

SKRIPSI

**ANALISIS PENAMBAHAN PANJANG DAN TEBAL OVERLAY LANDASAN PACU
MENGUNAKAN METODE FAA BERDASARKAN PROYEKSI PENERBANGAN
PADA BANDARA TJILIK RIWUT PALANGKA RAYA**

Oleh :

PUTRI MUTMAINAH
NIM. DAB 116 069



JURUSAN / PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA
PALANGKA RAYA
2022

**ANALISIS PENAMBAHAN PANJANG DAN TEBAL OVERLAY
LANDASAN PACU MENGGUNAKAN METODE FAA BERDASARKAN
PROYEKSI PENERBANGAN PADA BANDARA TJILIK RIWUT
PALANGKA RAYA**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Program Strata-1 pada Jurusan/program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya


Oleh :

PUTRI MUTMAINAH


NIM. DAB 116 069

**Disetujui sesuai dengan revisi dalam Form Rekomendasi
Dan Berita Acara Ujian Skripsi**

Ketua Penguji/Penguji 1


(MURNIATI, S.T., M.T.)
NIP. 197601112005012002

Sekretaris/Penguji 2


(ROBBY, S.T., M.T.)
NIP. 197303261999031003

Mengetahui,
Jurusan/Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya

Ketua,


(Dr. RUDI WALUYO, S.T., M.T.)
NIP. 19780608 200501 1 003

**ANALISIS PENAMBAHAN PANJANG DAN TEBAL OVERLAY LANDASAN PACU
MENGUNAKAN METODE FAA BERDASARKAN PROYEKSI PENERBANGAN
PADA BANDARA TJILIK RIWUT PALANGKA RAYA**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Program Strata-1 pada Jurusan/Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya

Oleh :

PUTRI MUTMAINAH
NIM. DAB 116 069

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji, pada:

Hari/Tanggal : Kamis / 28 Juli 2022
Waktu : 13.00 – 15.00 WIB
Tempat : Ruang Audiovisual (offline)

Tim Penguji :

1. **MURNIATI, S.T., M.T.**
NIP. 197601112005012002
2. **ROBBY, S.T., M.T.**
NIP. 197303261999031003
3. **DEVIA, S.T., M.T.**
NIP. 199012312018032001
4. **INA ELVINA, S.T., M.T.**
NIP. 197708162008122001

..... (Pembimbing Utama/Ketua Penguji)
..... (Pembimbing Pendamping/Sekretaris)
..... (Penguji 3)
..... (Penguji 4)

Mengetahui:

Fakultas Teknik
Universitas Palangka Raya
Dekan

Ir. WALUYO NUSWANTORO, M.T.
NIP. 196311191993021001

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya
Ketua,

Dr. RUDI WALUYO, S.T., M.T.
NIP. 197806082005011003

BIODATA MAHASISWA

Data Pribadi

Nama : Putri Mutmainah
NIM : DAB 116 069
Tempat, Tanggal lahir : Palangka Raya, 1 Juni 1998
Status : Aktif
Agama : Islam
Pekerjaan : Mahasiswa
Alamat di Palangka Raya : Jl. Panenga IV No. 03
No. Telp Rumah : -
Alamat Asal : Jl. Panenga IV No. 03
Email : putrimutmainah748494@gmail.com
No Hp : 082351307132
No Wa : 082351307132
Facebook : Putri Mutmainah
Instagram : -
Line : -
Nama Ayah : Madie
Pekerjaan Ayah : PNS
Alamat : Jl. Panenga IV No. 03
No. Hp : 082150248980
Nama Ibu : Endang Sumarni
Pekerjaan Ibu : Ibu Rumah Tangga
Alamat : Jl. Panenga IV No. 03
No. Hp : 081253295518
Wali : -



Riwayat Pendidikan*)

- TK : RA Panenga Raya (2003-2004)
- SD : SDN 3 Kereng Bangkirai (2004-2010)
- SLTP : MTsN 1 Model Palangka Raya (2010-2013)
- SLTA : SMAN 2 Palangka Raya (2013-2016)
- Mulai mengikuti perkuliahan Program Strata-1 pada Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Universitas Palangka Raya bulan September 2016.

LEMBAR PERSEMBAHAN

Puji Syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan kesehatan, rahmat dan hidayah-Nya, sehingga saya masih diberikan kesempatan untuk menyelesaikan skripsi ini, sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar kesarjanaan. Walaupun jauh dari kata sempurna, namun diri ini bangga telah mencapai titik ini, yang akhirnya skripsi ini bisa selesai dengan baik.

Sebuah karya ini saya persembahkan sebagai hasil dari penantian perjalanan panjang atas proses belajar, buat saya dan orang-orang yang saya sayang. Puji syukur kepadaMu ya Allah atas segala yang telah Kau berikan kepadaku.

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

-) Orang tua tersayang, Abah dan Mama, yang telah memberikan dukungan serta do'a yang tiada henti untuk cita-cita dan masa depan saya, karena tiada kata seindah lantunan do'a dan tiada do'a yang paling khusyuk selain do'a yang terucap dari orang tua. Terima kasih atas doa, semangat, motivasi, pengorbanan, nasehat serta kasih sayang yang tidak pernah henti sampai saat ini. Ucapan terimakasih saja takkan pernah cukup untuk membalas kebaikan orang tua.
-) Kedua adik terkasih (Aida Amelia dan Anisa Vira), adikku Rahmah Oetami Ramadhani yang juga selalu mendoakan dan mendukung serta selalu ada dalam keadaan apapun, semoga kelak kalian juga bisa meraih impian kalian, serta untuk seluruh keluarga besar yang telah memberikan *support* dan do'a demi kelancaran proses Skripsi ini.
-) Bapak dan Ibu Dosen Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya, yang telah memberikan ilmu dan bimbingannya selama saya menjadi mahasiswa Teknik Sipil UPR. Terima kasih kepada Dosen Pembimbing Akademik saya Ibu Veronika Happy P., untuk bimbingan, saran, dan motivasi selama menjalani perkuliahan. Terima kasih juga saya ucapkan kepada dosen pembimbing Skripsi saya Ibu Murniati, S.T., M.T. dan Bapak Robby, S.T., M.T. serta dosen penguji Skripsi saya Ibu Devia, S.T., M.T. dan Ibu Ina Elvina, S.T., M.T. yang selama ini telah tulus dan ikhlas meluangkan waktunya untuk menuntun dan mengarahkan saya, memberikan bimbingan dan pelajaran yang tiada ternilai harganya agar saya menjadi lebih baik, dan membimbing dari awal mulai pemilihan tema

penelitian hingga saya telah dinyatakan lulus. Terima kasih banyak Bapak dan Ibu dosen, jasa kalian akan selalu terpatrit di hati.

) Sahabat dan teman-teman angkatan Teknik Sipil 2016, Rizky Feronica Madya Elisa Tion, Nitta Rahayu, Agnes Novita Sari, Ayub Wanasetya, Christian Cornelio Wijaya, Andre Krisdiantoe, dan masih banyak yang tidak bisa saya sebutkan satu-satu, kalian memang yang terbaik. Tanpa semangat, dukungan dan bantuan kalian semua takkan mungkin aku sampai di sini. Terima kasih untuk canda tawa, tangis, dan perjuangan yang kita lewati bersama.

) Teman-temanku Fariza Dwi Cahaya, Made Vasundhari Putri Gayatri, Candra Puspa Dewi, Yonathan Vari, teman-teman di NCK9, Sischa Ayu Priscilla, Ita Larasari, Heny Mulyani, yang selalu memberikan semangat. Terima kasih atas *support* dan kebersamaannya selama ini.

) Diri sendiri yang mau dan mampu bertahan, berjuang, berusaha sekuat yang saya bisa, serta tidak menyerah walau banyak rintangan yang datang. Terima kasih karena sudah bertahan untuk tetap kuat sampai detik ini.

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sungguh bahwa Skripsi saya belum pernah dipakai sebelumnya untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi manapun. Segala kutipan dan pikiran dari berbagai sumber telah diungkapkan sebagaimana disebutkan lengkap dalam daftar pustaka. Apabila kemudian hari ternyata pernyataan saya ini tidak benar, maka saya bersedia menerima segala konsekuensi akibat keetidakbenaran pernyataan saya.

Palangka Raya, Juli 2022

Yang membuat pernyataan,

PUTRI MUTMAINAH

NIM. DAB 116 069

RINGKASAN

ANALISIS PENAMBAHAN PANJANG DAN TEBAL *OVERLAY* LANDASAN PACU MENGGUNAKAN METODE FAA BERDASARKAN PROYEKSI PENERBANGAN PADA BANDARA TJILIK RIWUT PALANGKA RAYA, Putri Mutmainah, DAB 116 069, Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.

Saat ini pesawat terbesar yang beroperasi di landasan pacu yakni pesawat B737-900ER lebih besar dari pesawat rencana A320-200 dengan panjang landasan 2.500 m. Selain itu kondisi perkerasan landasan pacu yang sudah mengalami kerusakan di beberapa titik menjadi pertimbangan pengelola bandara untuk dilakukan perbaikan landasan pacu Bandara Tjilik Riwut dengan *overlay*.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kebutuhan penambahan panjang landasan pacu dan ketebalan *overlay* landasan pacu di Bandara Tjilik Riwut yang memenuhi persyaratan untuk dapat mengakomodasi pesawat dengan aman sesuai metode FAA. Analisis penambahan panjang landasan pacu mengacu pada FAA AC 150/5325-4B menggunakan grafik, dan analisis penambahan tebal *overlay* landasan pacu mengacu pada AC 150/5325-6F menggunakan perangkat lunak FAARFIELD.

Berdasarkan analisis diperoleh hasil bahwa diperlukan penambahan panjang landasan pacu sebesar 400 m agar pesawat dapat *landing* dan *take off* dengan aman pada kondisi MTOW. Selain itu diperlukan penambahan tebal *overlay* landasan pacu sebesar 100 mm pada arah *runway* 16 dan 130 mm pada arah *runway* 34.

Kata kunci: bandara, perpanjangan landasan pacu, *overlay*, metode FAA, FAARFIELD

SUMMARY

RUNWAY EXTENSION AND OVERLAY THICKNESS ANALYSIS USING FAA METHOD BASED ON FLIGHT TREND AT TJILIK RIWUT AIRPORT PALANGKA RAYA, Putri Mutmainah, DAB 116 069, Civil Engineering Department, Faculty of Technique Palangka Raya University.

Tjilik Riwut Airport serves B737-900ER, the biggest airplane at Tjilik Riwut Airport, and is bigger than the designed airplane A320-200 with runway length 2.500 m. Besides, the surface condition of runway pavement is suffering from damage at some point. Therefore, the airport management consider to maintain the runway pavement with overlay.

The purpose of this research was to analyze the need of runway extension and overlay thickness at Tjilik Riwut Airport that requires to accomodate airplane safely based on FAA method. Runway extension analysis used the guideline in AC 150/5325-4B and runway overlay thickness analysis used the guideline in AC 150/5325-6F by FAARFIELD software.

Based on the research, it is found that the runway need to be extended 400 m to accomodate B737-900ER in MTOW safely. Besides, the overlay of runway is need to be thicken 100 mm for runway 16 and 130 mm for runway 34.

Keyword: *airport, runway extension, overlay, FAA method, FAARFIELD*

KATA PENGANTAR

Segala bentuk puji dan syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas segala berkat, karunia dan anugerah-Nya sehingga penyusunan Skripsi ini dapat diselesaikan.

Skripsi dengan Judul **“ANALISIS PENAMBAHAN PANJANG DAN TEBAL OVERLAY LANDASAN PACU MENGGUNAKAN METODE FAA BERDASARKAN PROYEKSI PENERBANGAN PADA BANDARA TJILIK RIWUT PALANGKA RAYA”** ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Studi Program Strata –1 pada Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.

Pada kesempatan ini tidak lupa diucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Skripsi ini :

1. Bapak Ir. Waluyo Nuswantoro, M.T.selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
2. Ibu Frieda, S.T., M.T. selaku Wakil Dekan Bidang Akademik Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
3. Bapak Dr. Sutan Parasian Silitonga, S.TP., S.T., M.T. selaku Wakil Dekan Bidang Umum dan Keuangan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
4. Bapak Dr. Deddy Nan Setya Putra Tanggara, S.T., M.T. selaku Wakil Dekan Bidang Kemahasiswaan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.

5. Bapak Dr. Rudi Waluyo, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Universitas Palangka Raya.
6. Ibu Veronika Happy P., S.T., M.T. selaku Sekretaris Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Universitas Palangka Raya sekaligus selaku Dosen Pembimbing Akademik.
7. Ibu Murniati, S.T., M.T. selaku Dosen Ketua Penguji/Penguji I Skripsi.
8. Bapak Robby, S.T., M.T. selaku Dosen Sekretaris/Penguji II Skripsi.
9. Ibu Devia, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji III Skripsi.
10. Ibu Ina Elvina, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji IV Skripsi.
11. Seluruh Dosen Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Universitas Palangka Raya.
12. Staff Tata Usaha Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
13. Rekan-rekan Mahasiswa Fakultas Teknik dan semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung membantu dalam penyusunan Skripsi ini.

Akhir kata dengan segala kerendahan hati serta menyadari akan segala kekurangan dalam penyajian Skripsi ini, sehingga segala bentuk tanggapan, kritikan dan saran-saran yang bersifat membangun dan ikut memajukan sangat diharapkan sebesar-besarnya dari berbagai pihak demi tercapainya tujuan dan substansi yang diinginkan dalam penyusunan Skripsi ini ke depannya. Terima kasih.

Palangka Raya, Juli 2022

PUTRI MUTMAINAH
DAB 116 069

DAFTAR ISI

	Halaman
HA LAMAN PERSETUJUAN	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
BIODATA PENULIS	iii
LEMBAR PERSEMBAHAN	iv
SURAT PERNYATAAN	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Lokasi Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Bandar Udara	5
2.2 Landasan Pacu (<i>Runway</i>)	5
2.3 Panjang Landasan Pacu	8
2.3.1 Dasar Perhitungan Panjang Landasan Pacu	9
2.3.2 Faktor yang Mempengaruhi Panjang Landasan Pacu	10
2.4 <i>Overlay</i> Landasan Pacu	11
2.4.1 Dasar Perhitungan Tebal <i>Overlay</i> Landasan Pacu	12
2.4.2 Faktor yang Mempengaruhi Tebal <i>Overlay</i> Landasan Pacu	13
2.5 Metode Peramalan dengan Analisa Regresi	14
2.5.1 Model Regresi Linear	16
2.5.2 Model Regresi Non-Linear	17
2.6 Metode <i>Federal Aviation Administration</i> (FAA)	19
2.6.1 Metode FAA untuk Panjang Landasan Pacu	19
2.6.2 Metode FAA untuk Tebal <i>Overlay</i> Landasan Pacu	30
2.7 Penelitian Terdahulu	32

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tahap Persiapan.....	35
3.2 Pengumpulan Data Penelitian.....	36
3.3 Tahap Analisis	37
3.4 Bagan Alir Penelitian	38

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian	40
4.2 Data Perkerasan	42
4.2.1 Nilai CBR Tanah Dasar	42
4.2.2 Tebal Perkerasan Eksisting.....	42
4.3 Temperatur Udara.....	44
4.4 Data Lalu Lintas Udara	44
4.5 Pengolahan Data Pergerakan Pesawat Untuk Peramalan.....	46
4.5.1 Model Regresi Linear	46
4.5.2 Model Regresi Parabola.....	48
4.5.3 Model Regresi Eksponensial	50
4.5.4 Model Regresi Geometrik.....	52
4.5.5 Pemilihan Model Regresi	54
4.6 Analisis Penambahan Panjang Landasan Pacu.....	56
4.6.1 Panjang Landasan Pacu Kondisi <i>Landing</i>	58
4.6.2 Panjang Landasan Pacu Kondisi <i>Take Off</i>	60
4.6.3 Panjang Landasan Pacu yang Dibutuhkan.....	61
4.7 Analisis Tebal <i>Overlay</i> Landasan Pacu.....	62

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	67
5.2 Saran	67

DAFTAR PUSTAKA LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 ARFL Pesawat Terbang	9
Tabel 2.2 Kelompok Pesawat Berdasarkan MTOW untuk Kebutuhan Panjang Landasan Pacu	20
Tabel 2.3 Pesawat yang Menggunakan 100% Armada	25
Tabel 4.1 Data dan Informasi Bandara Tjilik Riwut	40
Tabel 4.2 Kondisi Eksisting <i>Runway</i> Bandara Tjilik Riwut	41
Tabel 4.3 Tebal Perkerasan Eksisting pada Landasan Pacu 16-34	42
Tabel 4.4 Suhu Harian Rata-rata Bulan Terpanas Tahun 2015-2020 Bandara Tjilik Riwut	44
Tabel 4.5 Suhu Maksimum Harian Rata-rata Bulan Mei Tahun 2015-2020 Bandara Tjilik Riwut	44
Tabel 4.6 Pergerakan Pesawat untuk Penerbangan Terjadwal (<i>Scheduled Flights</i>) di Bandara Tjilik Riwut Tahun 2018	45
Tabel 4.7 Pergerakan Pesawat di Bandara Tjilik Riwut Tahun 2008-2019	45
Tabel 4.8 Perhitungan Awal Sebelum Peramalan dengan Model Regresi Linear	47
Tabel 4.9 Perhitungan Tingkat Kesalahan Hasil Peramalan dengan Model Regresi Linear	48
Tabel 4.10 Perhitungan Awal Sebelum Peramalan dengan Model Regresi Parabola	49
Tabel 4.11 Perhitungan Tingkat Kesalahan Hasil Peramalan dengan Model Regresi Parabola	50
Tabel 4.12 Perhitungan Awal Sebelum Peramalan dengan Model Regresi Eksponensial	51
Tabel 4.13 Perhitungan Tingkat Kesalahan Hasil Peramalan dengan Model Regresi Eksponensial	52
Tabel 4.14 Perhitungan Awal Sebelum Peramalan dengan Model Regresi Geometrik	53
Tabel 4.15 Perhitungan Tingkat Kesalahan Hasil Peramalan dengan Model Regresi Geometrik	54
Tabel 4.16 Hasil Perhitungan Nilai MAD dan MSE	54
Tabel 4.17 Hasil Perhitungan Peramalan Pertumbuhan Pesawat Tahunan	56
Tabel 4.18 ARFL Pesawat Pesawat untuk Penerbangan Terjadwal (<i>Scheduled Flights</i>) di Bandara Tjilik Riwut	57
Tabel 4.19 Hasil Analisis Panjang Landasan Pacu	61
Tabel 4.20 <i>Input</i> Data Pesawat	62
Tabel 4.21 <i>Input</i> Data Perkerasan	63

DAFTAR GAMBAR

		Halaman
Gambar 1.1	Lokasi Penelitian.....	4
Gambar 2.1	Tipe <i>Overlay</i>	12
Gambar 2.2	Panjang Landasan Pacu untuk Pesawat Kecil dengan MTOW 12,500 pounds (5.670 kg) dan Jumlah Tempat Duduk Penumpang 10 (Tidak Termasuk Pilot dan Co-Pilot)	22
Gambar 2.3	Panjang Landasan Pacu untuk Pesawat Kecil dengan MTOW 12,500 pounds (5.670 kg) dan Jumlah Tempat Duduk Penumpang < 10 (Tidak Termasuk Pilot dan Co-Pilot)	23
Gambar 2.4	Panjang Landasan Pacu untuk Pesawat pada 75% <i>of fleet</i> dengan 12,500 pounds (5.670 kg) < MTOW 60,000 pounds (27.200 kg).....	24
Gambar 2.5	Panjang Landasan Pacu untuk Pesawat pada 100% <i>of fleet</i> dengan 12,500 pounds (5.670 kg) < MTOW 60,000 pounds (27.200 kg)	25
Gambar 2.6	Panjang Landasan Pacu untuk Kondisi <i>Landing</i> pada Pesawat B737-900ER	26
Gambar 2.7	Panjang Landasan Pacu untuk Kondisi <i>Take Off</i> pada STD (59° F) dan Permukaan Landasan Kering (<i>Dry Runway</i>) Pesawat B737-900ER.....	27
Gambar 2.8	Panjang Landasan Pacu untuk Kondisi <i>Take Off</i> pada STD + 27° F dan Permukaan Landasan Kering (<i>Dry Runway</i>) Pesawat B737-900ER.....	28
Gambar 2.9	Panjang Landasan Pacu untuk Kondisi <i>Take Off</i> pada STD + 45° F dan Permukaan Landasan Kering (<i>Dry Runway</i>) Pesawat B737-900ER.....	29
Gambar 2.10	Tampilan <i>Airplane Window</i> Program FAARFIELD	31
Gambar 2.11	Tampilan <i>Structure Window</i> Program FAARFIELD	32
Gambar 3.1	Bagan Alir Penelitian	39
Gambar 4.1	Arah <i>Runway</i> 34 yang Dapat Dikembangkan	41
Gambar 4.2	Struktur Perkerasan <i>Overlay</i> Tahun 2008	43
Gambar 4.3	Retak dan Deformasi pada Permukaan Landasan Pacu	43
Gambar 4.4	Grafik Data Aktual dan Hasil Regresi Jumlah Pergerakan Pesawat	55
Gambar 4.5	Grafik Panjang Landasan Pacu untuk Kondisi <i>Landing</i> pada Pesawat B737-900ER.....	58
Gambar 4.6	Grafik Panjang Landasan Pacu untuk Kondisi <i>Take Off</i> pada Pesawat B737-900ER.....	60
Gambar 4.7	Tampilan Beban Lalu Lintas Pesawat yang Beroperasi	62
Gambar 4.8	Tampilan Eksisting Lapisan Perkerasan <i>Runway</i> 16.....	64
Gambar 4.9	Tampilan Eksisting Lapisan Perkerasan <i>Runway</i> 34.....	64
Gambar 4.10	Tampilan Hasil Analisis Tebal <i>Overlay Runway</i> 16	65
Gambar 4.11	Tampilan Hasil Analisis Tebal <i>Overlay Runway</i> 34	65

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bandar udara merupakan prasarana penting dalam kegiatan transportasi udara. Bagi Indonesia yang merupakan negara kepulauan, transportasi udara sangat berperan bagi kelancaran aktivitas penduduknya. Begitu pula halnya dengan sarana transportasi udara yang akan ditinjau, Bandara Tjilik Riwut Palangka Raya. Bandara ini berlokasi di ibu kota Provinsi Kalimantan Tengah, Palangka Raya. Bandara Tjilik Riwut merupakan bandara tipe kelas I dengan rute penerbangan domestik. Panjang landasan pacu saat ini adalah 2.500 m x 45 m dengan struktur perkerasan landasan pacu berupa perkerasan lentur.

Saat ini bandara mengakomodasi pesawat B737-900ER yang memiliki berat dan panjang lebih besar dari pesawat rencana yang tertuang dalam RTT Sisi Udara Bandara Tjilik Riwut, yakni pesawat A320-200. Oleh karenanya perlu ditinjau mengenai penambahan panjang landasan pacu untuk dapat mengakomodasi pesawat B737-900ER agar mampu mengangkat beban penuh dengan aman dan nyaman.

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik, data jumlah pergerakan pesawat pada Bandara Tjilik Riwut pada 2008 mencapai 3.622 pergerakan dan pada 2019 meningkat hingga 17.321 pergerakan. Kondisi pertumbuhan arus lalu lintas udara di Bandara Tjilik Riwut dengan rata-rata pertumbuhan pergerakan pesawat dari tahun 2008 hingga 2019 sebesar 27,46% per tahun ini menunjukkan adanya

peningkatan beban lalu lintas oleh pesawat yang memerlukan perawatan agar sistem perkerasan tidak lelah. Peningkatan pergerakan pesawat umumnya jika tidak diikuti dengan perbaikan landasan dapat mengakibatkan penurunan kondisi struktural dan fungsional pada sistem perkerasan fasilitas sisi udara.

Bandara Tjilik Riwut yang saat ini melayani penerbangan pesawat terbesarnya yaitu B737-900ER memiliki ACN 51, lebih berat dari PCN landasan pacu yakni 48 F/B/W/T. Hal ini dapat mengakibatkan kerusakan dini pada perkerasan landasan seperti terjadinya retak perkerasan atau deformasi landasan sehingga semakin memperlemah lapisan perkerasan landasan. Sebagai upaya memperkuat perkerasan agar pergerakan pesawat yang terus mengalami peningkatan ini tetap lancar dan meningkatkan keamanan landasan yang ada, maka pihak bandara juga menimbang perlu diadakannya pekerjaan *overlay*.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, penelitian ini ingin mengetahui dan menganalisis kebutuhan penambahan panjang dan ketebalan *overlay* landasan pacu yang memenuhi persyaratan sesuai metode FAA untuk dapat didarati pesawat di Bandara Tjilik Riwut. Analisis ini penting dilakukan karena selain mengacu pada ICAO (*International Civil Aviation Organization*) dan DJPU (Direktorat Jenderal Perhubungan Udara), perencanaan bandara di Indonesia juga mengacu pada aturan FAA.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Berapakah penambahan panjang landasan pacu yang dibutuhkan di Bandara Tjilik Riwut sesuai metode FAA?

2. Berapakah tebal *overlay* landasan pacu yang dibutuhkan di Bandara Tjilik Riwut sesuai metode FAA?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini antara lain :

1. Menganalisis kebutuhan penambahan panjang landasan pacu di Bandara Tjilik Riwut sesuai metode FAA.
2. Menganalisis kebutuhan tebal *overlay* landasan pacu di Bandara Tjilik Riwut sesuai metode FAA.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian terpusat di landasan pacu Bandara Tjilik Riwut Palangka Raya.
2. Objek penelitian hanya meninjau panjang landasan pacu dan tebal *overlay*.
3. Metode penelitian berdasarkan pada standar FAA, khususnya mengacu pada AC 150/5325-4B *Runway Length Requirements For Airport Design* untuk panjang landasan pacu dan AC 150/5320-6F *Airport Pavement Design and Evaluation* dengan program aplikasi FAARFIELD untuk tebal *overlay*.

1.5 Manfaat penelitian

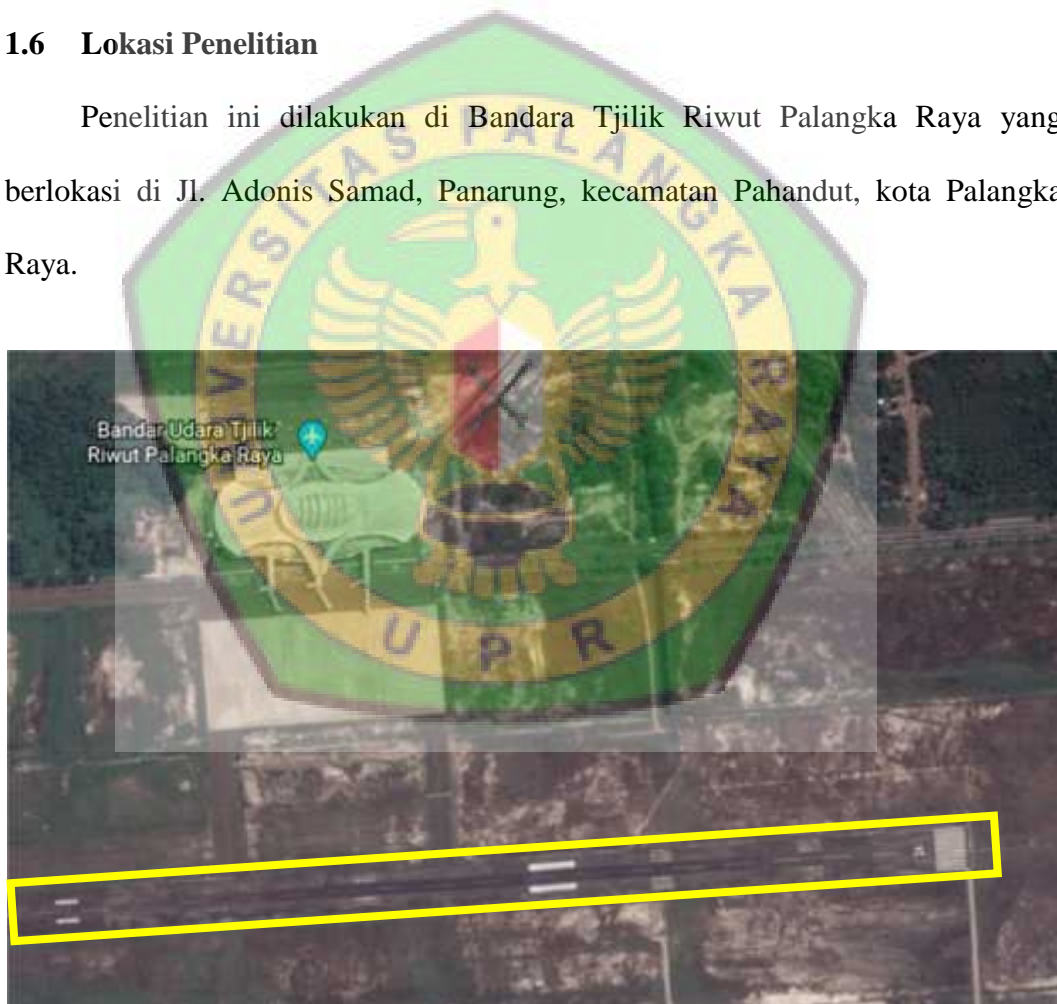
Secara umum manfaat penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagi penulis, sebagai aplikasi atau penerapan langsung terhadap bidang keahlian yang menjadi topik Skripsi.

2. Bagi akademisi, sebagai pembelajaran dan pemahaman tentang fasilitas bandara yang baik khususnya landasan pacu bandara, dan menjadi referensi untuk permasalahan bandara lainnya.
3. Bagi praktisi, sebagai kontribusi bagi PT. Angkasa Pura II terkait Bandara Tjilik Riwut Palangka Raya, agar terwujudnya kondisi penerbangan yang aman, nyaman, dan lancar.

1.6 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Bandara Tjilik Riwut Palangka Raya yang berlokasi di Jl. Adonis Samad, Panarung, kecamatan Pahandut, kota Palangka Raya.



Gambar 1.1 Lokasi Penelitian

Sumber : Google Maps (2021)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bandar Udara

Menurut UU No.1 Tahun 2009 tentang Penerbangan, bandar udara adalah kawasan di daratan dan/atau perairan dengan batas-batas tertentu yang digunakan sebagai tempat pesawat udara mendarat dan lepas landas, naik turun penumpang, bongkar muat barang, dan tempat perpindahan antar moda transportasi, yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan dan keamanan penerbangan, serta fasilitas pokok dan fasilitas penunjang lainnya.

Secara umum fasilitas suatu bandara sebagai berikut :

- 1) *Landing Movement (LM)*, yakni suatu areal utama dari bandara yang terdiri dari *runway*, *taxiway*, dan *apron*.
- 2) *Terminal area*, yakni areal utama yang menghubungkan lapangan udara dan bagian-bagian dari bandara yang lain, dalam hal ini mencakup fasilitas pelayanan penumpang, penanganan barang kiriman, perawatan dan administrasi.
- 3) *Terminal traffic control*, yakni fasilitas pengatur lalu lintas udara dengan berbagai peralatannya seperti sistem radar dan navigasi.

2.2 Landasan Pacu (Runway)

Dalam Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara nomor SKEP/161/IX/03 tentang Petunjuk Pelaksanaan Perencanaan/Perancangan Landasan Pacu, *Taxiway*, *Apron* pada Bandar Udara (2003) disebutkan bahwa

landasan pacu adalah suatu bidang persegi panjang tertentu di dalam lokasi bandar udara yang dipergunakan untuk pendaratan dan lepas landas pesawat udara.

Menurut Suwarno (2001) standar kualifikasi di landasan pacu yang perlu dipertimbangkan untuk dapat didarati pesawat meliputi panjangnya suatu landasan pacu pesawat, lebarnya suatu landasan pacu pesawat, ketebalan suatu landasan pacu pesawat, serta kelengkapan sarana dan prasarana penunjangnya.

Bagian-bagian pada landasan pacu adalah sebagai berikut :

- 1) Perkerasan struktural (*structural pavement*) adalah perkerasan yang berfungsi sebagai tumpuan pesawat.
- 2) Bahu landasan pacu (*runway shoulder*) adalah bagian yang berbatasan dengan *structural pavement* untuk menahan erosi akibat air dan hembusan pesawat atau tempat peralatan dalam melakukan perbaikan.
- 3) RESA (*Runway End Safety Area*) adalah suatu daerah simetris yang merupakan perpanjangan dari garis tengah landasan pacu dan membatasi bagian ujung *runway strip*, yang ditujukan untuk mengurangi risiko kerusakan pesawat yang tergelincir keluar dari landasan serta untuk pergerakan kendaraan pemadam kebakaran.
- 4) Daerah bebas (*clearway*) adalah suatu daerah tertentu di ujung landasan pacu *take off* di bawah pantauan operator bandara, yang dipilih dan ditujukan sebagai daerah yang aman bagi pesawat saat mencapai ketinggian tertentu. *Clearway* juga merupakan daerah bebas terbuka yang disediakan untuk melindungi pesawat saat melakukan manuver pendaratan maupun lepas landas.

- 5) Daerah henti (*stopway*) adalah suatu area tertentu berbentuk segi empat yang terletak pada ujung landasan yang dipersiapkan sebagai tempat aman berhenti pesawat saat terjadi pembatalan kegiatan lepas landas.
- 6) *Turning area* adalah bagian dari landasan pacu yang digunakan pesawat untuk gerakan memutar, baik membalikkan arah pesawat maupun gerakan pesawat saat akan parkir di apron.
- 7) *Runway strip* adalah luasan bidang tanah yang diratakan dan dibersihkan tanpa benda-benda yang mengganggu. Dimensinya bergantung pada panjang landasan pacu dan jenis instrumen pendaratan (*precision approach*) yang dilayani.

Terdapat beberapa pilihan jenis perkerasan yang dapat diterapkan di landasan pacu. Dalam FAA AC 150/5320-6F (2016) dijelaskan macam-macam jenis perkerasan yang dapat digunakan antara lain :

- 1) *Rigid pavement* atau perkerasan kaku, adalah perkerasan di mana daya tahan beban utamanya disokong oleh *slab action* di permukaan lapisan beton. *Portland Cement Concrete* (PCC) dan P-501 adalah contoh bahan yang digunakan pada perkerasan ini.
- 2) *Flexible pavement* atau perkerasan lentur, adalah perkerasan yang setiap lapisan strukturnya didukung oleh lapisan-lapisan di bawahnya hingga lapisan paling bawah yakni *subgrade*. *Hot Mix Asphalt* (HMA) serta P-401/403 adalah contoh bahan yang digunakan pada perkerasan ini.

Kelelahan akibat peningkatan beban dan repetisi beban lalu lintas, sistem drainase yang tidak baik, atau kondisi tanah dasar yang tidak stabil dapat

menyebabkan kerusakan di struktur landasan dan permukaan jalan. Menurut Ramadhan (2018), beban kendaraan pada permukaan perkerasan mengakibatkan lendutan pada perkerasan dan tanah dasar. Akibat fatalnya perkerasan tidak mampu lagi menahan beban yang bekerja di atasnya atau tidak lagi dapat memberikan tingkat keamanan dan kenyamanan sesuai yang diinginkan.

Untuk itu selain mempertimbangkan panjang dan ketebalan landasan pacu yang memadai, juga perlu adanya perkuatan struktur dari perkerasan untuk perawatan salah satunya dengan cara pemberian pelapisan ulang atau bisa disebut *overlay*. *Overlay* ini tentunya tidak hanya melapisi ulang, melainkan juga dari aspek keamanan akan menambah kekuatan konstruksinya.

2.3 Panjang Landasan Pacu

FAA AC 150/5325-4B (2005) menyebutkan bahwa panjang landasan pacu harus dapat menyediakan panjang landasan yang mencukupi kebutuhan seluruh pesawat yang beroperasi agar dapat menggunakan landasan tersebut untuk lepas landas secara regular. Menurut Horonjeff (1993), penentuan panjang landasan pacu didasarkan pada jenis pesawat kritis yang menggunakan fasilitas *runway* tersebut, yaitu pesawat dengan lintasan dasar terpanjang dan menggunakan landasan sedikitnya 250 pergerakan dalam setahun.

Panjang landasan dasar ini tercantum dalam manual yang dibuat oleh pabrik yang memproduksi pesawat, yang disebut ARFL (*Aeroplane Reference Field Length*). ICAO menjelaskan ARFL adalah panjang landasan pacu minimum yang dibutuhkan untuk lepas landas, pada kondisi berat lepas landas maksimum (*maximum take off weight*), elevasi muka laut, kondisi atmosfer normal, keadaan

tanpa ada angin yang bertiup, serta landasan pacu tanpa kemiringan. Beberapa contoh panjang landasan pacu dasar yang disarankan dari pabrikan ditunjukkan dalam Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 ARFL Pesawat Terbang

<i>Aircraft</i>	<i>Manufacture</i>	MTOW (lb)	MLW (lb)	ARFL (ft)
A-380-800	Airbus Industri	1235000	850000	10000
A-330-200	Airbus Industri	509047	396900	7280
A-300-600	Airbus Industri	363765	304240	7600
A-310-300	Airbus Industri	330690	271170	7575
B-727-200	Boeing	184800	150000	8600
B-737-200	Boeing	100000	95000	5600
B-737-300	Boeing	140000	114000	6300
B-737-400	Boeing	138500	121000	7300
DC-8-73	McDonnell-Douglas	355000	258000	7100
DC-9-32	McDonnell-Douglas	121000	110000	7250
DC-9-51	McDonnell-Douglas	121000	110000	7600
MD-81	McDonnell-Douglas	140000	128000	6800
L-1011-550	Lockheed	510000	368000	5200
BAe111-500	British Aerospace	119048	109127	11300
F-100	Fokker	101000	88000	5561
F-28-1000	Fokker	66500	44434	5350
F-28-4000	Fokker	73000	69500	10830

Sumber : Horonjeff (2010)

2.3.1 Dasar Perhitungan Panjang Landasan Pacu

Penentuan panjang landasan pacu metode FAA diatur dalam FAA AC 150/5325-4B. Pesawat-pesawat yang beroperasi akan didata untuk mendapatkan ARFL atau kebutuhan panjang landasan pacu dasarnya masing-masing dan diambil kebutuhan landasan yang terpanjang, lalu dianalisis dengan metode FAA.

2.3.2 Faktor yang Mempengaruhi Panjang Landasan Pacu

Panjang landasan pacu secara umum dipengaruhi oleh pesawat yang beroperasi di landasan, berat pesawat, temperatur udara di bandara, ketinggian lokasi, kemiringan landasan pacu, dan kondisi permukaan landasan.

a. Pesawat

Pengetahuan mengenai jenis dan tipe pesawat yang beroperasi di landasan sangat diperlukan dalam analisis panjang landasan pacu. Perbedaan karakteristik dan kinerja yang spesifik pada setiap pesawat mempengaruhi kebutuhan panjang landasan untuk *take off* dan *landing*. Ramadhan (2018) menjelaskan secara umum pesawat terbang dibagi menjadi 4 tipe berdasarkan kegunaannya, yakni *General Aviation (GA)*, *Corporate Aircraft (CA)*, *Commuter Aircraft (COM)*, dan *Transport Aircraft (TA)*.

b. Elevasi Bandara

Elevasi menjadi salah satu faktor penting dalam penentuan panjang landasan pacu. Hal ini dikarenakan semakin tinggi elevasi suatu tempat, maka semakin berkurang kerapatan udara di tempat tersebut, sehingga dibutuhkan landasan pacu yang lebih panjang agar pesawat terbang dapat bergerak lebih cepat untuk mendapatkan daya angkat yang memadai.

c. MLW (*Maximum Landing Weight*)

Menurut Ramadhan (2018), MLW atau berat maksimum pendaratan adalah beban maksimum pada saat roda pesawat menyentuh perkerasan (mendarat) sesuai dengan bobot pesawat dan persyaratan kelayakan penerbangan.

MLW ini adalah kemampuan pesawat terutama struktur roda pesawat menerima beban pada waktu mendarat.

d. MTOW (*Maximum Take Off Weight*)

Ramadhan (2018) menyebutkan MTOW atau berat maksimum lepas landas adalah beban maksimum pada awal lepas landas sesuai dengan bobot pesawat dan persyaratan kelayakan penerbangan.

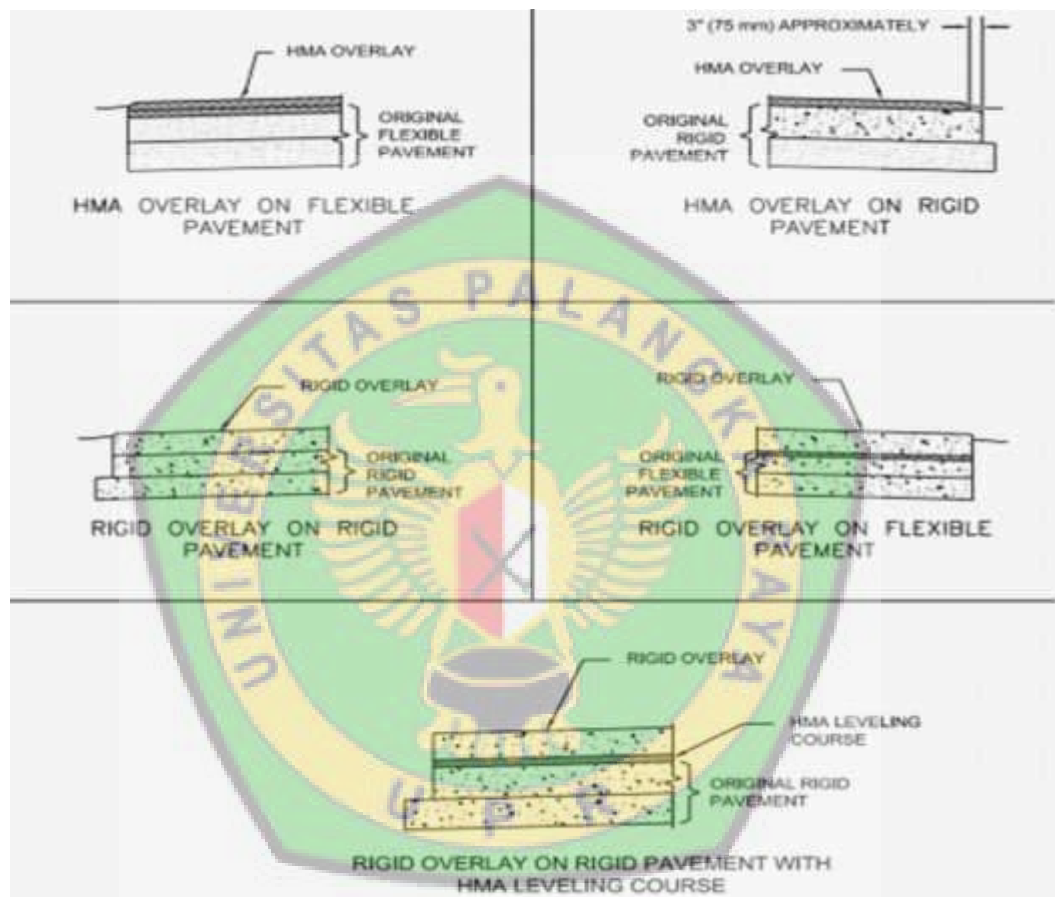
e. Temperatur Udara

Berdasarkan standar *International Standard Atmospheric* (ISA), suhu standar yang ditetapkan untuk perhitungan panjang landasan pacu metode FAA adalah sebesar 59° F atau 15° C. Menurut Pratama (2015), pada temperatur yang lebih tinggi, dibutuhkan landasan yang lebih panjang. Temperatur udara yang digunakan dalam regulasi FAA adalah *mean daily maximum temperature of the hottest month at the airport* atau suhu maksimum harian rata-rata pada bulan paling panas dalam setahun di suatu bandara. Setiap tahun terdapat bulan terpanas dengan suhu rata-rata bulanan tertinggi. Suhu maksimum harian rata-rata bulan tersebut lalu dirata-ratakan selama beberapa tahun.

2.4 *Overlay Landasan Pacu*

Overlay adalah lapis perkerasan tambahan yang dipasang di atas permukaan landasan pacu untuk memperkuat perkerasan dan meningkatkan keamanan agar dapat melayani lalu lintas yang direncanakan selama umur rencana. Dalam FAA AC 150/5320-6F disebutkan 4 jenis *overlay* di antaranya sebagai berikut :

- 1) HMA (*Hot Mix Asphalt*) *overlay* pada perkerasan lentur
- 2) HMA (*Hot Mix Asphalt*) *overlay* pada perkerasan kaku
- 3) PCC pada perkerasan lentur
- 4) PCC pada perkerasan kaku



Gambar 2.1 Tipe Overlay

Sumber : FAA AC 150/5320-6E (2009)

2.4.1 Dasar Perhitungan Tebal *Overlay* Landasan Pacu

Dasar penentuan tebal *overlay* landasan pacu metode FAA yang digunakan dalam penelitian ini adalah FAA AC 150/5320-6F. Disebutkan bahwa perhitungan telah otomatis menggunakan *software* yang disebut FAARFIELD. Prinsip program ini adalah memperoleh kebutuhan tebal lapisan struktur perkerasan

berdasarkan respons perkerasan terhadap beban kendaraan (pergerakan semua pesawat yang beroperasi), serta memperhitungkan tegangan (*stress*), regangan (*strain*), dan perubahan bentuk (*deformation*) sebagai akibat dari pembebanan.

2.4.2 Faktor yang Mempengaruhi Tebal *Overlay* Landasan Pacu

Menurut Horonjeff & McKelvey (1993), untuk tebal *overlay* sama halnya dengan parameter-parameter yang dipertimbangkan untuk tebal perkerasan pada umumnya, meliputi berat lepas landas kotor pesawat, konfigurasi dan ukuran roda pendaratan, bidang kontak dan tekanan ban serta volume lalu lintas. Selain itu nilai CBR tanah dasar juga dipertimbangkan mengingat pentingnya peran kondisi tanah dasar dalam pembangunan konstruksi di bandara.

a. Pesawat

Menurut Muliastari & Purnama (2015), untuk menentukan tebal perkerasan lentur termasuk *overlay*, perlu diketahui tipe dan karakteristik pesawat yang akan mendarat di bandar udara tersebut. Data pesawat meliputi tipe roda pesawat, beban pesawat, serta tekanan ban. Data-data ini telah secara otomatis tersedia di dalam program FAARFIELD.

b. Lalu Lintas Udara

Data lalu lintas udara digunakan untuk memperoleh *annual departure* dan *percent annual growth* pesawat yang beroperasi. FAA mendefinisikan *annual departure* sebagai jumlah keberangkatan tahunan pesawat yang digunakan sebagai awal untuk perencanaan sebelum pertumbuhan tahunan diperhitungkan. *Percent annual growth* didefinisikan sebagai persentase

perubahan keberangkatan tahunan pesawat, selama masa perencanaan yang diperhitungkan.

c. CBR tanah dasar

Tanah adalah bagian yang cukup penting dalam pembangunan konstruksi perkerasan bandar udara. Menurut Ramadhan (2018), tanah dasar inilah yang akan mendukung semua lapisan perkerasan yang ada di atasnya termasuk menanggung beban yang diakibatkan lalu lintas pesawat udara di atasnya, sehingga integritas dari struktur perkerasan bergantung pada stabilitas struktur tanah dasar.

2.5 Metode Peramalan dengan Analisa Regresi

Menurut Horonjeff dan McKelvey (1993), tujuan dari suatu peramalan bukan hanya untuk meramalkan kondisi yang akan terjadi di masa depan secara tepat, namun juga untuk memperoleh suatu informasi yang akan digunakan dalam transportasi di masa mendatang.

Menurut Hosmer & Lemeshow (2000), analisis regresi merupakan metode dalam statistika yang digunakan untuk mengetahui pola hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat. Analisis regresi terbagi atas model analisis regresi linear dan model analisis regresi non-linear.

Hasil peramalan dalam prakteknya hampir tidak pernah secara mutlak tepat. Menurut Ahmad (2020), untuk mengevaluasi hasil dari teknik peramalan salah satu caranya yaitu dengan menggunakan suatu ukuran yang di dalamnya terdapat informasi tentang nilai perbedaan antara hasil peramalan yang telah dilakukan

dengan nilai yang sebenarnya ada di lapangan. Selanjutnya akan dipilih metode peramalan dengan ukuran tingkat kesalahan terkecil. Umumnya ada beberapa cara yang dapat digunakan, seperti yang digunakan dalam penelitian ini adalah MSE (*Mean Square Error*) dan MAD (*Mean Absolute Deviation*). Akurasi peramalan akan tinggi apabila nilai-nilai MAD dan mean squared error semakin kecil.

a. *Mean Absolute Deviation (MAD)*

MAD merupakan deviasi (simpangan) mutlak secara rata-rata pada sebuah data pusat, di mana nilai total absolut dari forecast error dibagi dengan data. Atau yang lebih mudah adalah nilai kumulatif absolut error dibagi dengan periode. MAD ialah suatu hasil dari rata-rata kesalahan yang terdapat pada periode tertentu tanpa berfokus pada hasil peramalan lebih besar atau lebih kecil dibandingkan keadaan sebenarnya. Jika diformulasikan maka formula untuk menghitung MAD adalah sebagai berikut:

$$\text{MAD} = \sum \left| \frac{A-F}{n} \right| \dots\dots\dots (2-1)$$

Dengan

- A : Data aktual
- F : Hasil peramalan
- n : Jumlah periode

b. *Mean Squared Error (MSE)*

Mean Squared Error (MSE) adalah rata-rata kesalahan kuadrat di antara nilai aktual dan nilai peramalan. Metode MSE secara umum digunakan untuk mengecek estimasi berapa nilai kesalahan pada peramalan. Semakin

rendah nilai MSE menunjukkan bahwa ukuran kesalahan hasil peramalan semakin kecil. Jika diformulasikan maka formula untuk menghitung MAD adalah sebagai berikut:

$$MAD = \sum \frac{(A-F)^2}{n} \dots\dots\dots (2-2)$$

Dengan

A : Data aktual

F : Hasil peramalan

n : Jumlah periode

2.5.1 Model Regresi Linear

Pada model ini terdapat variabel tidak bebas (Y) yang mempunyai hubungan fungsional dengan variabel bebas (X) dan membentuk garis lurus. Menurut Hasan (1999), bentuk persamaan umum regresi linear dapat dinyatakan dalam rumus sebagai berikut :

$$Y = a + bX \dots\dots\dots (2-3)$$

$$a = \frac{\sum Y}{n} - \frac{b \sum X}{n} \dots\dots\dots (2-4)$$

$$b = \frac{n \sum (XY) - (\sum X)(\sum Y)}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \dots\dots\dots (2-5)$$

Dengan

Y : variabel tidak bebas (terikat)

X : variabel bebas

a : konstanta

b : koefisien regresi

n : jumlah data

2.5.2 Model Regresi Non-Linear

Pada model ini variabel tidak bebas (Y) mempunyai hubungan fungsional dengan variabel bebas (X) dan membentuk garis lengkung.

a. Model Regresi Parabola

Menurut Hasan (1999), bentuk persamaan umum regresi parabola dapat dinyatakan dalam rumus sebagai berikut :

$$Y = a + bX + cX^2 \dots\dots\dots(2-6)$$

$$a = \frac{\sum Y}{n} - \frac{c \sum X^2}{n} \dots\dots\dots(2-7)$$

$$b = \frac{\sum(X)}{\sum X^2} \dots\dots\dots(2-8)$$

$$c = \frac{n \sum(X^2 Y) - (\sum X^2)(\sum Y)}{n \sum X^4 - (\sum X^2)^2} \dots\dots\dots(2-9)$$

Dengan

Y : variabel tidak bebas (terikat)

X : variabel bebas

a : konstanta

b, c : koefisien regresi

n : jumlah data

b. Model Regresi Eksponensial

Menurut Hasan (1999), adapun bentuk persamaan umum regresi eksponensial dapat dinyatakan dalam rumus sebagai berikut :

$$Y = a^x \dots\dots\dots(2-10)$$

$$a = \text{anti log} \frac{\sum \ln Y}{n} \dots\dots\dots(2-11)$$

$$b = \text{anti log} \frac{\sum (x \ln Y)}{\sum x^2} \dots\dots\dots(2-12)$$

Dengan

Y : variabel tidak bebas (terikat)

X : variabel bebas

a : konstanta

b : koefisien regresi

c. Model Regresi Geometrik

Menurut Hasan (1999), bentuk persamaan umum regresi geometrik dapat dinyatakan dalam rumus sebagai berikut :

$$Y = a^b \dots\dots\dots(2-13)$$

Dengan

Y : variabel tidak bebas (terikat)

X : variabel bebas

a : konstanta

b : koefisien regresi

Nilai a dan b dicari menggunakan rumus perhitungan seperti pada Persamaan (2-11) dan Persamaan (2-12).

2.6 Metode *Federal Aviation Administration* (FAA)

Pada dasarnya metode FAA sudah umum digunakan dalam perencanaan lapangan terbang di Indonesia. Metode FAA dikembangkan oleh badan penerbangan federal Amerika. FAA mengeluarkan peraturan perhitungan panjang landasan pacu yaitu AC (*Advisory Circular*) 150/5325-4B dan perhitungan struktur perkerasan bandar udara yaitu AC (*Advisory Circular*) 150/5320-6F.

2.6.1 Metode FAA untuk Panjang Landasan Pacu

FAA AC 150/5325-4B (2005) menyebutkan metode FAA ini menggunakan 5 tahapan untuk memutuskan panjang landasan pacu yang dibutuhkan, yakni sebagai berikut :

- a. Tahap pertama. Identifikasi jenis dan karakteristik pesawat. Karakteristik pesawat ini meliputi berat (*weight*), ukuran (*size*), kapasitas penumpang, dan panjang landasan pacu dasar. Berat pesawat yang dimaksud dalam tahap ini adalah MTOW dan MLW. Untuk panjang landasan pacu dasar, setiap pesawat mempunyai ARFL berlainan yang dikeluarkan pabrik pembuatnya.
- b. Tahap kedua. Identifikasi pesawat ke dalam kelompok pesawat berdasarkan MTOW sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 2.2. Setiap kelompok pesawat menyediakan panduan desain kebutuhan panjang landasan pacunya masing-masing.

Tabel 2.2 Kelompok Pesawat Berdasarkan MTOW untuk Kebutuhan Panjang Landasan Pacu

Airplane Weight Category Maximum Certificated Takeoff Weight (MTOW)		Design Approach	Location of Design Guidelines	
12,500 pounds (5,670 kg) or less	Approach Speeds less than 30 knots	Family grouping of small airplanes	Chapter 2; Paragraph 203	
	Approach Speeds of at least 30 knots but less than 50 knots	Family grouping of small airplanes	Chapter 2; Paragraph 204	
	Approach Speeds of 50 knots or more	With Less than 10 Passengers	Family grouping of small airplanes	Chapter 2; Paragraph 205 Figure 2-1
		With 10 or more Passengers	Family grouping of small airplanes	Chapter 2; Paragraph 205 Figure 2-2
Over 12,500 pounds (5,670 kg) but less than 60,000 pounds (27,200 kg)		Family grouping of large airplanes	Chapter 3; Figures 3-1 or 3-2 ¹ and Tables 3-1 or 3-2	
60,000 pounds (27,200 kg) or more or Regional Jets ²		Individual large airplane	Chapter 4; Airplane Manufacturer Websites (Appendix 1)	

Sumber : FAA AC 150/5320-4B (2005)

c. Tahap ketiga. Gunakan Tabel 2.2 dan pesawat yang telah diidentifikasi untuk menetapkan kebutuhan panjang landasan pacu masing-masing pesawat. Selain itu perhitungan juga dapat dilakukan dengan memilih ARFL terpanjang dari setiap pesawat yang telah diidentifikasi.

1) Pesawat Kecil dengan MTOW 12.500 pounds (5.670 kg) dan *Approach Speed* < 30 knot

Kebutuhan panjang landasan pacu pesawat ini adalah 300 ft (92 m) di ketinggian muka air laut. Untuk landasan pacu dengan ketinggian di atas muka air laut, maka digunakan rumus berikut :

$$L = 300 + 0,03E \dots \dots \dots (2-14)$$

Dengan

L : Kebutuhan panjang landasan pacu (ft)

E : Elevasi landasan pacu (ft)

- 2) Pesawat Kecil dengan MTOW 12.500 pounds (5.670 kg) serta
30 knot *Approach Speed* < 50 knot

Kebutuhan panjang landasan pacu pesawat ini adalah 800 ft (244 m) pada ketinggian muka air laut rata-rata. Untuk landasan pacu dengan ketinggian di atas muka air laut, maka digunakan rumus berikut :

$$L = 800 + 0,03E \dots \dots \dots (2-15)$$

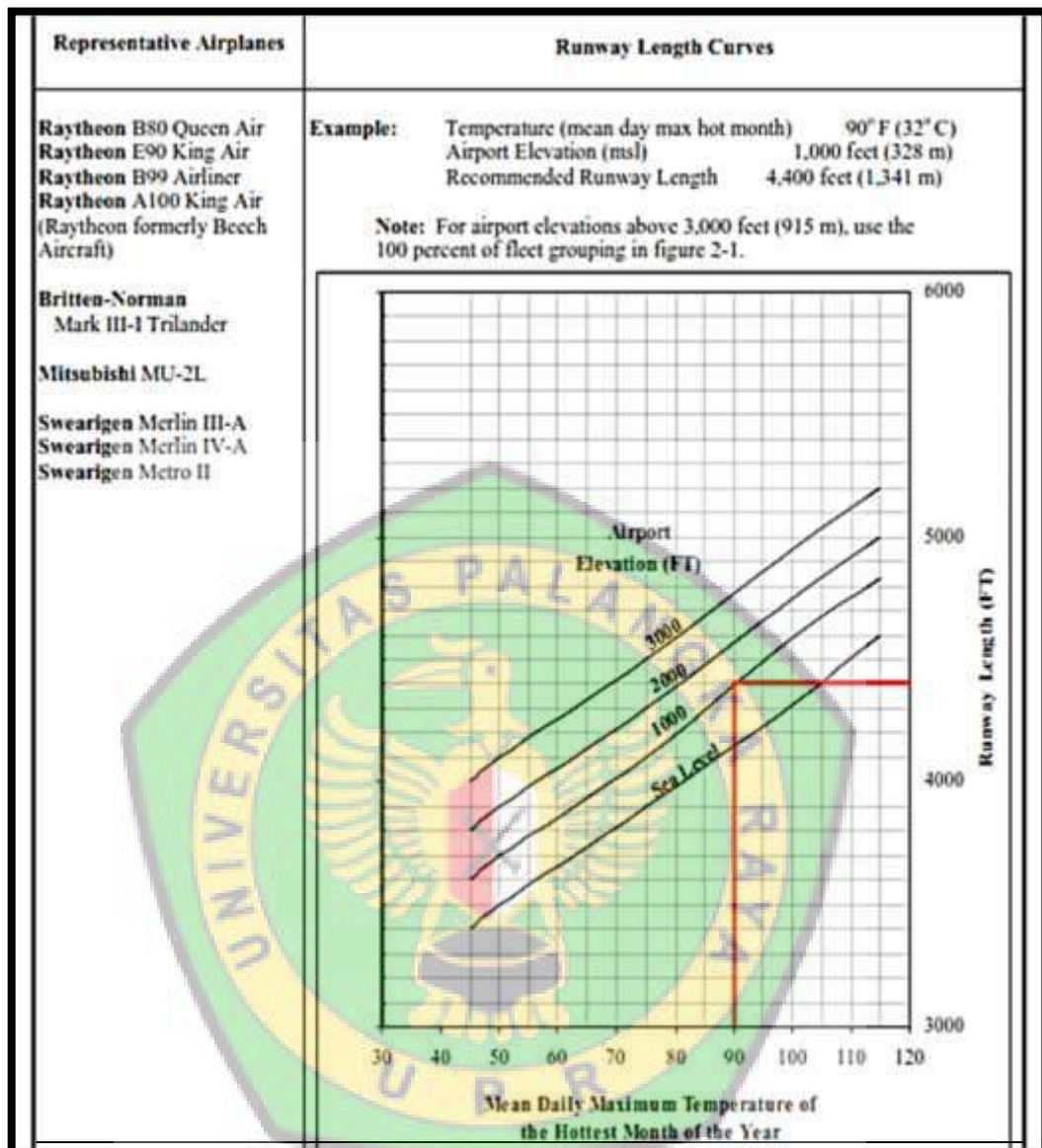
Dengan

L : Kebutuhan panjang landasan pacu (ft)

E : Elevasi landasan pacu (ft)

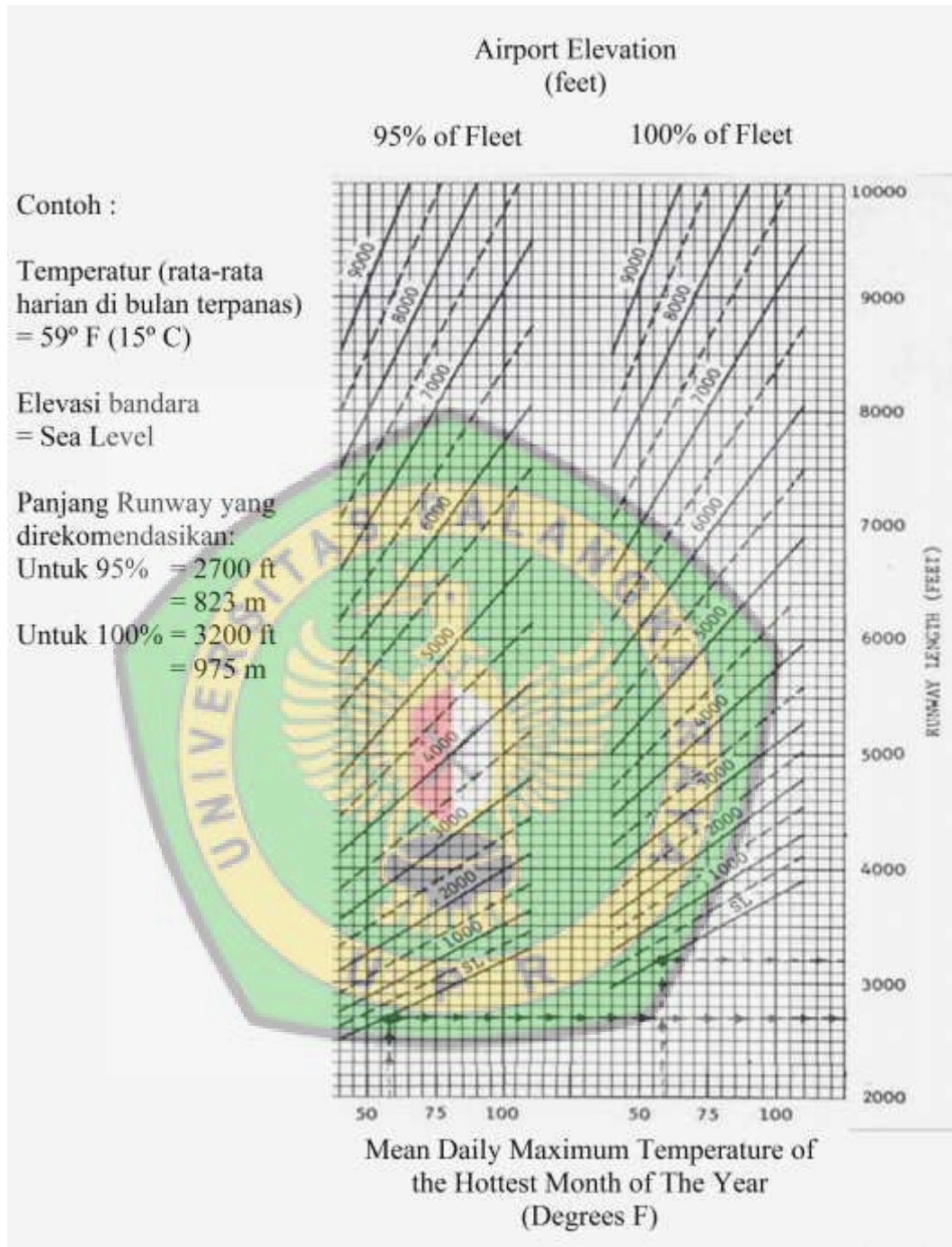
- 3) Pesawat Kecil dengan MTOW 12.500 pounds (5.670 kg) dan
Approach Speed > 50 knot
Kelompok pesawat ini membagi pesawat berdasarkan jumlah penumpangnya.





Gambar 2.2 Panjang Landasan Pacu untuk Pesawat Kecil dengan MTOW 12.500 pounds (5.670 kg) dan Jumlah Tempat Duduk Penumpang 10 (Tidak Termasuk Pilot dan Co-Pilot)

Sumber : FAA AC 150/5320-4B (2005)

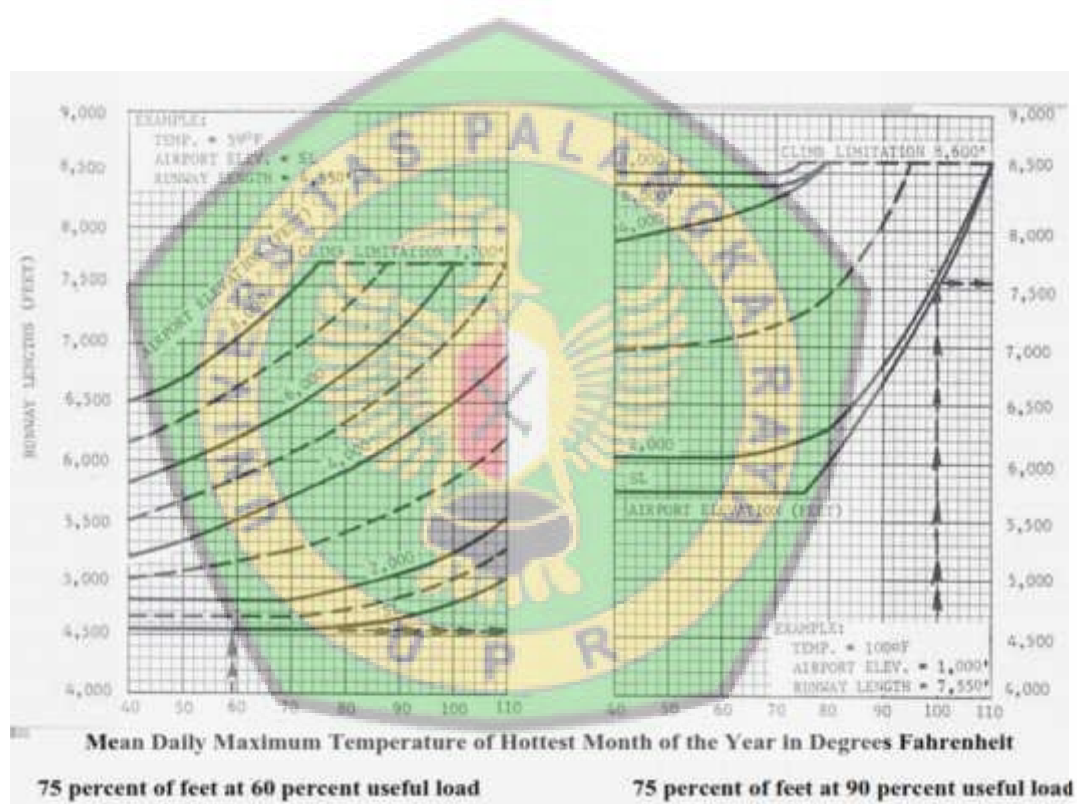


Gambar 2.3 Panjang Landasan Pacu untuk Pesawat Kecil dengan MTOW 12.500 pounds (5.670 kg) dan Jumlah Tempat Duduk Penumpang < 10 (Tidak Termasuk Pilot dan Co-Pilot)

Sumber : FAA AC 150/5320-4B (2005)

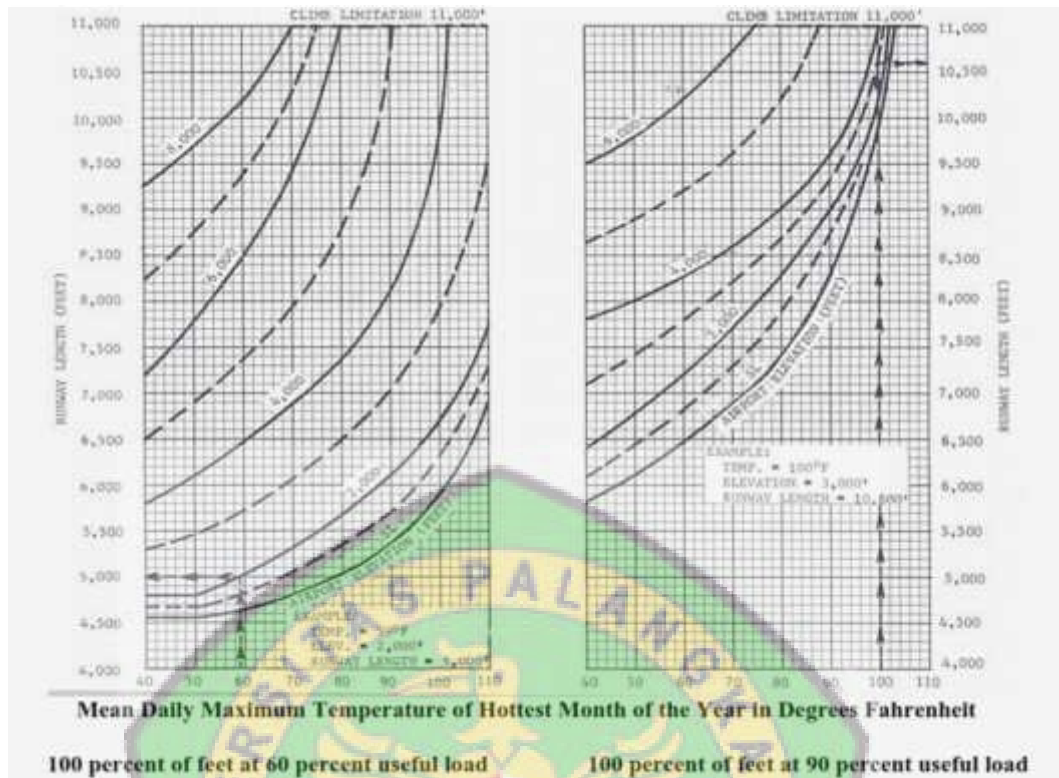
- 4) Pesawat dengan MTOW antara 12.500 pounds (5.670 kg) dan 60.000 pounds (27.200 kg)

Dalam kategori ini FAA menyediakan daftar jenis pesawat yang menggunakan *75% of fleet* atau *100% of fleet*. Jika pesawat yang beroperasi tidak ada dalam Tabel 2.3, maka perhitungan kebutuhan panjang landasan pacu menggunakan grafik dengan *75% of fleet*.



Gambar 2.4 Panjang Landasan Pacu untuk Pesawat pada *75% of fleet* dengan 12.500 pounds (5.670 kg) < MTOW 60.000 pounds (27.200 kg)

Sumber : FAA AC 150/5320-4B (2005)



Gambar 2.5 Panjang Landasan Pacu untuk Pesawat pada 100% of fleet dengan 12.500 pounds (5.670 kg) < MTOW 60.000 pounds (27.200 kg)

Sumber : FAA AC 150/5320-4B (2005)

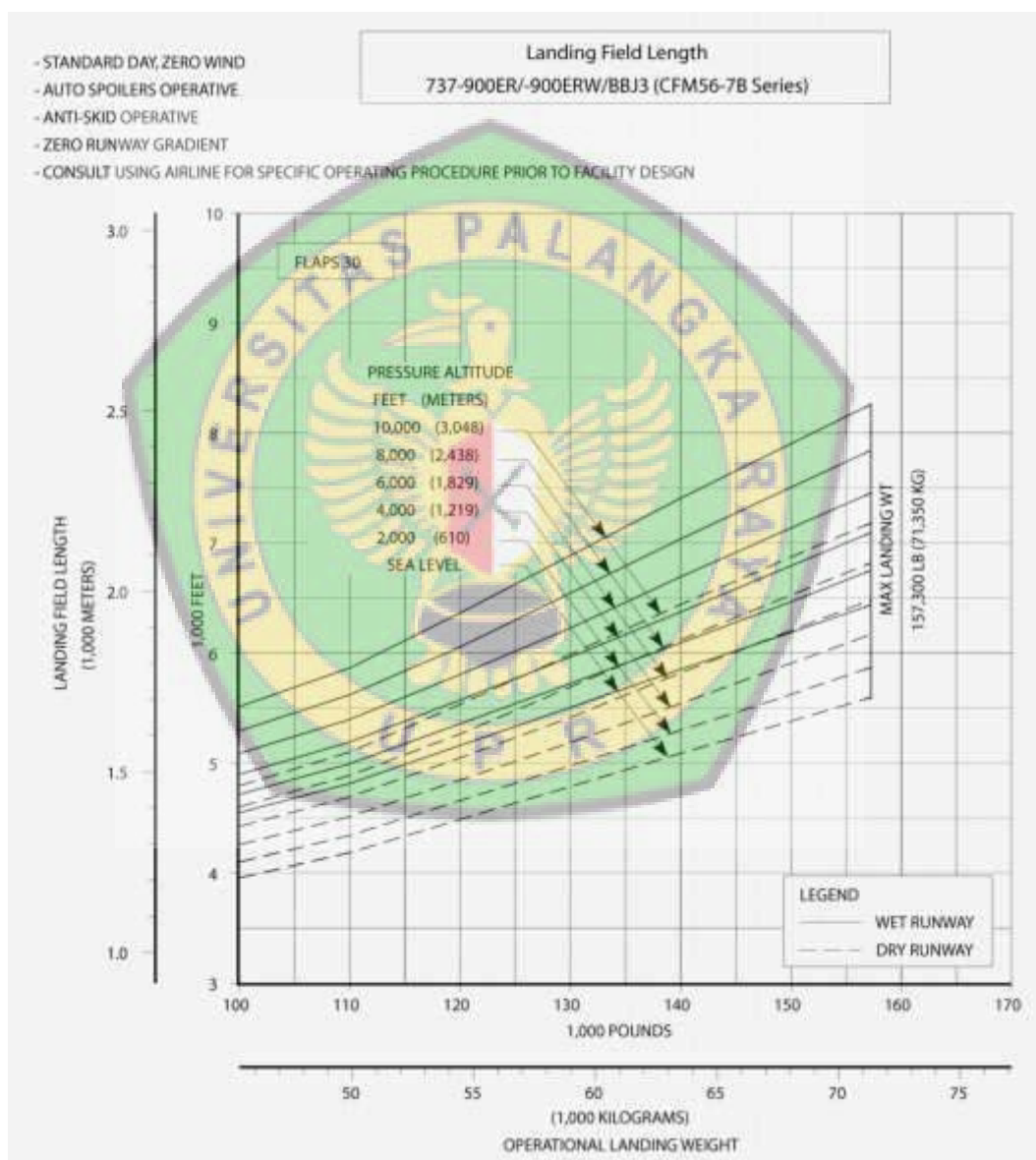
Tabel 2.3 Pesawat yang Menggunakan 100% Armada

Pabrik Pesawat	Model	Pabrik Pesawat	Model
Bae	Corporate 800/1000	Israel Aircraft Industries (IAI)	Astra 1125
Bombardier	600 Challenger	IAI	Galaxy 1126
Bombardier	601/601-3A/3ER Challenger	Learjet	45 XR
Bombardier	604 Challenger	Learjet	55/55B/55C
Bombardier	BD-100 Continental	Learjet	60
Cessna	S550 Citation S/II	Raytheon/Hawker	Horizon
Cessna	650 Citation III/IV	Raytheon/Hawker	800/800 XP
Cessna	750 Citation X	Raytheon/Hawker	1000
Dassault	Falcon 900C/900EX	Sabreliner	65/75

Sumber : FAA AC 150/5320-4B (2005)

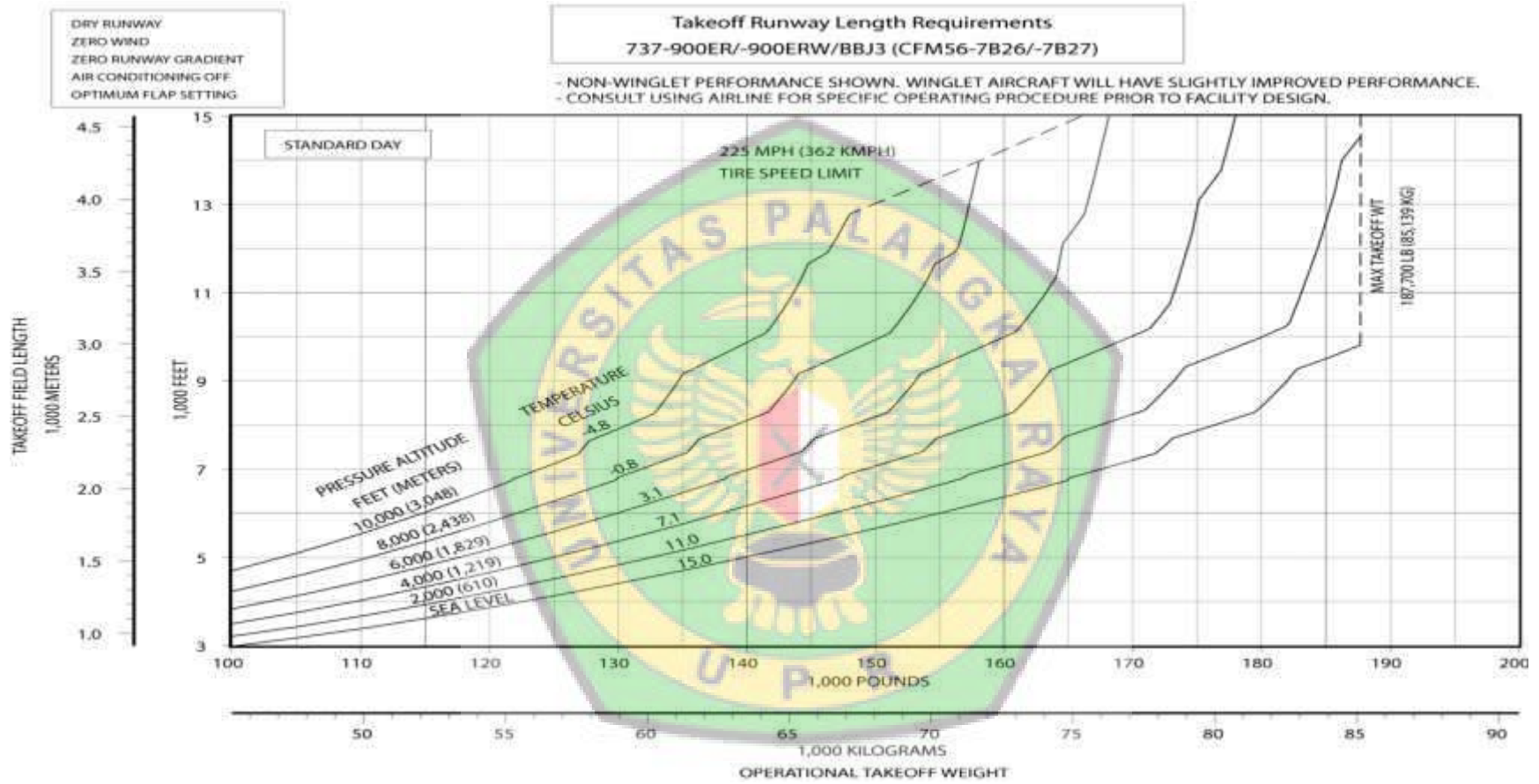
5) Pesawat dengan MTOW > 60.000 pounds (27.200 kg)

Kebutuhan panjang landas pacu untuk kelompok pesawat ini dihitung dari grafik yang telah disediakan pabrik-pabrik pesawat. Berikut adalah contoh grafik kebutuhan panjang landasan pacu untuk pesawat Boeing B737-900ER.



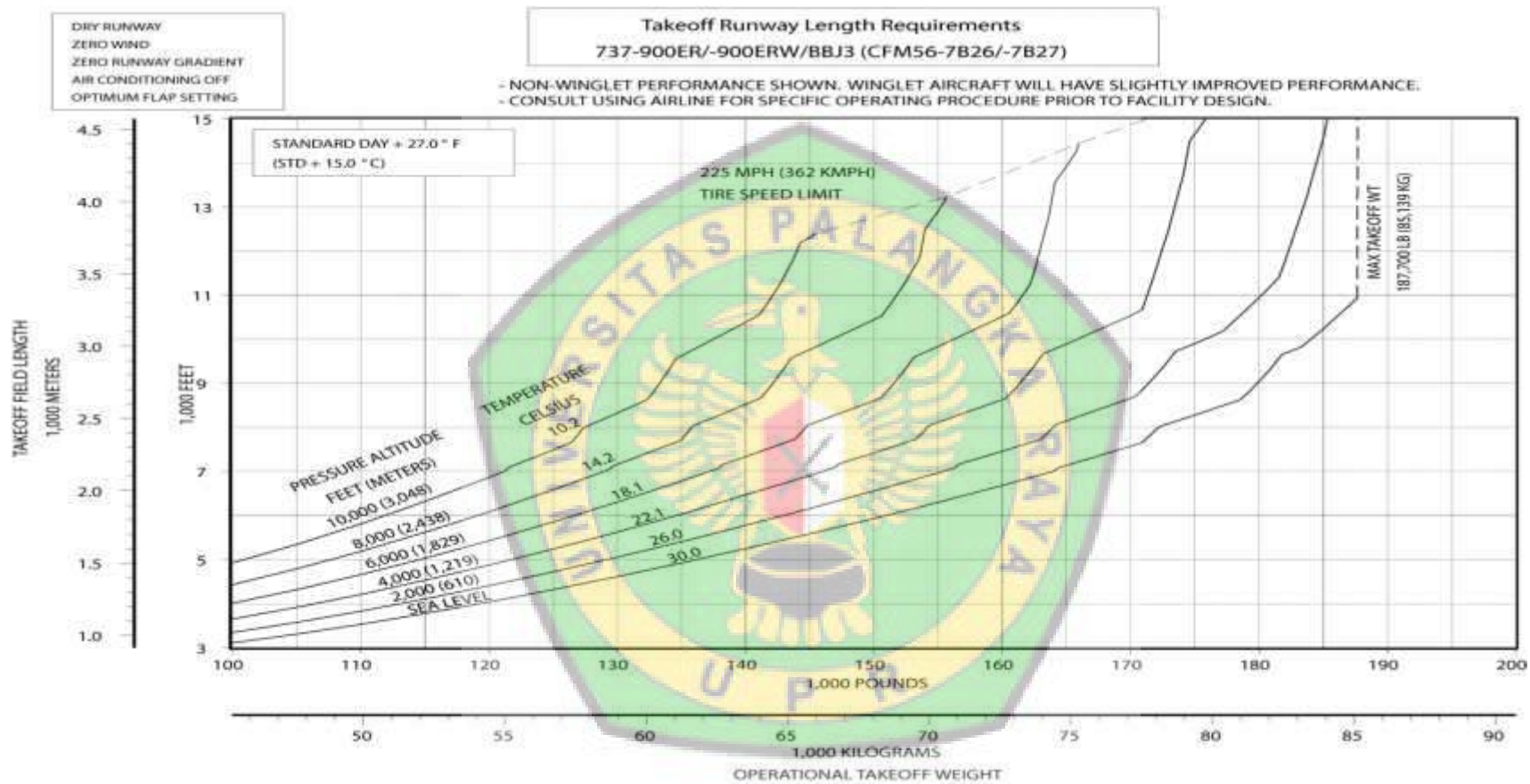
Gambar 2.6 Panjang Landasan Pacu untuk Kondisi *Landing* pada Pesawat B737-900ER

Sumber : 737 Airplane Characteristics for Airport Planning Rev A (2020)



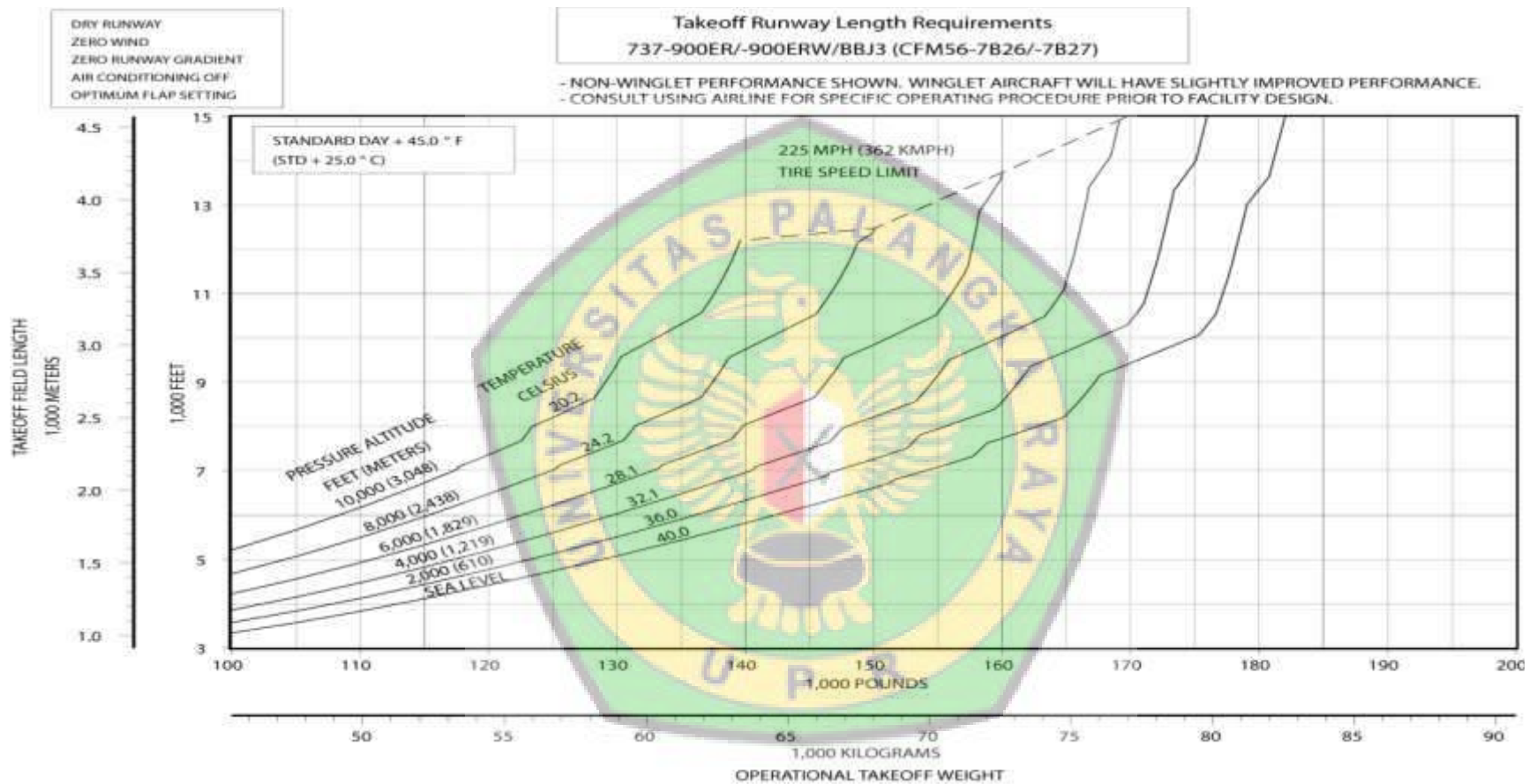
Gambar 2.7 Panjang Landasan Pacu untuk Kondisi *Take Off* pada STD (15° C) dan Permukaan Landasan Kering (Dry Runway) Pesawat B737-900ER

Sumber : 737 Airplane Characteristics for Airport Planning Rev A (2020)



Gambar 2.8 Panjang Landasan Pacu untuk Kondisi *Take Off* pada STD + 15° C dan Permukaan Landasan Kering (Dry Runway) Pesawat B737-900ER

Sumber : 737 Airplane Characteristics for Airport Planning Rev A (2020)



Gambar 2.9 Panjang Landasan Pacu untuk Kondisi *Take Off* pada STD + 25° C dan Permukaan Landasan Kering (*Dry Runway*) Pesawat B737-900ER

Sumber : 737 Airplane Characteristics for Airport Planning Rev A (2020)

- d. Tahap keempat. Pilih kebutuhan panjang landasan pacu terbesar di antara berbagai variasi panjang landasan yang telah didapatkan.
- e. Tahap kelima. Lakukan koreksi terhadap kemiringan landasan pacu jika bernilai lebih dari 0. Karena semua grafik disediakan dalam keadaan *zero effective runway gradient*, maka untuk landasan pacu dengan *non-zero effective runway gradient* dilakukan penambahan 10 ft per 1 ft perbedaan ketinggian terbesar antara titik terendah atau titik tertinggi di landasan pacu terhadap *centerline* landasan.

$$L = \text{panjang landasan dengan } zero \text{ runway gradient} + 10\Delta E \dots\dots(2-16)$$

Dengan

L : Kebutuhan panjang landasan pacu setelah dikoreksi (ft)

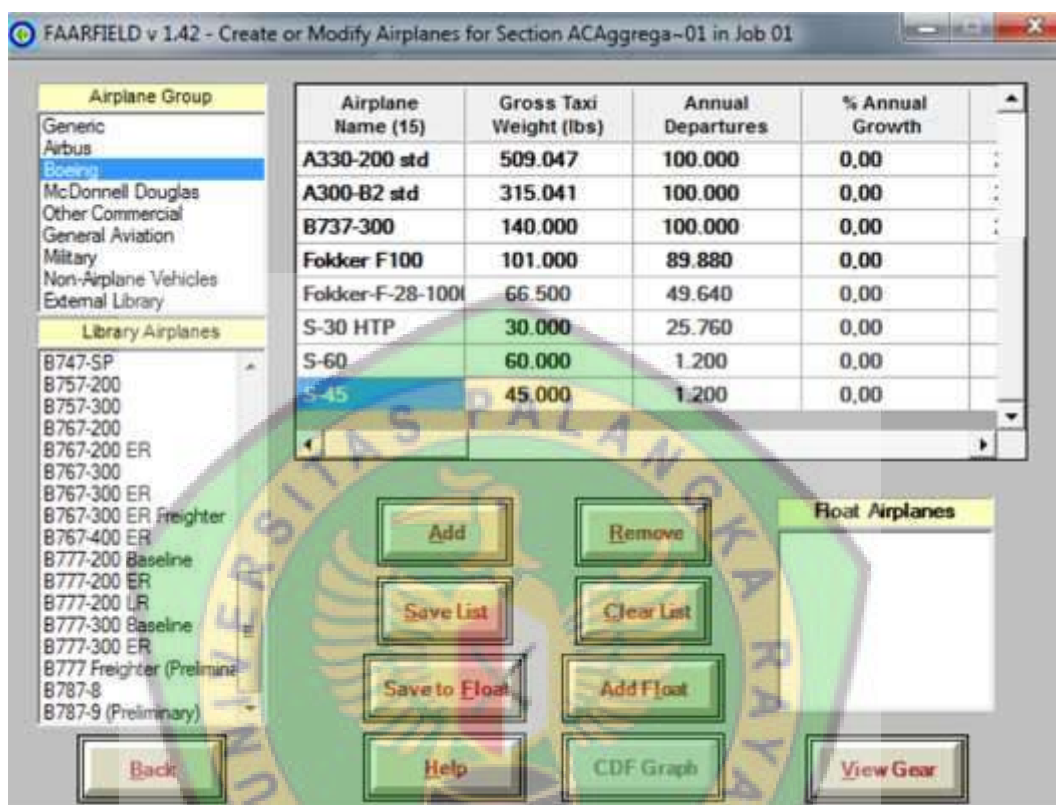
ΔE : Perbedaan elevasi titik terendah atau titik tertinggi di landasan pacu bandara (ft)

2.6.2 Metode FAA untuk Tebal *Overlay* Landasan Pacu

Dalam FAA AC 150/5320-6F digunakan perangkat lunak yang disetujui FAA yang disebut FAARFIELD atau *FAA Rigid and Flexible Iterative Elastic Layered Design* untuk perhitungan tebal perkerasan bandara. Program FAA melewati 2 proses dalam analisisnya, yakni sebagai berikut :

- a. *Airplane window*. FAARFIELD menyediakan data pesawat dalam sebuah perpustakaan internal pada program, lalu pesawat dipilih dan diletakkan pada daftar pesawat yang beroperasi. Angka untuk berat pesawat, jumlah keberangkatan tahunan pesawat, persentase pertumbuhan tahunan dan

beberapa data penting lainnya telah otomatis tersedia pada program namun juga dapat diubah manual.



Gambar 2.10 Tampilan Airplane Window Program FAARFIELD

- b. *Structure window*. Data yang perlu *input* manual meliputi material, tebal perkerasan, CBR tanah dasar, dan umur rencana. Untuk data-data lain otomatis diatur program. Pada bagian ini tebal lapisan dianalisis dengan mempertimbangkan nilai faktor kerusakan kumulatif atau CDF (*Cummulative Damage Factor*). CDF adalah angka yang menunjukkan kelelahan struktural pada perkerasan dalam masa layannya. FAA AC 150/5320-6F (2016) mengatur ketentuannya sebagai berikut :

- 1) Saat $CDF = 1$, artinya perkerasan mampu digunakan selama umur rencana.
- 2) Saat $CDF < 1$, artinya perkerasan masih memiliki umur sisa setelah umur rencana terlampaui.
- 3) Saat $CDF > 1$, artinya perkerasan mengalami kerusakan sebelum umur rencana terlampaui.



Gambar 2.11 Tampilan *Structure Window* Program FAARFIELD

2.7 Penelitian Terdahulu

Prima (2016), meneliti tentang Evaluasi Tebal Perkerasan Landasan Pacu dan Panjang Landas Pacu pada Bandara Husein Sastranegara. Tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi tebal perkerasan landas pacu dan panjang landas pacu,

untuk meningkatkan tingkat pelayanan penumpang. Metode analisis tebal perkerasan landas pacu mengacu pada *Advisory Circular* No.150/5320-6F menggunakan perangkat lunak FAARFIELD, dan metode *Asphalt Institute* secara manual. Metode analisis panjang landas pacu mengacu pada FAA AC 150/5325-4B. Tebal perkerasan landas pacu eksisting Bandara Husein Sastranegara sebesar 31,1 inci (79 cm) lebih tipis dari hasil perhitungan metode FAA AC 150/5320-6F sebesar 35,40 inci (89,92 cm). Berdasarkan hasil perhitungan tersebut maka tebal perkerasan landas pacu perlu ditambah untuk memenuhi kebutuhan tebal yang ada, sedangkan berdasarkan metode *Asphalt Institute* tebal perkerasan perlu ditambah pada tahun 2025. Panjang landas pacu eksisting Bandara Husein Sastranegara sebesar 2.220 m memenuhi syarat ICAO (2.133 m) namun lebih pendek dari hasil perhitungan menggunakan metode FAA AC 150/5325-4B yakni sebesar 3.342 m, sehingga perlu diperpanjang di masa mendatang untuk mendapatkan status ok.

Ramadhan (2018), meneliti tentang Analisis Struktur Perkerasan Lentur Landas Pacu Menggunakan Program Bantu COMFAA, FAARFIELD dan LEDFAA (Studi Kasus Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis struktur perkerasan lentur *runway* dengan menggunakan program bantu perencanaan struktur perkerasan bandara. Digunakan beberapa program bantu untuk perencanaan struktur perkerasan lentur *runway* yaitu COMFAA, FAARFIELD dan LEDFAA. Program bantu tersebut dikembangkan oleh FAA (*Federal Aviation Administration*). Kebutuhan data pergerakan pesawat yang berasal dari PT. Angkasa Pura I diolah untuk melakukan

peramalan jumlah dan komposisi pesawat yang beroperasi pada tahun rencana perencanaan struktur perkerasan. Kemudian dilakukan konsistensi hasil analisis program bantu COMFAA, FAARFIELD dan LEDFAA dalam menghasilkan tebal *overlay* dengan kondisi eksisting perkerasan lentur di *runway* Bandara Juanda. Dari hasil analisa yang telah dilakukan diperoleh *output* program bantu yang memiliki kecenderungan dengan kondisi tebal *overlay* eksisting perkerasan lentur di *runway* Bandara Juanda yaitu COMFAA sebesar 87%, FAARFIELD sebesar 86% dan LEDFAA sebesar 49%. Program bantu COMFAA mayoritas menghasilkan tebal *overlay* dibawah kondisi eksisting sedangkan FAARFIELD dan LEDFAA mayoritas menghasilkan tebal *overlay* diatas kondisi eksisting.

Setiawan (2019), meneliti tentang Analisis Panjang *Runway* Bandara Raden Inten II untuk Pendaratan dan *Take Off* Pesawat Airbus A330-200 dan A330-300. Penelitian ini dilakukan dengan mengevaluasi kondisi yang ada dari Bandara Radin Inten II dan menganalisis apakah landasan pacu di Bandara Radin Inten II dapat mengakomodasi Airbus A330-200 dan A330-300. Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat peningkatan yang signifikan dalam kegiatan penumpang dan kargo. Selanjutnya, setelah dianalisis dengan metode ICAO diperoleh hasil Bandara Radin Inten II dapat melayani jenis pesawat Airbus A330-200 dengan panjang landasan pacu yang dibutuhkan 2.753 m untuk pesawat tersebut, sedangkan pesawat A330-300 tidak dapat dilayani karena pesawat ini membutuhkan panjang landasan 3.100 m untuk lepas landas dan mendarat dengan aman.

BAB III

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Bandara Tjilik Riwut Palangka Raya yang berlokasi di Jl. Adonis Samad, Panarung, kecamatan Pahandut, kota Palangka Raya. Penelitian akan dilakukan dalam beberapa tahap.

3.1 Tahap Persiapan

Tahap persiapan yang dimaksud adalah survei lokasi & pengumpulan informasi untuk mendapatkan gambaran sementara tentang lokasi penelitian, penentuan tujuan penelitian dan batasan masalah, pengumpulan literatur-literatur dan referensi yang menjadi landasan teori, serta pembuatan proposal penelitian. Dengan adanya tahap persiapan ini, akan memberikan gambaran tentang langkah-langkah yang akan diambil selanjutnya.

a. Survei lokasi

Pada tahap ini dilakukan pra survei ke lokasi yang akan dijadikan sebagai objek penelitian yang dimaksudkan untuk mendapatkan informasi dan gambaran sementara tentang lokasi penelitian serta untuk mengetahui permasalahan-permasalahan yang ada.

b. Penentuan tujuan penelitian dan batasan masalah

Pada tahap ini dilakukan penentuan tujuan yang akan dicapai pada akhir penelitian dengan memperhatikan judul dan permasalahan yang dipilih.

c. Studi pustaka

Pada tahap ini dilakukan studi pustaka dengan mengumpulkan literatur-literatur dan referensi yang ada hubungannya dengan judul penelitian yang dipilih kemudian ditelaah isinya untuk dijadikan sebagai bahan tinjauan pustaka.

3.2 Pengumpulan Data Penelitian

Data-data yang dikumpulkan adalah data sekunder. Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari sumber-sumber lain seperti buku referensi, studi pustaka, serta data yang diperoleh dari instansi terkait dari pihak pengelola Bandara Tjilik Riwut Palangka Raya.

a. Observasi

Observasi yaitu pengumpulan informasi dengan mengadakan pengamatan langsung terhadap objek yang akan diteliti. Dalam hal ini langsung melakukan observasi ke landasan pacu Bandara Tjilik Riwut Palangka Raya.

b. Studi Literatur

Studi literatur merupakan kajian teoritik yang dilakukan untuk mendapatkan informasi dengan cara mencari sumber-sumber data lewat buku yang berkaitan dengan penelitian. Data yang dikumpulkan meliputi :

- 1) Data pergerakan pesawat.
- 2) Data karakteristik pesawat.
- 3) Data dimensi landasan pacu Bandara Tjilik Riwut Palangka Raya.

- 4) Data bandara, meliputi kemiringan landasan, elevasi bandara dan temperatur udara.
- 5) Ketentuan-ketentuan perhitungan dalam metode FAA (*Federal Aviation Administration*) yang terkait penelitian.

3.3 Tahap Analisis

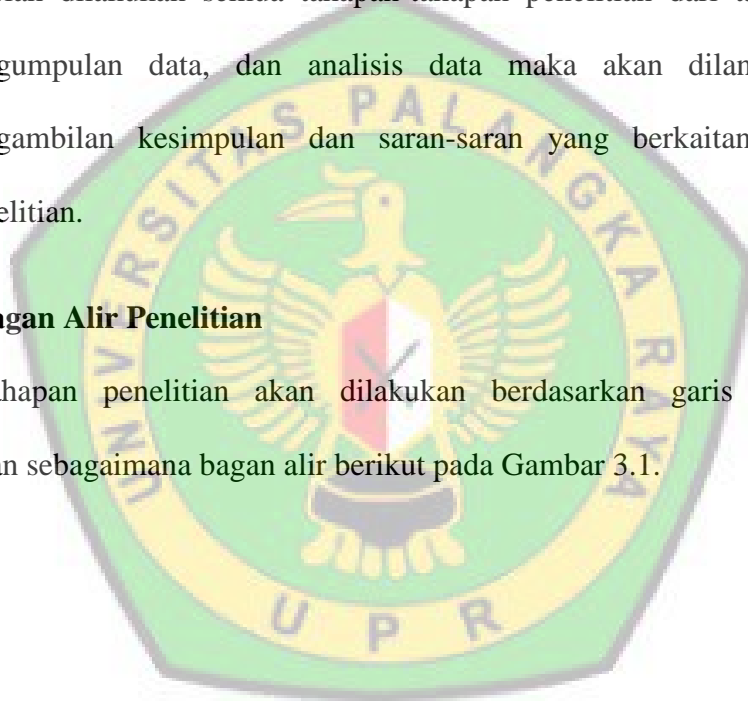
Tahap ini merupakan kajian data yang telah diperoleh berupa pengolahan data dan analisis kebutuhan penambahan panjang landasan pacu dan tebal *overlay* pada Bandara Tjilik Riwut Palangka Raya mengacu pada metode FAA. Tahapan-tahapan analisis data meliputi hal-hal berikut :

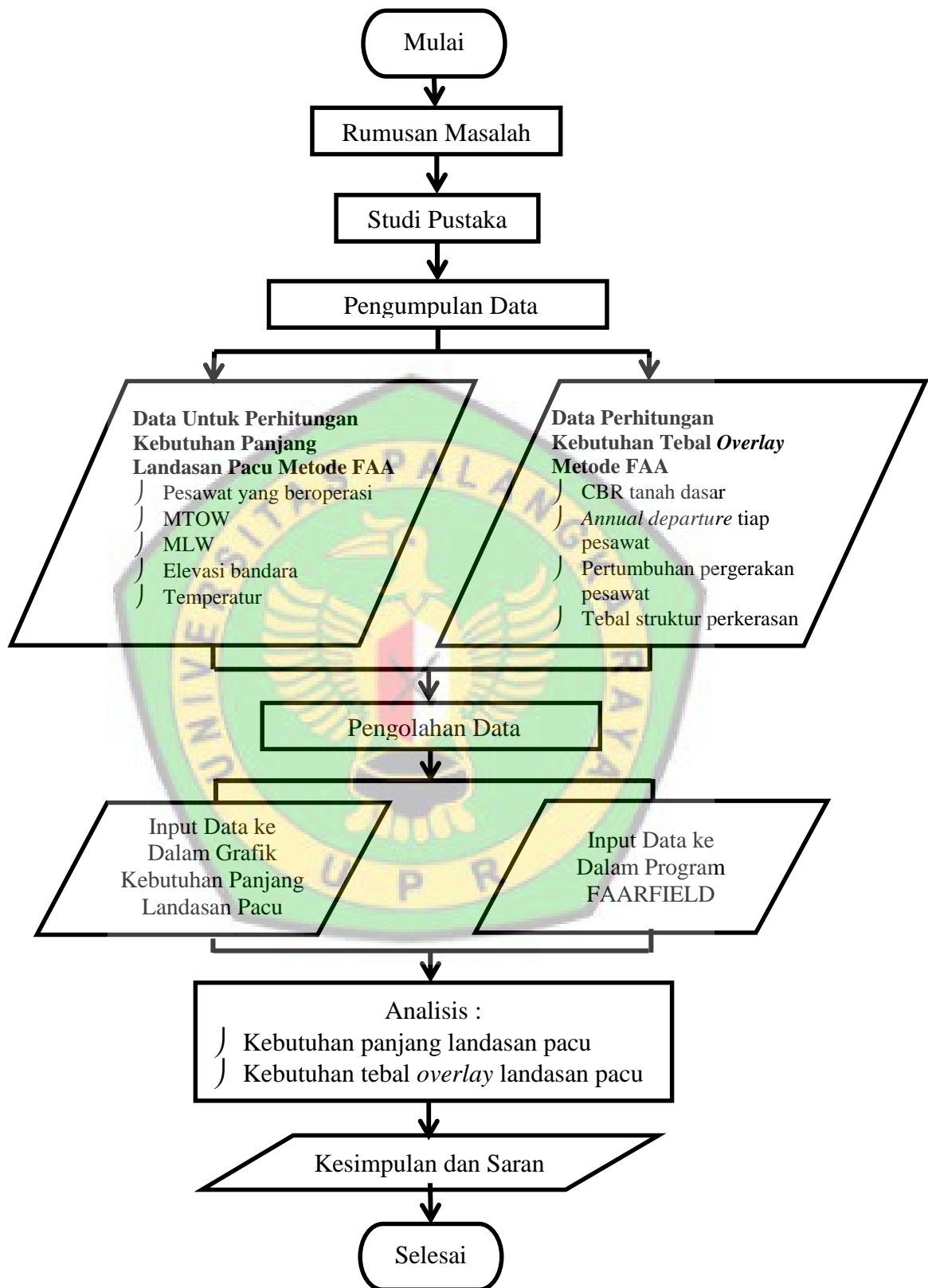
1. Menghitung panjang landasan pacu dengan metode FAA (AC 150/5325-4B), langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :
 - a) Melakukan identifikasi pesawat yakni dengan mencari pesawat yang beroperasi secara reguler di Bandara Tjilik Riwut Palangka Raya dan memiliki nilai ARFL terpanjang.
 - b) Menentukan kelompok pesawat sesuai Tabel 2.2.
 - c) Menentukan nilai MTOW, MLW, temperatur udara serta elevasi landasan pacu Bandara Tjilik Riwut Palangka Raya.
 - d) Masukkan semua nilai tersebut ke dalam sebuah grafik sesuai kelompok pesawat yang diatur dalam FAA sehingga didapat kebutuhan panjang landasan pacu untuk Bandara Tjilik Riwut Palangka Raya.
2. Menghitung tebal *overlay* yang diperlukan dengan metode FAA (AC 150/5320-6F) yang dibantu dengan program FAARFIELD, langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

- a) Menjalankan program FAARFIELD.
 - b) Input nilai CBR tanah dasar.
 - c) Input *annual departure* dari masing-masing pesawat yang beroperasi dan persentase pertumbuhan pergerakan pesawat.
 - d) Input tebal struktur perkerasan eksisting.
 - e) Melakukan analisis tebal *overlay*.
3. Setelah dilakukan semua tahapan-tahapan penelitian dari tahap persiapan, pengumpulan data, dan analisis data maka akan dilanjutkan dengan pengambilan kesimpulan dan saran-saran yang berkaitan dengan hasil penelitian.

3.4 Bagan Alir Penelitian

Tahapan penelitian akan dilakukan berdasarkan garis besar tahapan penelitian sebagaimana bagan alir berikut pada Gambar 3.1.





Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Kebutuhan penambahan panjang landasan pacu yang dibutuhkan untuk dapat melayani seluruh jenis pesawat yang beroperasi saat ini dengan aman pada kondisi MTOW adalah 400 m, sehingga panjang landasan total bertambah menjadi 2.900 m dengan kondisi eksisting panjang landasan saat ini adalah 2.500 m.
2. Kebutuhan tebal *overlay* menurut ketentuan FAA pada arah *runway* 16 (segmen 1, sepanjang 1.200 m) adalah 127,3 mm dengan umur rencana 20 tahun, sehingga dari kondisi eksisting saat ini yaitu telah dilakukan *overlay* dengan tebal 30 mm, maka dibutuhkan penambahan tebal *overlay* 100 mm. Sedangkan kebutuhan tebal *overlay* pada landasan yang belum dilakukan pekerjaan *overlay* yakni pada arah *runway* 34 (segmen 2, sepanjang 1.300 m) adalah 50,8 mm. Agar ketebalan *overlay* landasan sama, maka penambahan tebal *overlay* di arah *runway* 34 adalah sebesar 130 mm.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut :

1. Berdasarkan analisis serta pertimbangan terhadap faktor-faktor karakteristik pesawat dan lingkungan bandara, disarankan agar pengelola Bandara Tjilik

Riwut mempertimbangkan penambahan panjang landasan pacu sepanjang minimum 400 m dari kondisi eksisting saat ini serta penambahan tebal *overlay* 100 mm pada *runway* 16 dan 130 mm pada *runway* 34.

2. Kondisi landasan pacu Bandara Tjilik Riwut saat ini masih mampu mengakomodasi pesawat yang beroperasi, namun dengan mempertimbangkan faktor lingkungan bandara sebaiknya dilakukan evaluasi terhadap panjang landasan yang ada.
3. Perlu dilakukan koordinasi berbagai pihak dalam mengatasi adanya *obstacle* atau halangan berupa bangunan tinggi di sekitar lokasi bandara atau berada dalam Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP) khususnya kawasan perpanjangan landasan pacu karena ketinggiannya dapat mengganggu penerbangan.
4. Pada perhitungan kebutuhan panjang landasan pacu dengan grafik, penarikan garis seharusnya diperhitungkan dengan hati-hati dan teliti. Skala garis yang tidak tepat dapat menghasilkan data yang tidak tepat.
5. Analisis perhitungan tebal *overlay* pada penelitian ini menggunakan program FAARFIELD, oleh sebab itu penting untuk mengetahui dasar-dasar pengerjaan pada program FAARFIELD.
6. Melihat adanya jumlah pergerakan pesawat yang secara umum mengalami peningkatan, maka perlu adanya penelitian lebih lanjut dari segi kapasitas landasan pacu di masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, F., 2020. Penentuan Metode Peramalan pada Produksi Part New Granada Bowl ST Di PT. X. *Jurnal Integrasi Sistem Industri*, **7**(1), 31-39.
- Atmadjati, A., 2014. *Manajemen Operasional Bandar Udara*. Yogyakarta: Deepublish.
- Buku Panduan Penulisan Skripsi. Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya. 2021.
- Bandara Tjilik Riwut, 2008. Laporan Akhir RTT Sisi Udara Bandara Tjilik Riwut Palangka Raya.
- Direktorat Jenderal Perhubungan Udara. 2003. *Petunjuk Pelaksanaan Perencanaan/Perancangan Landasan Pacu, Taxiway, Apron pada Bandar Udara Nomor : SKEP/161/IX/03*. Peraturan Direktorat Jenderal Perhubungan Udara.
- FAA. 2005. *Advisory Circular (AC) 150/5323-4B, Runway Length Requirement for Airport Design*. Washington, D.C.: U.S. Department of Transportation Federal Aviation Administration.
- FAA. 2016. *Advisory Circular (AC) 150/5320-6F, Airport Pavement Design and Evaluation*. Washington, D.C.: U.S. Department of Transportation Federal Aviation Administration.
- Hasan, M. I., 1999. *Pokok-pokok Statistika*. Jakarta: Erlangga.
- Horonjeff, R. & McKelvey, F., 1993. *Perencanaan dan Perancangan Bandar Udara Jilid I*. Jakarta: Erlangga.
- Horonjeff, R. & McKelvey, F., Sproule, W. & Young, S., 2010. *Planning and Design of Airports, Fifth Edition*. New York: McGraw-Hill Education.
- Hosmer, D. W. & Lemeshow, S., 2000. *Applied Logistic Regression*. New York: John Wiley & Sons Inc.
- Muliasari, A. & Purnama, M. H., 2013. Analisa Rencana Overlay Landas Pacu Bandar Udara Iskandar Pangkalan Bun, Terhadap Equivalent Single Wheel Load (ESWL) Pesawat Boeing 737-900ER. *Warta Penelitian Perhubungan*, **25**(7), 468-475.

- Pemerintah Indonesia. 2009. *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2009 tentang Penerbangan*. Lembaran RI Tahun 2009 No. 1. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Pratama, H. Y., 2015. Analisis Tebal dan Perpanjangan Landasan Pacu pada Bandar Udara Internasional Sultan Mahmud Badaruddin II. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 5(1), 741-748.
- Prima, T., 2016. Evaluasi Tebal Perkerasan Landas Pacu dan Panjang Landas Pacu pada Bandara Husein Sastranegara. *Tugas Akhir Program Studi S-1 Teknik Sipil Universitas Kristen Maranatha*. Bandung.
- Purwanto, H. & Sunandar, A., 2019. Analisa Perencanaan *Runway*, *Taxiway*, dan *Apron* pada Bandara Sultan Mahmud Badaruddin II Palembang Menggunakan Metode FAA (*Federal Aviation Administration*). *Jurnal Deformasi*, 4(1), 21-30.
- Ramadhan, D., 2018. Analisis Struktur Perkerasan Lentur Landas Pacu Menggunakan Program Bantu COMFAA, FAARFIELD dan LEDFAA (Studi Kasus Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya). *Tugas Akhir Departemen Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh November*. Surabaya.
- Setiawan, D. M., Mahmudah, N. & Putra, E. L., 2019. Analisis Panjang Runway Bandara Inten II untuk Pendaratan dan *Take-off* Pesawat Airbus A330-200 dan A330-300. *Jurnal Semesta Teknika*, 22(1), 21-30.
- Suwarno, FX. W. A., 2001. *Tata Operasi Darat*. Jakarta: Grasindo.