =	2.15218
Dari tabel 2 th:	
Cs 0.7	G -0.116
Cs 0.6	G -0.099
Cs 0.2476095	G -0.03909

log X rancangan 5 th :	
log X + G.S	156,547 mm/jam
2,15+ G . 0,0486 =	2.19465
Dari tabel 5 th :	
Cs 0.7	G 0.79
Cs 0.6	G 0.8
Cs 0.2476095	G 0.83524

log X rancangan 10 th :	d rancangan 10 th :
log X + G.S	a. Log x
1.97+ G . 0.0396 =	165,091 mm/jam
2.21772	
<i>Dari tabel 10 th :</i>	
Cs 0,7	G 1,333
Cs 0,6	G 1,328
Cs 0,2476095	G 1,31038

log X rancangan 20 th :	d rancangan 20 th :
log X + G.S	a. Log x
1.97+ G . 0.0396 =	166,578 mm/jam
2.22162	
<i>Dari tabel 20 th :</i>	
Cs 0,7	G 1,567
Cs 0,6	G 1,528
Cs 0,2476095	G 1,39057

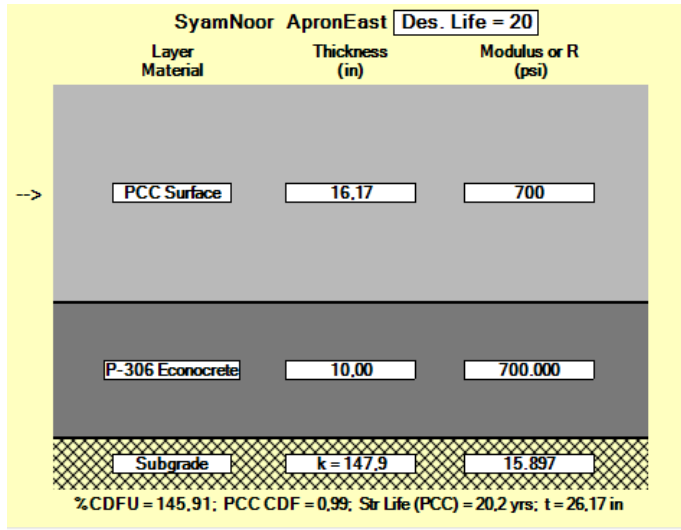
log X rancangan 50 th :	d rancangan 50 th :
log X + G.S	a. Log x
1.97+ G . 0.0396 =	168,99 mm/jam
2.22786	
<i>Dari tabel 50 th :</i>	
Cs 0,7	G 1,777
Cs 0,6	G 1,72
Cs 0,2476095	G 1,51914

log X rancangan 100 th :	d rancangan 100 th :
log X + G.S	a. Log x
1.97+ G . 0.0396 =	155,078 mm/jam
2.19055	
<i>Dari tabel 100 th :</i>	
Cs 0,7	G 1,995
Cs 0,6	G 1,72
Cs 0,2476095	G 0,75093

d rancangan 2 th : 141,9648 mm/jam
d rancangan 5 th : 156,5473 mm/jam
d rancangan 10 th : 165,0906 mm/jam
d rancangan 25 th : 166,5777 mm/jam
d rancangan 50 th : 168,9901 mm/jam
d rancangan 100 th : 155,0781 mm/jam

Hasil Perhitungan Perkerasan Menggunakan *Software* FAARFIELD

1. Apron Timur



FAARFIELD - Airport Pavement Design (V 1.305, 9/28/10 64-bit)

Section ApronEast in Job SyamNoor.

Working directory is C:\Program Files (x86)\FAA\FAARFIELD\

The structure is New Rigid.

Design Life = 20 years.

A design has not been completed for this section.

Pavement Structure Information by Layer, Top First

No.	Type	Thickness in	Modulus psi	Poisson's Ratio	Strength R,psi
	PCC Surface	16.17	700		
	P-306 Econcrete	10.00	700,000		
	Subgrade	k = 147.9	15,897		

1	PCC Surface	16,17	4.000.000	0,15	700
2	P-306 Econocrete	10,00	700.000	0,20	0
3	Subgrade	0,00	15.897	0,40	0

Total thickness to the top of the subgrade = 26,17 in

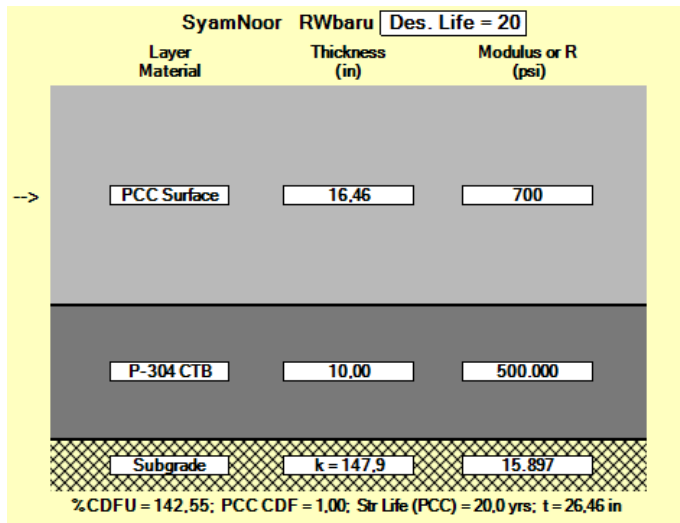
Airplane Information

No.	Name	Gross Wt. lbs	Annual Departures	% Annual Growth
1	A320-200 Twin opt	172.842	73	9,17
2	A330-300 opt	515.661	12	5,47
3	B737-300	140.000	1.408	-0,86
4	B737-400	150.500	311	2,12
5	B737-800	174.700	3.881	1,52
6	B737-900 ER	188.200	7.102	0,93

Additional Airplane Information

No.	Name	CDF Contribution	CDF Max for Airplane	P/C Ratio
1	A320-200 Twin opt	0,00	0,00	0,00
2	A330-300 opt	0,00	0,00	0,00
3	B737-300	0,00	0,00	0,00
4	B737-400	0,00	0,00	0,00
5	B737-800	0,00	0,00	0,00
6	B737-900 ER	0,00	0,00	0,00

2. Runway Baru



FAARFIELD - Airport Pavement Design (V 1.305, 9/28/10 64-bit)

Section RWbaru in Job SyamNoor.

Working directory is C:\Program Files (x86)\FAA\FAARFIELD\

The structure is New Rigid.

Design Life = 20 years.

A design has not been completed for this section.

Pavement Structure Information by Layer, Top First

No.	Type	Thickness in	Modulus psi	Poisson's Ratio	Strength R,psi
1	PCC Surface	16,46	4.000.000	0,15	700
2	P-304 CTB	10,00	500.000	0,20	0
3	Subgrade	0,00	15.897	0,40	0

Total thickness to the top of the subgrade = 26,46 in

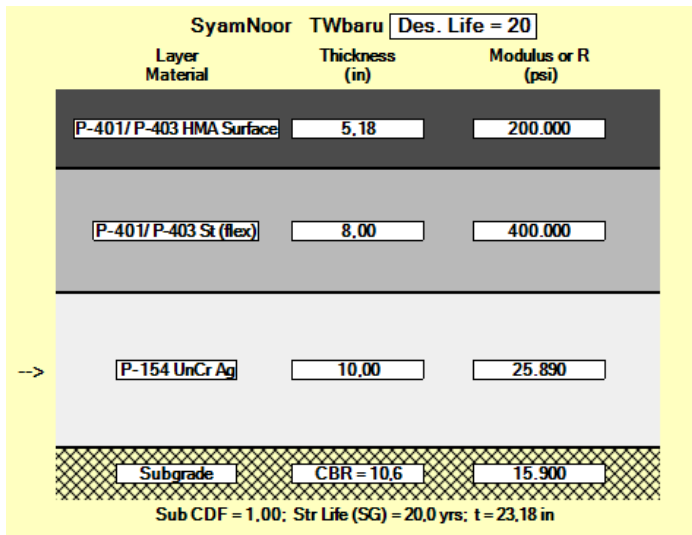
Airplane Information

No.	Name	Gross Wt. lbs	Annual Departures	% Annual Growth
1	A320-200 Twin opt	172.842	73	9,17
2	A330-300 opt	515.661	12	5,47
3	B737-300	140.000	1.408	-0,86
4	B737-400	150.500	311	2,12
5	B737-800	174.700	3.881	1,52
6	B737-900 ER	188.200	7.102	0,93
7	Dual Whl-30	30.000	713	6,99
8	Dual Whl-45	45.000	337	-4,24
9	Dual Whl-50	50.000	1.283	-0,57
10	Dual Whl-50	50.000	446	-0,27

Additional Airplane Information

No.	Name	CDF Contribution	CDF Max for Airplane	P/C Ratio
1	A320-200 Twin opt	0,00	0,00	0,00
2	A330-300 opt	0,00	0,00	0,00
3	B737-300	0,00	0,00	0,00
4	B737-400	0,00	0,00	0,00
5	B737-800	0,00	0,00	0,00
6	B737-900 ER	0,00	0,00	0,00
7	Dual Whl-30	0,00	0,00	0,00
8	Dual Whl-45	0,00	0,00	0,00
9	Dual Whl-50	0,00	0,00	0,00
10	Dual Whl-50	0,00	0,00	0,00

3. Taxiway Paralel



FAARFIELD - Airport Pavement Design (V 1.305, 9/28/10 64-bit)

Section TWbaru in Job SyamNoor.

Working directory is C:\Program Files (x86)\FAA\FAARFIELD\

The structure is New Flexible.

Design Life = 20 years.

A design has not been completed for this section.

Pavement Structure Information by Layer, Top First

No.	Type	Thickness in	Modulus psi	Poisson's Ratio	Strength R,psi
1	P-401/ P-403 HMA Surface	5,18	200.000	0,35	0

2	P-401/ P-403 St (flex)	8,00	400.000	0,35	0
3	P-154 UnCr Ag	10,00	25.890	0,35	0
4	Subgrade	0,00	15.900	0,35	0

Total thickness to the top of the subgrade = 23,18 in

Airplane Information

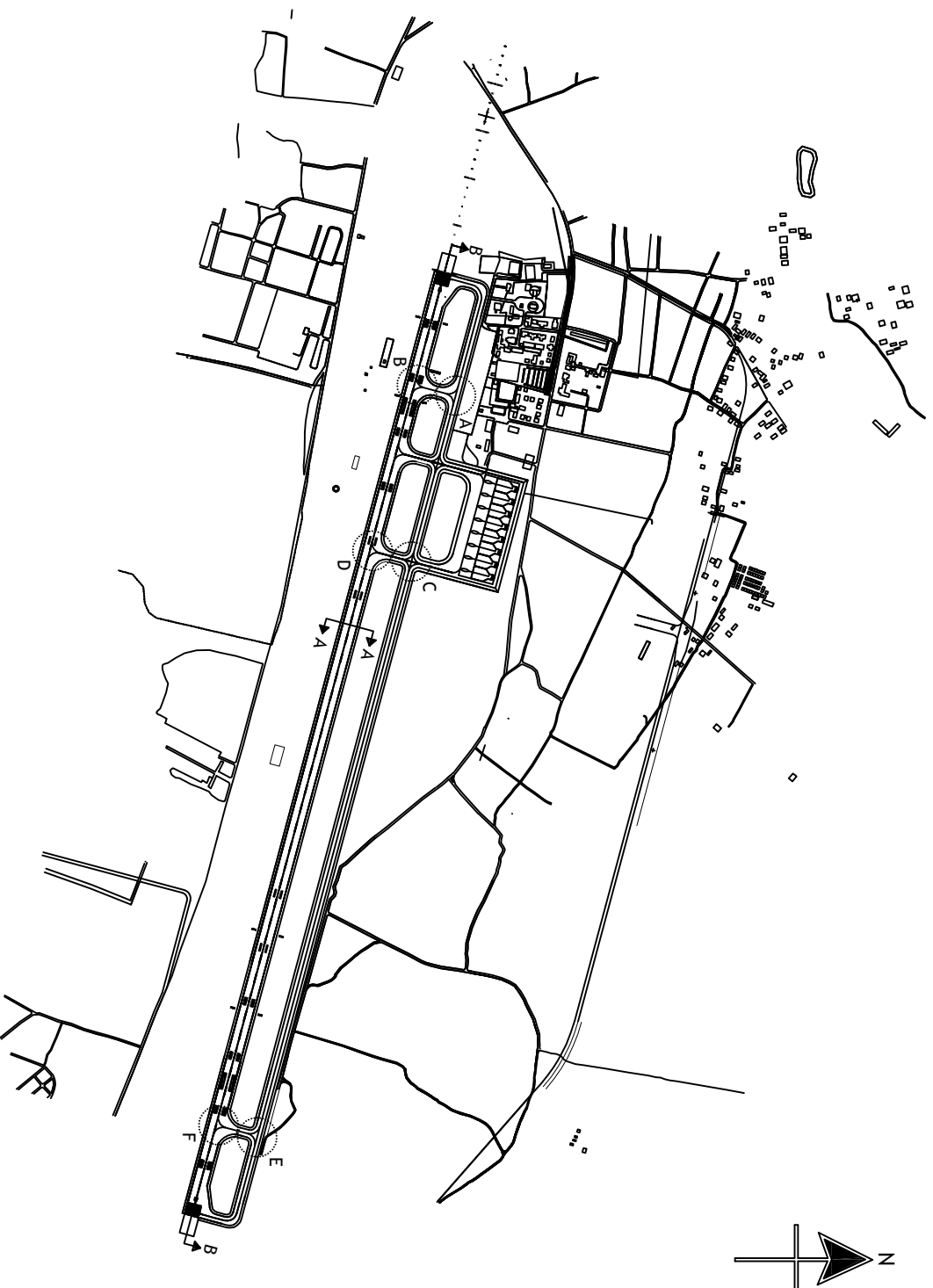
No.	Name	Gross Wt. lbs	Annual Departures	% Annual Growth
1	A320-200 Twin opt	172.842	73	9,18
2	A330-300 opt	515.661	12	5,47
3	B737-300	140.000	1.408	-0,86
4	B737-400	150.500	311	2,12
5	B737-800	174.700	3.881	1,52
6	B737-900 ER	188.200	7.102	0,93
7	Dual Whl-30	30.000	713	6,99
8	Dual Whl-45	45.000	337	-4,24
9	Dual Whl-50	50.000	1.283	-0,57
10	Dual Whl-50	50.000	446	-0,27

Additional Airplane Information

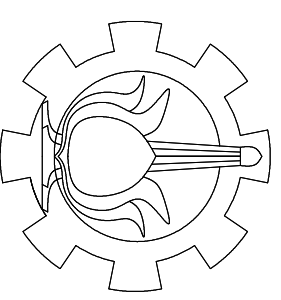
Subgrade CDF

No.	Name	CDF Contribution	CDF Max for Airplane	P/C Ratio
1	A320-200 Twin opt	0,00	0,00	0,00
2	A330-300 opt	0,00	0,00	0,00
3	B737-300	0,00	0,00	0,00
4	B737-400	0,00	0,00	0,00
5	B737-800	0,00	0,00	0,00
6	B737-900 ER	0,00	0,00	0,00

7	Dual Whl-30	0,00	0,00	0,00
8	Dual Whl-45	0,00	0,00	0,00
9	Dual Whl-50	0,00	0,00	0,00
10	Dual Whl-50	0,00	0,00	0,00




 LAYOUT BANDAR UDARA SYAMSUDIN NOOR
 SKALA 1 : 2000



PROYEK AKHIR TERAPAN
RC096599

PERENCANAAN
PENGEMBANGAN FASILITAS
SISI UDARA (AIRSIDE)
BANDAR UDARA SYAMSUDIN
NOOR, KALIMANTAN
SELATAN

NAMA

BERLIAN PUTRA
WICAKSANA
NRP. 3115 040 631

DOSEN PEMBIMBING

Ir. RACHMAD BASUKI, MS.
NIP.19641114 198903 1 001

NAMA GAMBAR

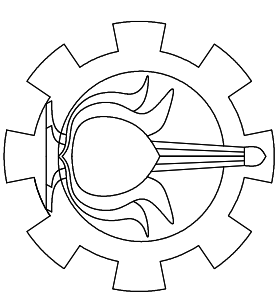
LAYOUT BANDAR UDARA
SYAMSUDIN NOOR

SKALA

1 : 2000

NO. JUMLAH

01 13



PROYEK AKHIR TERAPAN
RC096599

PERENCANAAN
PENGEMBANGAN FASILITAS
SISI UDARA (AIRSIDE)
BANDAR UDARA SYAMSUDIN
NOOR, KALIMANTAN
SELATAN

NAMA

BERLIAN PUTRA
WICAKSANA
NRP. 31115 040 631

DOSEN PEMBIMBING

Ir. RACHMAD BASUKI, MS.
NIP.19641114 198903 1 001

NAMA GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG
RUNWAY


SKALA

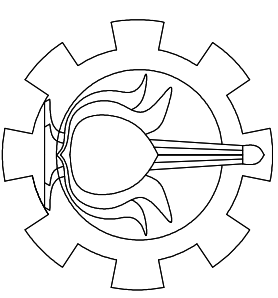
V : 1 : 1000
H : 1 : 2000

NO. JUMLAH

02 13

STA	0+000	0+500	1+000	1+500	2+000	2+200	2+500	3+000
Elevasi (m)	20.1	20.5	23.0	24.6	23.3	23.1	22.8	23.6
Jarak (m)	500	500	500	500	200	300	500	
Kemiringan (%)	0.08	0.5	0.32	-0.26	-0.04	-0.06	0.8	
Tebal Perkerasan (mm)	690	690	690	690	690	690	672	

 **POTONGAN MEMANJANG RUNWAY**
SKALA V : 1 : 1000, H : 1 : 2000



PROYEK AKHIR TERAPAN
RC096599

PERENCANAAN
PENGEMBANGAN FASILITAS
SISI UDARA (AIRSIDE)
BANDAR UDARA SYAMSUDIN
NOOR, KALIMANTAN
SELATAN

NAMA

BERLIAN PUTRA
WICAKSANA
NRP. 3115 040 631

DOSEN PEMBIMBING

Ir. RACHMAD BASUKI, MS.
NIP. 19641114 198903 1 001

NAMA GAMBAR

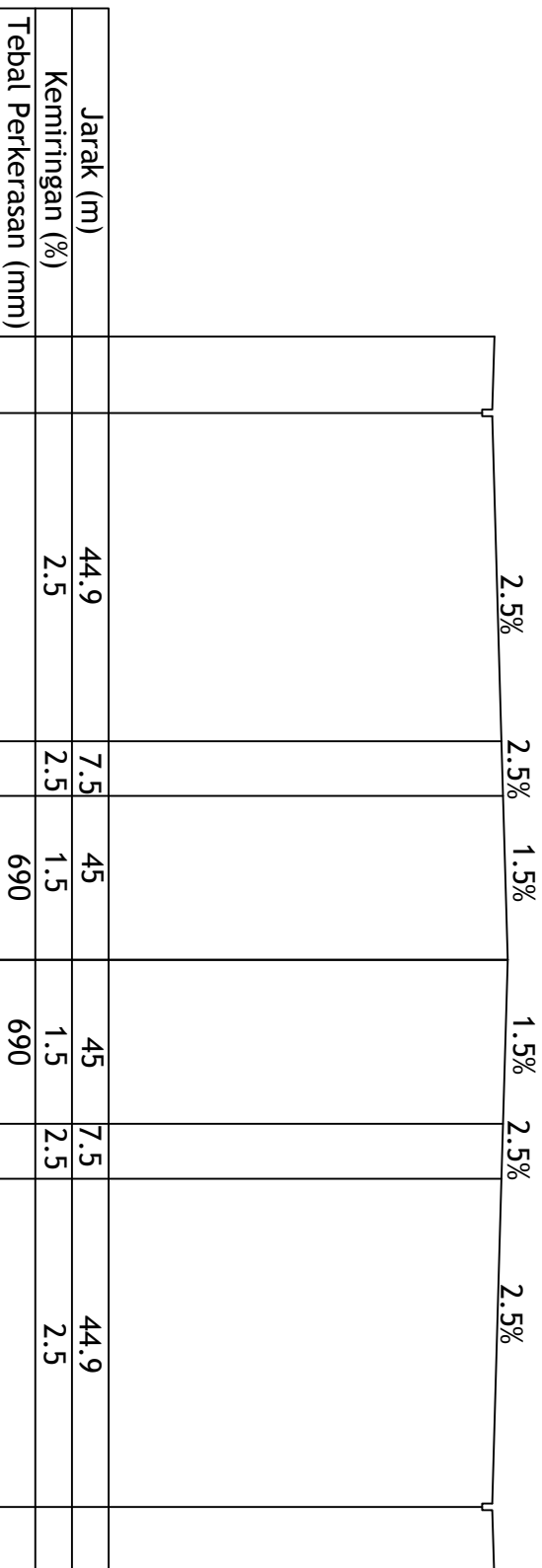
POTONGAN MELINTANG
RUNWAY

SKALA

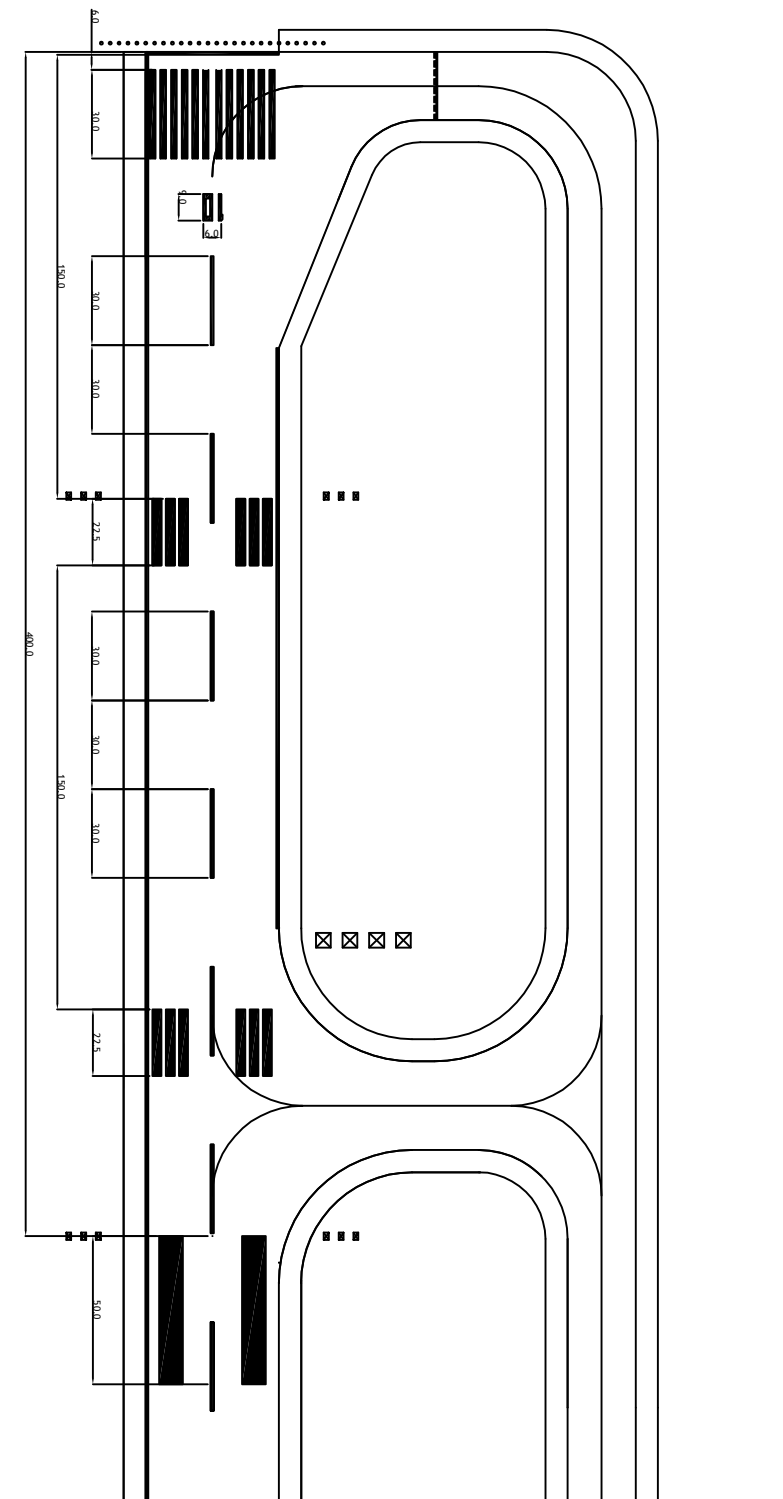
1 : 100

NO. JUMLAH

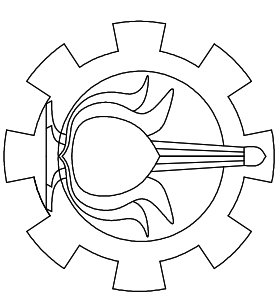
03 13



POTONGAN MELINTANG RUNWAY
SKALA 1 : 100



DETAIL MARKA RUNWAY 10
SKALA 1 : 250



PROYEK AKHIR TERAPAN
RC096599

PERENCANAAN
PENGEMBANGAN FASILITAS
SISI UDARA (AIRSIDE)
BANDAR UDARA SYAMSUDIN
NOOR, KALIMANTAN
SELATAN

NAMA

BERLIAN PUTRA
WICAKSANA
NRP. 3115 040 631

DOSEN PEMBIMBING

Ir. RACHMAD BASUKI, MS.
NIP. 19641114 198903 1 001

NAMA GAMBAR

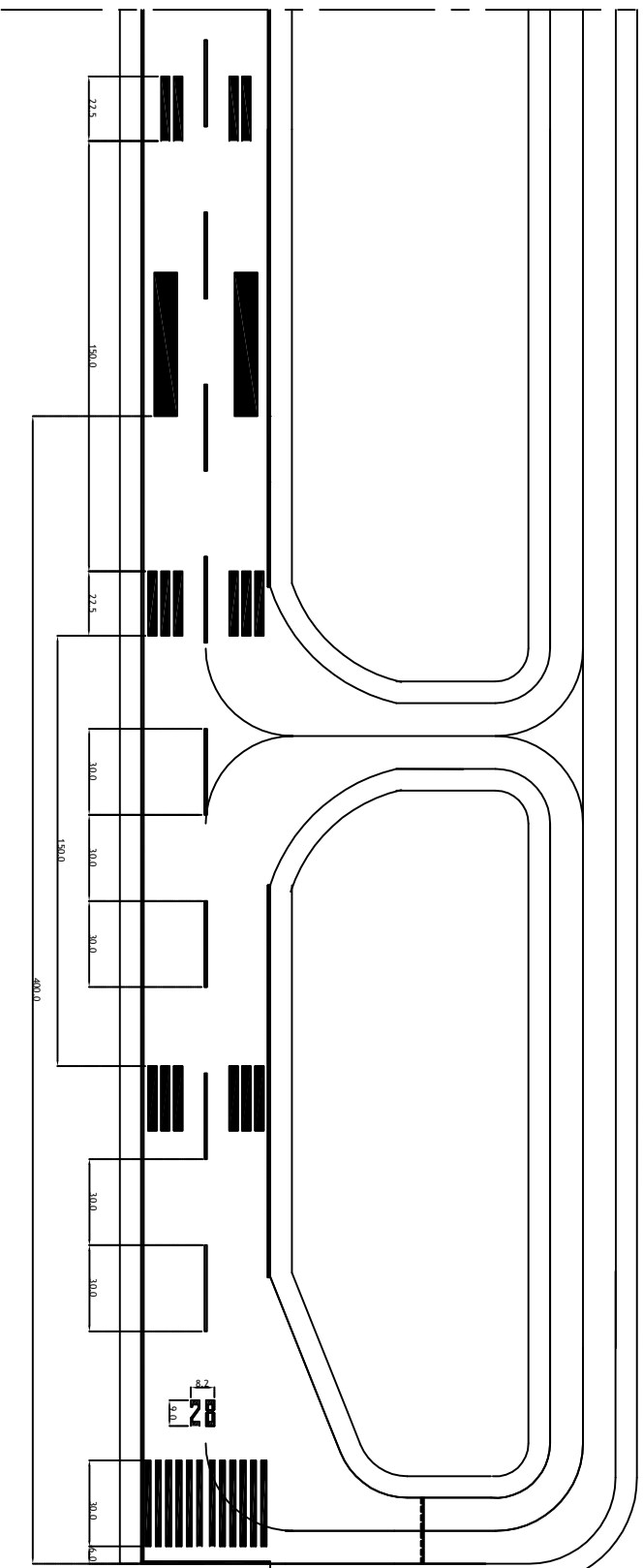
DETAIL MARKA
RUNWAY 10

SKALA

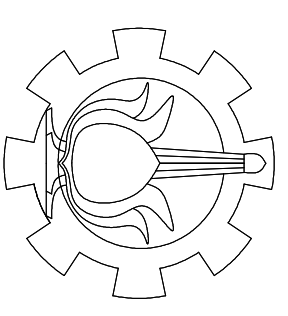
1 : 250

NO. JUMLAH

04 13



DETAIL MARKA RUNWAY 28
SKALA 1 : 250



PROYEK AKHIR TERAPAN
RC096599

PERENCANAAN
PENGEMBANGAN FASILITAS
SISI UDARA (AIRSIDE)
BANDAR UDARA SYAMSUDIN
NOOR, KALIMANTAN
SELATAN

NAMA

BERLIAN PUTRA
WICAKSANA
NRP. 3115 040 631

DOSEN PEMBIMBING

Ir. RACHMAD BASUKI, MS.
NIP.19641114 198903 1 001

NAMA GAMBAR

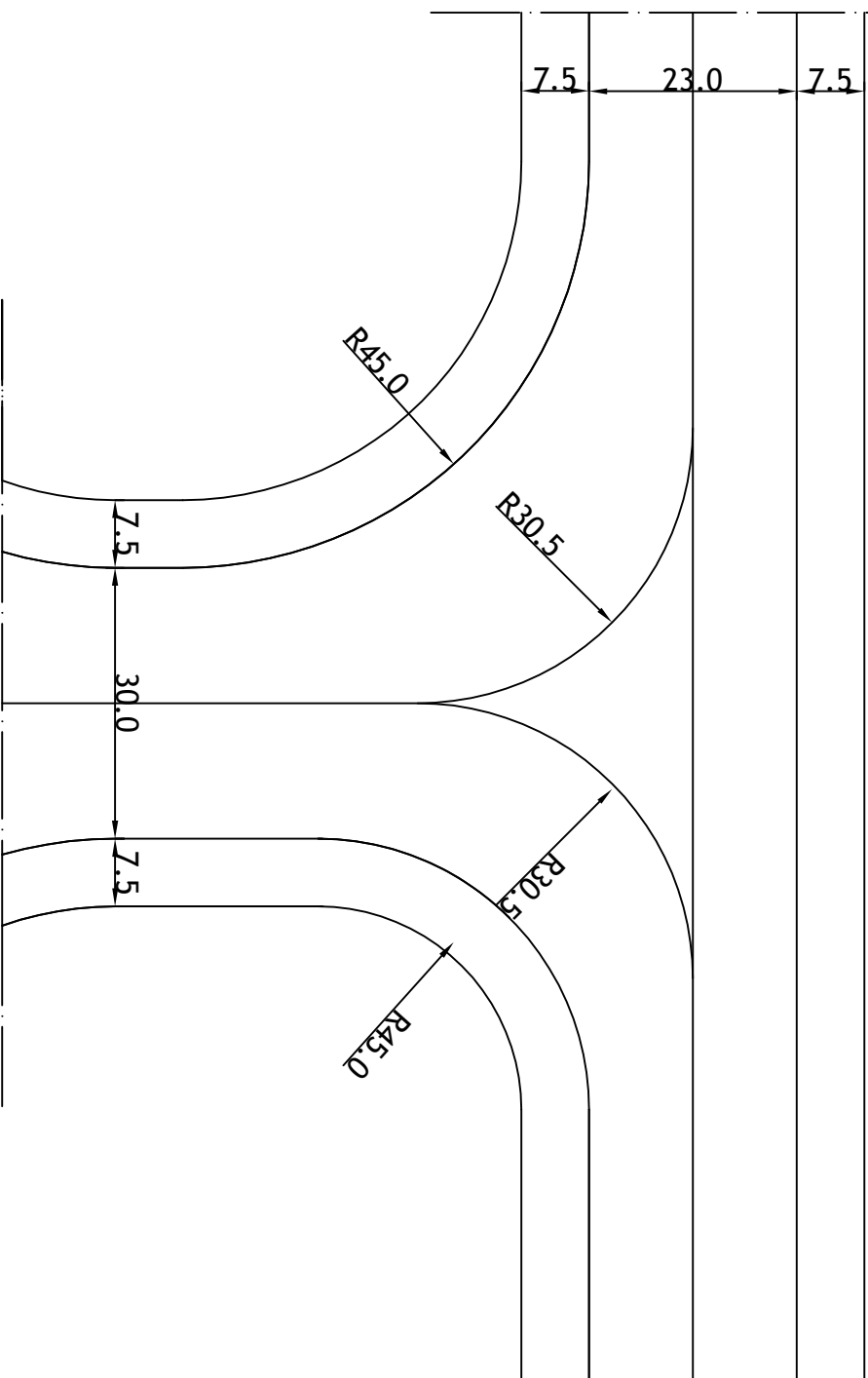
DETAIL MARKA
RUNWAY 28

SKALA

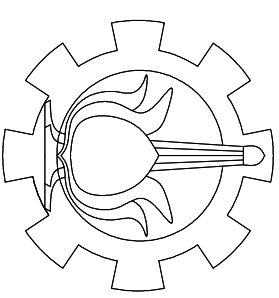
1 : 250

NO. JUMLAH

05 13



DETAIL TAXIWAY A
SKALA 1 : 80



PROYEK AKHIR TERAPAN
RC096599

PERENCANAAN
PENGEMBANGAN FASILITAS
SISI UDARA (AIRSIDE)
BANDAR UDARA SYAMSUDIN
NOOR, KALIMANTAN
SELATAN

NAMA

BERLIAN PUTRA
WICAKSANA
NRP. 3115 040 631

DOSEN PEMBIMBING

Ir. RACHMAD BASUKI, MS.
NIP. 19641114 198903 1 001

NAMA GAMBAR

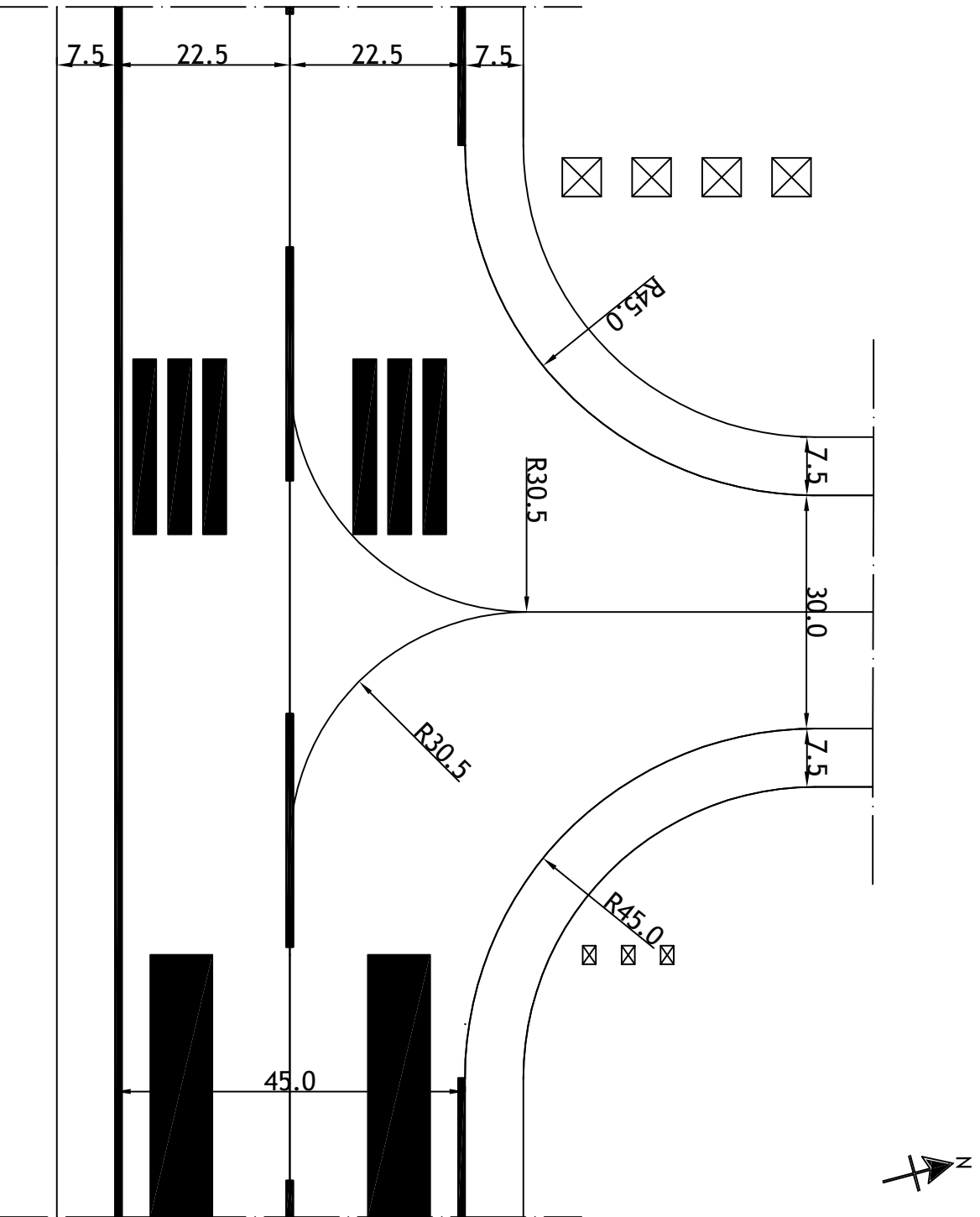
DETAIL TAXIWAY A

SKALA

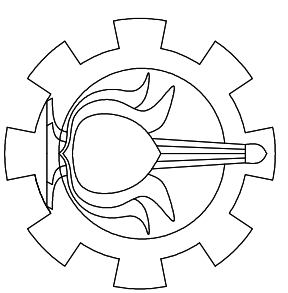
1 : 80

NO. JUMLAH

06 13



DETAIL TAXIWAY B
SKALA 1 : 80



PROYEK AKHIR TERAPAN
RC096599

PERENCANAAN
PENGEMBANGAN FASILITAS
SISI UDARA (AIRSIDE)
BANDAR UDARA SYAMSUDIN
NOOR, KALIMANTAN
SELATAN

NAMA

BERLIAN PUTRA
WICAKSANA
NRP. 3115 040 631

DOSEN PEMBIMBING

Ir. RACHMAD BASUKI, MS.
NIP. 19641114 198903 1 001

NAMA GAMBAR

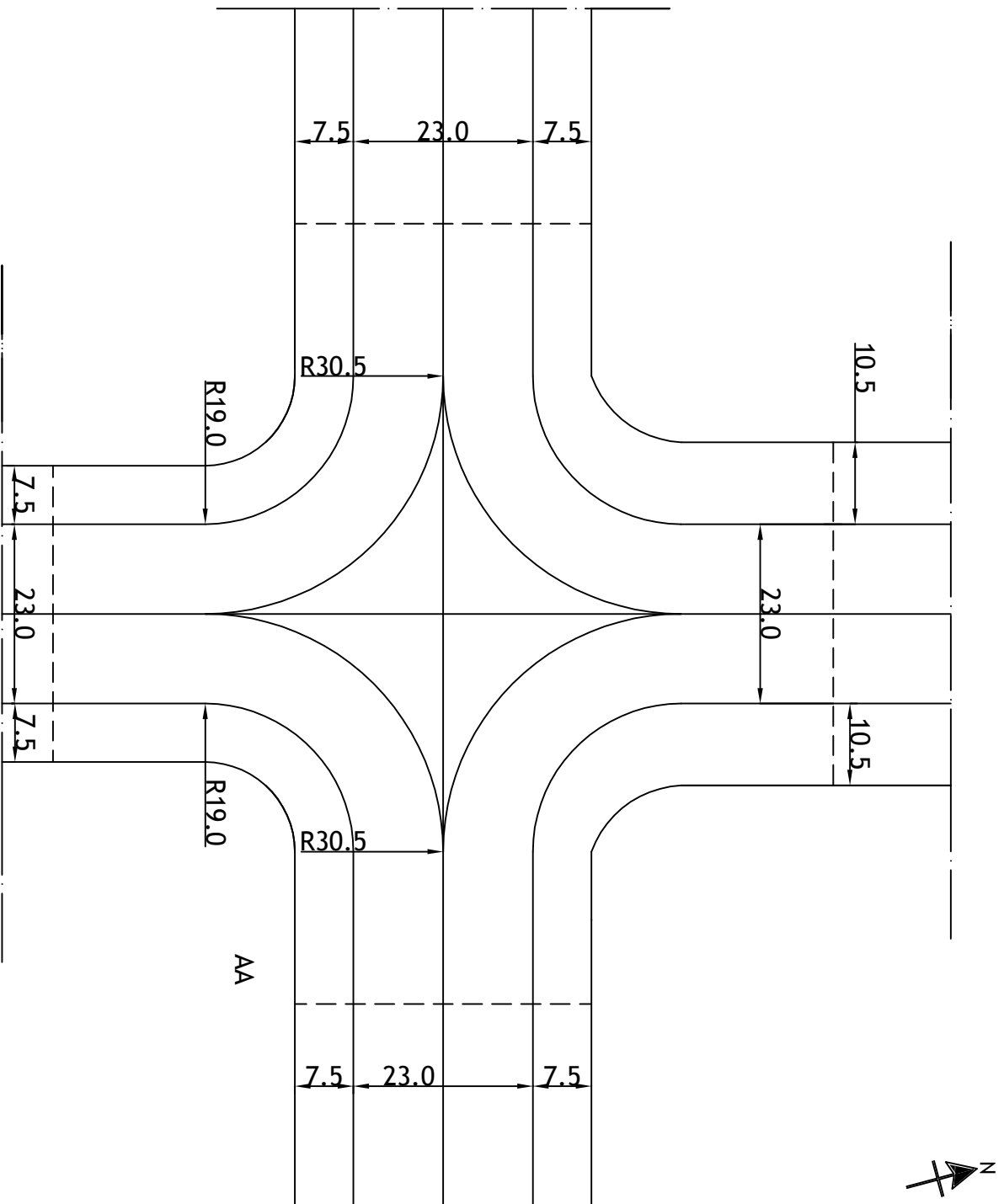
DETAIL TAXIWAY B

SKALA

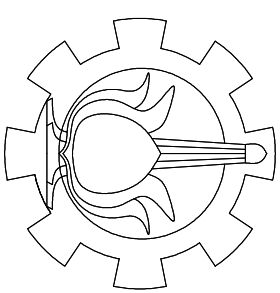
1 : 80

NO. JUMLAH

07 13



DETAIL TAXIWAY C
SKALA 1 : 80



PROYEK AKHIR TERAPAN
RC096599

PERENCANAAN
PENGEMBANGAN FASILITAS
SISI UDARA (AIRSIDE)
BANDAR UDARA SYAMSUDIN
NOOR, KALIMANTAN
SELATAN

NAMA

BERLIAN PUTRA
WICAKSANA
NRP. 3115 040 631

DOSEN PEMBIMBING

Ir. RACHMAD BASUKI, MS.
NIP. 19641114 198903 1 001

NAMA GAMBAR

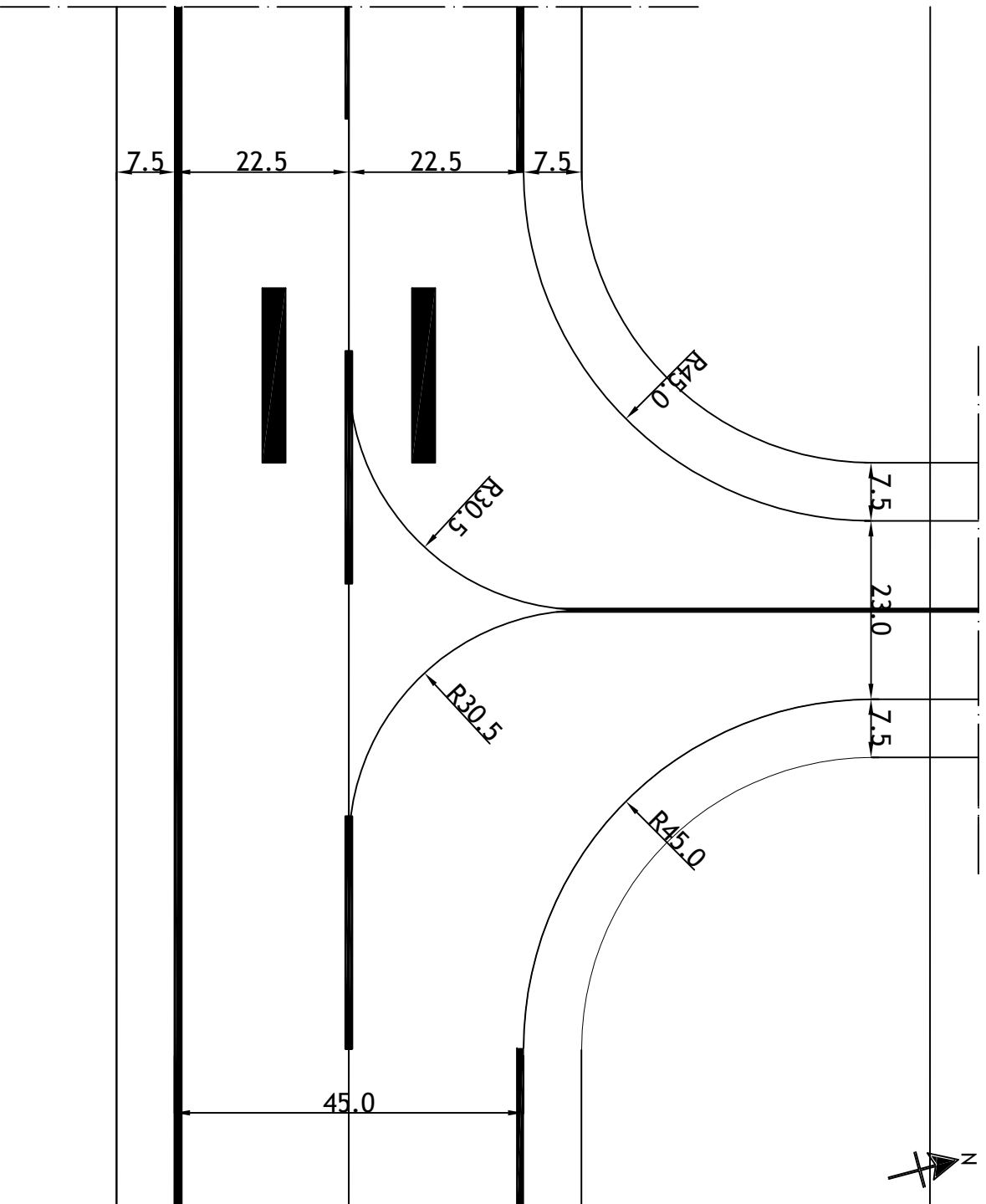
DETAIL TAXIWAY C

SKALA

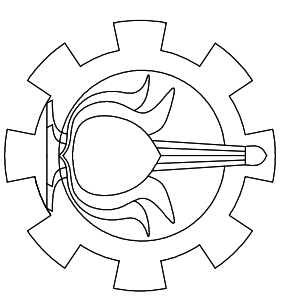
1 : 80

NO. JUMLAH

08 13



DETAIL TAXIWAY D
SKALA 1 : 80



PROYEK AKHIR TERAPAN
RC096599

PERENCANAAN
PENGEMBANGAN FASILITAS
SISI UDARA (AIRSIDE)
BANDAR UDARA SYAMSUDIN
NOOR, KALIMANTAN
SELATAN

NAMA

BERLIAN PUTRA
WICAKSANA
NRP. 3115 040 631

DOSEN PEMBIMBING

Ir. RACHMAD BASUKI, MS.
NIP. 19641114 198903 1 001

NAMA GAMBAR

DETAIL TAXIWAY D

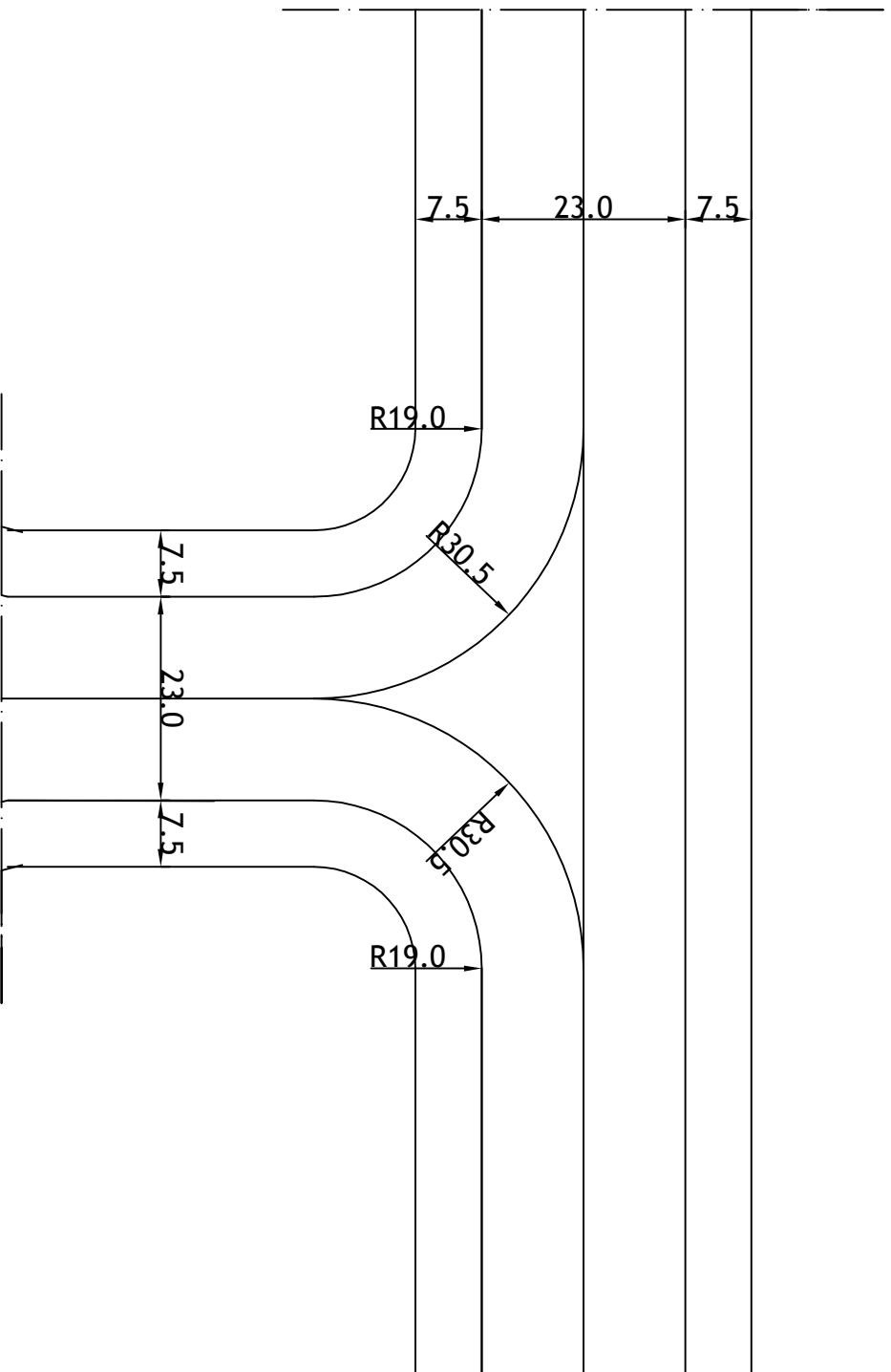
SKALA

1 : 80

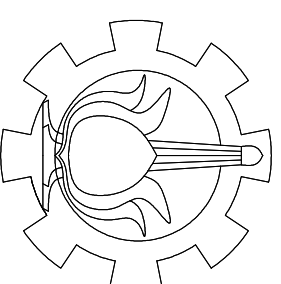
NO. JUMLAH

09

13



DETAIL TAXIWAY E
SKALA 1 : 80



PROYEK AKHIR TERAPAN
RC096599

PERENCANAAN
PENGEMBANGAN FASILITAS
SISI UDARA (AIRSIDE)
BANDAR UDARA SYAMSUDIN
NOOR, KALIMANTAN
SELATAN

NAMA

BERLIAN PUTRA
WICAKSANA
NRP. 3115 040 631

DOSEN PEMBIMBING

Ir. RACHMAD BASUKI, MS.
NIP. 19641114 198903 1 001

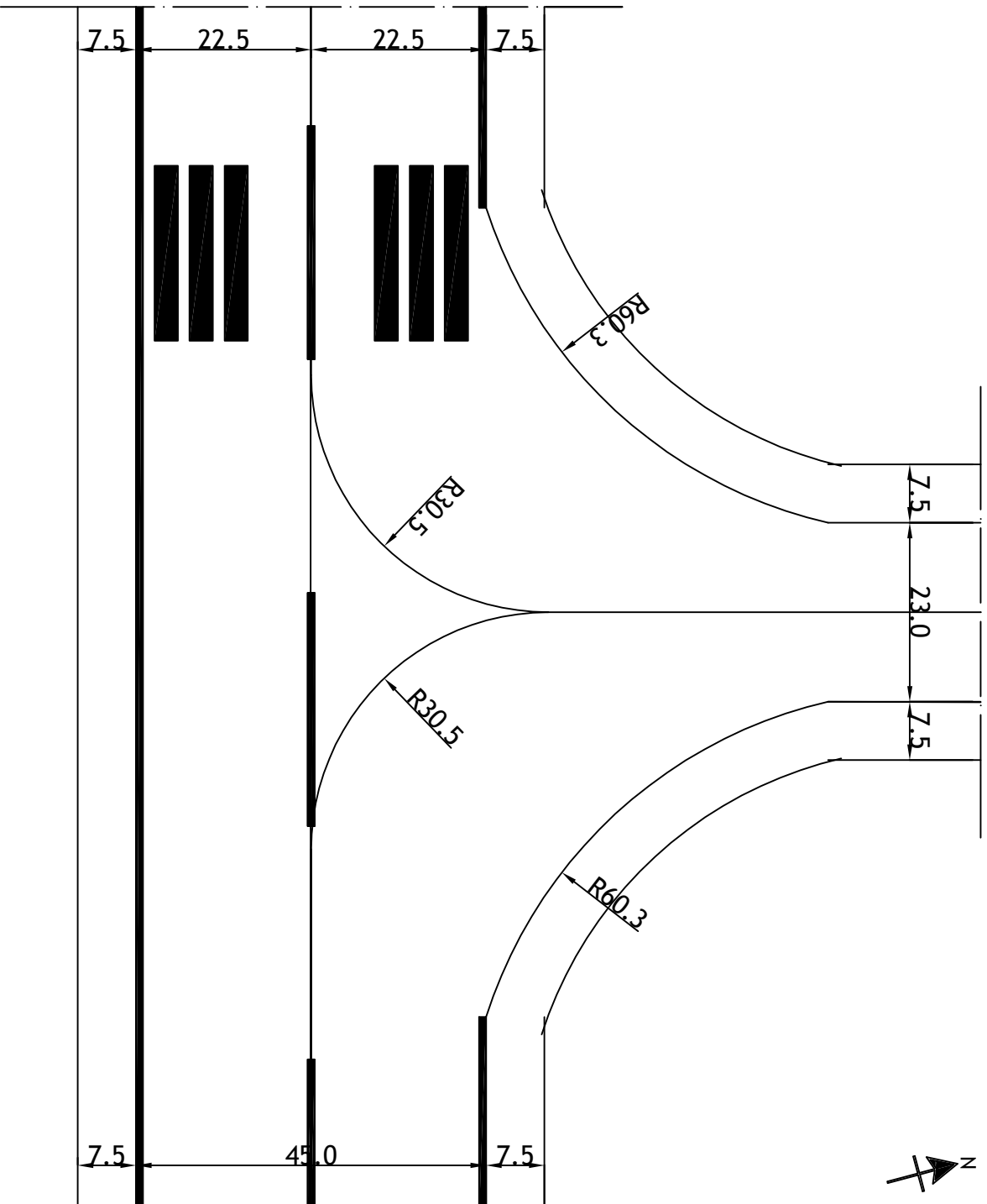
NAMA GAMBAR

DETAIL TAXIWAY E

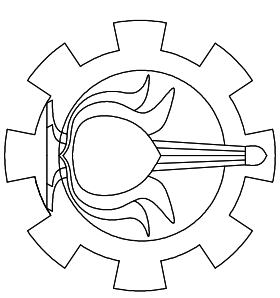
SKALA

1 : 80

NO.	JUMLAH
10	13



DETAIL TAXIWAY F
SKALA 1 : 80



PROYEK AKHIR TERAPAN
RC096599

PERENCANAAN
PENGEMBANGAN FASILITAS
SISI UDARA (AIRSIDE)
BANDAR UDARA SYAMSUDIN
NOOR, KALIMANTAN
SELATAN

NAMA

BERLIAN PUTRA
WICAKSANA
NRP. 3115 040 631

DOSEN PEMBIMBING

Ir. RACHMAD BASUKI, MS.
NIP. 19641114 198903 1 001

NAMA GAMBAR

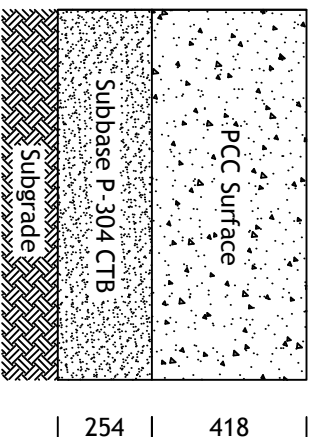
DETAIL TAXIWAY F

SKALA

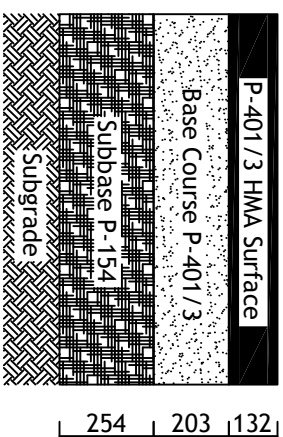
1 : 80

NO. JUMLAH

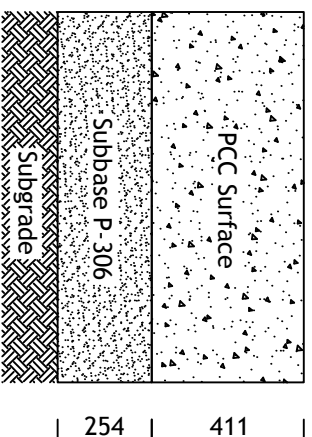
11 13



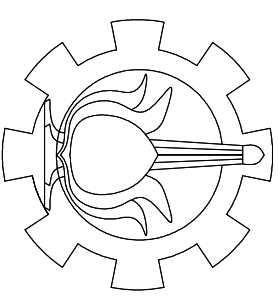
DETAIL LAPIS PERKERASAN TAXIWAY A, B, C, D, E, F
SKALA 1 : 20



DETAIL LAPIS PERKERASAN RUNWAY BARU
SKALA 1 : 20



DETAIL LAPIS PERKERASAN APRON TIMUR
SKALA 1 : 20



PROYEK AKHIR TERAPAN
RC096599

PERENCANAAN
PENGEMBANGAN FASILITAS
SISI UDARA (AIRSIDE)
BANDAR UDARA SYAMSUDIN
NOOR, KALIMANTAN
SELATAN

NAMA

BERLIAN PUTRA
WICAKSANA
NRP. 3115 040 631

DOSEN PEMBIMBING

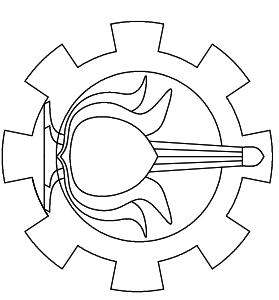
Ir. RACHMAD BASUKI, MS.
NIP. 19641114 198903 1 001

NAMA GAMBAR

DETAIL LAPIS
PERKERASAN

SKALA

NO.	JUMLAH
12	13



PROYEK AKHIR TERAPAN
RC096599

PERENCANAAN
PENGEMBANGAN FASILITAS
SISI UDARA (AIRSIDE)
BANDAR UDARA SYAMSUDIN
NOOR, KALIMANTAN
SELATAN

NAMA

BERLIAN PUTRA
WICAKSANA
NRP. 31115 040 631

DOSEN PEMBIMBING

Ir. RACHMAD BASUKI, MS.
NIP.19641114 198903 1 001

NAMA GAMBAR

POTONGAN MELINTANG DRAINASE
SEGMENT 1,2,3,4,5,6

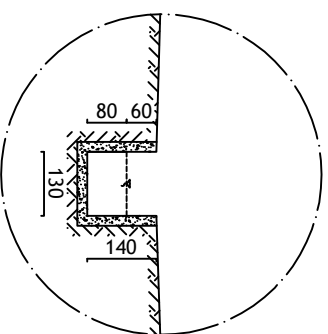
SKALA

1 : 15

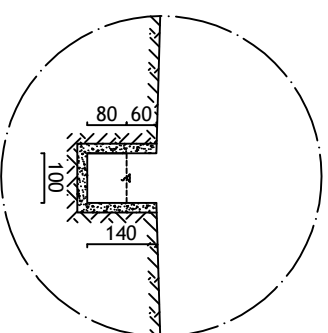
NO. JUMLAH

13

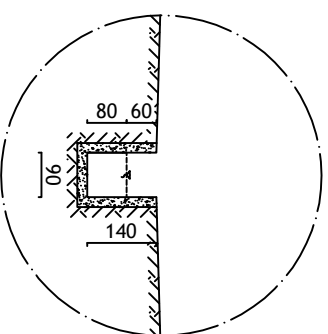
13



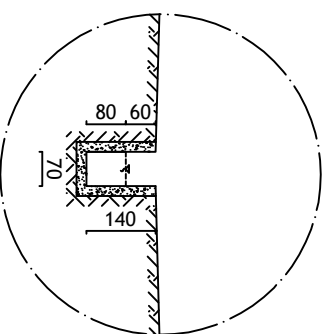
POTONGAN MELINTANG SEGMENT 1
SKALA 1 : 15



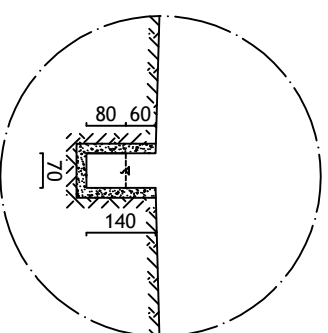
POTONGAN MELINTANG SEGMENT 2
SKALA 1 : 15



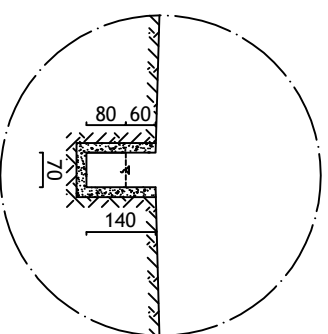
POTONGAN MELINTANG SEGMENT 3
SKALA 1 : 15



POTONGAN MELINTANG SEGMENT 4
SKALA 1 : 15



POTONGAN MELINTANG SEGMENT 5
SKALA 1 : 15



POTONGAN MELINTANG SEGMENT 6
SKALA 1 : 15

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Berlian Putra Wicaksana. Lahir di Yogyakarta pada tanggal 12 Januari 1994. Anak pertama dari 2 bersaudara. Pendidikan formal yang ditempuh antara lain :

Sekolah Dasar Negeri VI Wonosari, Sekolah Menengah Pertama Negeri 1 Wonosari, Sekolah Menengah Atas Negeri 1 Wonosari dan tamat

tahun 2012. Penulis melanjutkan studi di D-III Teknik Sipil, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada dan tamat tahun 2015. Tahun 2016 penulis melanjutkan studi di Program D-IV Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipil FTSP Institut Teknologi Sepuluh Nopember terdaftar dengan NRP. 3115 040 631.

Penulis mengambil topik Proyek Akhir Terapan pada Bidang Studi Transportasi Udara. Apabila pembaca ingin berkorespondensi dengan penulis, dapat melalui email : *berlianpw@gmail.com*.