

**ANALISIS RENCANA PENAMBAHAN TAHAP 1 *TAXIWAY*
ALPHA DAN BRAVO MENGGUNAKAN PERKERASAN *RIGID*
PAVEMENT DI BANDARA INTERNASIONAL KUALANAMU**

TUGAS AKHIR

Oleh:

ADE PRIMA MELIALA

NIT : 56192010001



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA BANDAR UDARA
PROGRAM SARJANA TERAPAN
POLITEKNIK PENERBANGAN PALEMBANG
JULI 2024**

**ANALISIS RENCANA PENAMBAHAN TAHAP 1 *TAXIWAY*
ALPHA DAN BRAVO MENGGUNAKAN PERKERASAN *RIGID*
PAVEMENT DI BANDARA INTERNASIONAL KUALANAMU**

TUGAS AKHIR

Karya tulis sebagai salah satu syarat lulus pendidikan
Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara
Program Sarjana Terapan

Oleh:

ADE PRIMA MELIALA

NIT : 56192010001



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA BANDAR UDARA
PROGRAM SARJANA TERAPAN
POLITEKNIK PENERBANGAN PALEMBANG
JULI 2024**

ABSTRAK

ANALISIS RENCANA PENAMBAHAN TAHAP 1 *TAXIWAY* ALPHA DAN BRAVO MENGGUNAKAN PERKERASAN *RIGID* *PAVEMENT* DI BANDARA INTERNASIONAL KUALANAMU

Oleh :

ADE PRIMA MELIALA

NIT: 56192010001

PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA BANDAR UDARA PROGRAM SARJANA TERAPAN

Penelitian ini mengintegrasikan analisis kebutuhan operasional saat ini dan proyeksi pertumbuhan masa depan untuk memastikan bahwa perancangan *taxiway* yang baru dapat mengakomodasi semua jenis pesawat dengan aman dan efisien. Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan tebal struktur perkerasan *taxiway* Alpha & Bravo menggunakan perkerasan *rigid pavement* dengan pesawat terkritis Boeing 777-300 ER di Bandara Internasional Kualanamu. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif deskriptif, Sampel penelitian ini adalah Bandar Udara Internasional Kualanamu, Deli Serdang. Teknik sampling yang digunakan adalah *purposive sampling*. Teknik pengumpulan data yang saya lakukan adalah dokumenter. Teknik analisis data yang digunakan adalah perhitungan PCN dengan metode klasik, perencanaan tebal perkerasan menggunakan *software* FAARFIELD, dan perhitungan nilai kode PCN dengan *software* COMFAA. Hasil penelitian ini menggambarkan perencanaan tambahan *taxiway alpha* dan *bravo* di Bandara Internasional Kualanamu untuk mengatasi peningkatan kapasitas pergerakan pesawat, penumpang, dan kargo yang telah melebihi kapasitas tahap 1. Analisis pertumbuhan pergerakan penumpang dan pesawat menunjukkan peningkatan rata-rata tahunan masing-masing sebesar 4,05% dan 1,2% dari tahun 2025 hingga 2045. Simpulan dari penelitian ini perencanaan tebal struktur perkerasan menggunakan bantuan *software* FAARFIELD dengan pesawat terkritis B777-300ER yaitu memiliki *subgrade k value* 31,5 MN/m³, *Base Course* 330 mm (33 cm), dan *Surfaces* 477,1 mm (47,71 cm). Kemudian hasil perhitungan PCN menggunakan *software* COMFAA memiliki nilai PCN dengan pesawat terkritis B777-300ER yaitu 348,2. Sedangkan nilai ACN nya adalah 109,7. Hal tersebut menandakan bahwa nilai PCN > ACN, dapat diartikan bahwa perencanaan perkerasan untuk penambahan *taxiway* paralel *alpha* dan *bravo* ini memenuhi syarat dengan kode PCN 109 R/C/W/T. Sehingga penelitian ini mendukung urgensi penambahan *taxiway* tahap 1 untuk memastikan keselamatan dan keandalan pergerakan udara di Bandara Internasional Kualanamu sesuai dengan pertumbuhan yang terus meningkat.

Kata Kunci : Boeing 777-300 ER, *Taxiway*, COMFAA, FAARFIELD, *Rigid Pavement*, PCN

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE PLAN FOR ADDITION OF STAGE 1 OF TAXIWAY ALPHA AND BRAVO USING RIGID PAVEMENT AT KUALANAMU INTERNATIONAL AIRPORT

By;

ADE PRIMA MELIALA

NIT: 56192010001

AIRPORT ENGINEERING TECHNOLOGY STUDIES PROGRAM APPLIED BACHELOR'S PROGRAM

This research integrates analysis of current operational needs and future growth projections to ensure that new taxiway designs can accommodate all types of aircraft safely and efficiently. This research aims to plan the thickness of the Alpha & Bravo taxiway pavement structure using rigid pavement with the most critical Boeing 777-300 ER aircraft at Kualanamu International Airport.

This research uses descriptive quantitative methods. The sample for this research is Kualanamu International Airport, Deli Serdang. The sampling technique used was purposive sampling. The data collection techniques that I used were literature study, field study and observation. The data analysis techniques used are PCN calculations using the classical method, pavement thickness planning using FAARFIELD software, and calculating PCN code values using COMFAA software. The results of this research describe the planning for additional alpha and bravo taxiways at Kualanamu International Airport to overcome the increase in aircraft, passenger and cargo movement capacity which has exceeded stage 1 capacity. Analysis of the growth of passenger and aircraft movements shows an annual average increase of 4,000, respectively. 05% and 1.2% from 2025 to 2045.

The conclusion of this research is planning the thickness of the pavement structure using the FAARFIELD software with the most critical aircraft B777-300ER which has a subgrade k value of 31.5 MN/m³, Base Course 330 mm (33 cm), and Surfaces 477.1 mm (47.71 cm). Then the PCN calculation results using COMFAA software have a PCN value for the most critical aircraft B777-300ER, namely 348.2. Meanwhile, the ACN value is 109.7. This indicates that the PCN > ACN value means that the pavement planning for the addition of alpha and bravo parallel taxiways meets the requirements of the PCN 109 R/C/W/T code. So this research supports the urgency of adding taxiway stage 1 to ensure the safety and reliability of air movement at Kualanamu International Airport in line with increasing growth.

Keywords: Boeing 777-300 ER, Taxiway, COMFAA, FAARFIELD, Rigid Pavement, PCN

PENGESAHAN PEMBIMBING

Tugas Akhir : “ANALISIS RENCANA PENAMBAHAN TAHAP 1 *TAXIWAY* ALPHA DAN BRAVO MENGGUNAKAN PERKERASAN *RIGID PAVEMENT* DI BANDARA INTERNASIONAL KUALANAMU” telah diperiksa dan disetujui untuk diuji sebagai salah satu syarat lulus pendidikan Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Bandar Udara Angkatan ke-1, Politeknik Penerbangan Palembang – Palembang.



Nama : ADE PRIMA MELIALA

NIT : 56192010001

PEMBIMBING I

Ir. VIKTOR SURYAN, S.T., M.Sc.
Penata Tk.1 (III/d)
NIP. 19861008 200912 1 004

PEMBIMBING II

MINULYA ESKA NUGRAHA, M.Pd.
Penata Muda Tk.1 (III/b)
NIP. 19880308 202012 1 006

KETUA PROGRAM STUDI

Ir. M. INDRA MARTADINATA, S.ST., M.Si.
Pembina (IV/a)
NIP. 19810306 200212 1 001

PENGESAHAN PENGUJI

Tugas Akhir : “ANALISIS RENCANA PENAMBAHAN TAHAP 1 *TAXIWAY* ALPHA DAN BRAVO MENGGUNAKAN PERKERASAN *RIGID PAVEMENT* DI BANDARA INTERNASIONAL KUALANAMU” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Tugas Akhir Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Bandar Udara Angkatan ke-1, Politeknik Penerbangan Palembang – Palembang. Tugas Akhir ini telah dinyatakan LULUS Program Sarjana Terapan pada tanggal 23 Juli 2024.

KETUA

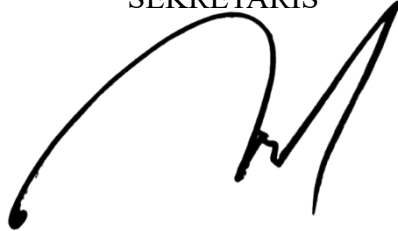


WILDAN NUGRAHA, S.E., MS.ASM

Penata (III/c)

NIP. 19890121 200912 1 002

SEKRETARIS



MINULYA ESKA NUGRAHA, M.Pd.

Penata Muda Tk.1 (III/b)

NIP. 19880308 202012 1 006

ANGGOTA



ANTON ABDULLAH, S.T., M.M

Pembina (IV/a)

NIP. 19781025 200003 1 001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ade Prima Meliala

NIT : 56192010001

Program Studi : Diploma IV Teknologi Rekayasa Bandar Udara

Menyatakan bahwa tugas akhir berjudul “**ANALISIS RENCANA PENAMBAHAN TAHAP 1 TAXIWAY ALPHA DAN BRAVO MENGGUNAKAN PERKERASAN RIGID PAVEMENT DI BANDARA INTERNASIONAL KUALANAMU**” merupakan karya asli saya bukan merupakan hasil plagiarisme

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya, dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi berupa pencabutan gelar akademik dari Politeknik Penerbangan Palembang.

Demikian Pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak manapun.

Palembang, 23 Juli 2024

Yang Membuat Pernyataan



Ade Prima Meliala

PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR

Tugas akhir program sarjana terapan yang tidak dipublikasikan terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Politeknik Penerbangan Palembang, dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada pengarang dengan mengikuti aturan HaKI yang berlaku di Politeknik Penerbangan Palembang. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau peringkasan hanya dapat dilakukan seizin pengarang dan harus disertai dengan kaidah ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Sitasi hasil penelitian Tugas akhir ini dapat ditulis dalam bahasa Indonesia sebagai berikut:

Meliala, A.P. (2024): ANALISIS RENCANA PENAMBAHAN TAHAP 1
TAXIWAY ALPHA DAN BRAVO MENGGUNAKAN PERKERASAN
RIGID PAVEMENT DI BANDARA INTERNASIONAL KUALANAMU.
Tugas Akhir Program Sarjana Terapan, Politeknik Penerbangan Palembang.

Memperbanyak atau menerbitkan sebagian atau seluruh tugas akhir haruslah seizin Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara, Politeknik Penerbangan Palembang.

Dipersembahkan kepada
Ayahanda Marlan Sembiring dan Ibunda Kuswardini

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan ke kehadiran Tuhan yang maha Esa, yang telah memberikan Rahmat dan kasih-Nya serta diiringi doa orang tua, keluarga, dan teman-teman tersayang sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan program Diploma IV Teknologi Rekayasa Bandar Udara yang diselenggarakan oleh Politeknik Penerbangan Palembang, penulis membuat tugas akhir ini yang berjudul : “Analisis Rencana Penambahan Tahap 1 *Taxiway* Alpha Dan Bravo Menggunakan Perkerasan *Rigid Pavement* Di Bandara Internasional Kualanamu”.

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis menyadari masih terdapat beberapa kekurangan, baik ditinjau dari cara penyajian penulisan, penyajian materi, serta dalam penggunaan bahasa, mengingatkan keterbatasan kemampuan yang dimiliki oleh penulis. Penulis mengucapkan terima kasih dari lubuk hati kepada pihak-pihak yang telah memberikan dukungan moral serta bimbingan kepada penulis. Ucapan terima kasih ini ditujukan kepada :

1. Tuhan Yang Maha Esa karena kasih dan karunia-Nya masih diberikan kesehatan, kekuatan, serta kelimpahan dalam mengerjakan tugas akhir;
2. Kedua orang tua karena yang telah memberikan restu, doa, bantuan serta dukungan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik dan lancar;
3. Saudara kandung saya Frisca Aprilya Br Sembiring dan Egia Keykenanta Meliala karena telah memberikan perhatian, semangat, dukungan, dan kasih sayang;
4. Bapak Sukahir, S.Si.T., M.T. selaku Direktur Politeknik Penerbangan Palembang;
5. Bapak M. Indra Martadinata, S.ST., M.Si. selaku Ketua Program Studi Diploma IV Teknologi Rekayasa Bandar Udara;
6. Bapak Ir. Viktor Suryan, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing I yang telah melakukan pendampingan dalam proses penyelesaian tugas akhir ini;

7. Bapak Minulya Eska Nugraha, M.Pd. selaku dosen pembimbing II yang telah melakukan pendampingan dalam proses penyelesaian tugas akhir ini;
8. Ibu Ir. Direstu Amalia S.T., MS.ASM. selaku dosen Metodologi Penelitian yang telah melakukan pendampingan dalam proses penyelesaian tugas akhir ini;
9. Semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu yang telah membantu secara sukarela segala keperluan penulis selama melakukan penulisan Tugas Akhir;
10. Berbagai sumber, dokumen, jurnal, dan literatur yang turut mendukung dalam penulisan Tugas Akhir penulis;
11. Seluruh teman-teman seperjuangan, D.IV TRBU 1 ALPHA, yang selalu kompak untuk saling memberikan dukungan dan semangat satu sama lain selama melaksanakan pendidikan di Politeknik Penerbangan Palembang;
12. Saudari Jesica Barus yang selalu memberi *support*, doa, serta motivasi.

Dengan penuh rasa hormat, saya berharap bahwa tulisan ini dapat memberikan kontribusi yang berarti dan bermanfaat bagi pembaca, serta menjadi pijakan awal untuk lebih mendalaminya dalam pemahaman dan eksplorasi topik yang dibahas. Terima kasih atas perhatian dan kesempatan yang diberikan. Selamat membaca dan semoga bermanfaat.

Palembang, 23 Juli 2024



TAR. ADE PRIMA MELIALA
NIT. 56192010001

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
<i>ABSTRACT</i>	ii
PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iii
PENGESAHAN PENGUJI.....	iv
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	v
PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR	vi
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR GAMBAR DAN ILUSTRASI	xv
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	3
C. Tujuan.....	3
D. Manfaat	4
E. Batasan Masalah.....	4
F. Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Landasan Teori	6
1. Bandar Udara.....	6
2. Analisis	7
3. Rencana Induk Bandar Udara.....	7

4. Fasilitas Sisi Udara Bandar Udara.....	7
5. Landas Hubung (<i>Taxiway</i>).....	8
6. Kargo	11
7. Konstruksi Perkerasan	11
8. Perkerasan Kaku (<i>Rigid Pavement</i>).....	12
9. FAA (Federal Aviation Administration)	14
10. <i>Software</i> FAARFIELD	14
11. <i>Software</i> COMFAA	15
12. Karakteristik Pesawat Kritis B 777-300 ER.....	16
13. Ketentuan Pembebanan Pesawat Rencana/Terkritis.....	17
14. Metode Peramalan (<i>Forecasting</i>)	18
15. Metode Perencanaan Perkerasan	21
16. Pavement Classification Number (PCN).....	30
B. Penelitian Yang Relevan	33
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	45
A. Metode Penelitian.....	45
B. Variabel Penelitian	46
1. Variabel Bebas (<i>Independen</i>).....	46
2. Variabel Terikat (<i>Dependen</i>).....	46
C. Populasi dan Sampel	47
1. Populasi	47
2. Sampel	47
D. Teknik Pengumpulan Data	47
E. Analisis Data	48
1. Perhitungan <i>Forecasting</i> dengan Analisis Regresi Linear	48
2. Perhitungan PCN dengan Metode Klasik.....	49

3. Perencanaan Tebal Perkerasan FAARFIELD.....	49
4. Perhitungan PCN dengan Metode COMFAA	49
F. Bagan Alir	50
G. Jadwal Pelaksanaan.....	51
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	52
A. Hasil	52
1. Data Pergerakan Penumpang.....	53
2. Data Pergerakan Pesawat	54
3. Perhitungan <i>Forecasting</i>	54
4. Data Penerbangan.....	59
5. Perhitungan PCN dengan Metode Klasik.....	59
6. Perhitungan Tebal Perkerasan dengan <i>Software</i> FAAERFIELD.....	65
7. Evaluasi Kekuatan Tebal Perkerasan Kaku (<i>Rigid Pavement</i>).....	67
8. Detailed Engineering Desain (DED).....	69
9. Rancangan Anggaran Biaya (RAB)	68
B. Pembahasan.....	70
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	75
A. Kesimpulan	75
B. Saran.....	75
DAFTAR PUSTAKA.....	76
LAMPIRAN.....	82

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A	<i>Masterplan</i> Rencana Induk Bandara Internasional Kualanamu	83
LAMPIRAN B	<i>Holding Bays</i>	83
LAMPIRAN C	Lahan Perencanaan	84
	C. 1 Lahan Perencanaan <i>Taxiway Alpha</i> dan <i>Bravo</i>	84
	C. 2 Lahan Perencanaan <i>Taxiway Alpha</i> dan <i>Bravo</i>	84
LAMPIRAN D	<i>Layering Struktur Taxiway</i> Bandara Internasional Kualanamu..	85
LAMPIRAN E	Rumus <i>Forecasting</i>	86
	E. 1 Rumus <i>Forecasting</i> Pergerakan Penumpang	86
	E. 2 Hasil Perhitungan Peramalan Penumpang (<i>Forecasting</i>)	87
	E. 3 Rumus <i>Forecasting</i> Pergerakan Penumpang	90
	E. 4 Hasil Perhitungan Peramalan (<i>Forecasting</i>) 2025-2045.....	91
LAMPIRAN F	Perhitungan Tebal Perkerasan dengan <i>Software</i> FAARFIELD...94	
	F. 1 Membuka <i>Software FAARFIELD</i>	94
	F. 2 Memilih menu “ <i>New Job</i> ” untuk membuat lembar kerja baru	94
	F. 3 Memilih <i>Section Name</i> “ <i>New Rigid</i> ” pada <i>Samples</i> kemudian di salin ke <i>Job Files</i> “Tugas Akhir”.....	95
	F. 4 Pilih menu <i>structure</i> untuk menentukan tebal perkerasan , yang dimana data tebal perkerasan didapat dari kondisi <i>eksisiting</i>	95
	F. 5 Menentukan tebal perkerasan sesuai dengan data yang telah didapat dari bandara.	96
	F. 6 Masukkan data <i>Annual Departure</i> dengan klik menu “ <i>Airplane</i> ”.....	96
	F. 7 Klik menu <i>Design Structure</i> untuk mengetahui tebal perkerasan yang dibutuhkan	97
	F. 8 Hasil <i>design life</i> didapatkan hasil 20 tahun	97
LAMPIRAN G	Evaluasi Kekuatan Tebal Perkerasan Kaku (<i>Rigid Pavement</i>)...98	
	G. 1 Membuka <i>Software</i> COMFAA	98
	G. 2 Memilih grup pesawat pada “ <i>Aircraft Group</i> ” berdasarkan data lalu lintas rencana	98

G. 3 Memilih jenis pesawat yang digunakan berdasarkan data lalu lintas di “ <i>Library Aircraft</i> ”, lalu klik “ <i>Add Aircraft</i> ” untuk menambahkan kedalam External Library kemudian klik “OK”	99
G. 4 Tampilan Setelah Menambahkan Tipe Pesawat	99
G. 5 Memasukkan nilai <i>annual departure</i> tahunan pada masing-masing pesawat dalam data lalu lintas campuran dengan memilih “ <i>Open Aircraft Window</i> ”, kemudian klik angka pada “ <i>annual departure</i> ” dan masukkan nilai <i>annual departure</i> sesuai pesawat rencana dan klik Ok.....	100
G. 6 Memasukkan nilai <i>annual departure</i>	100
G. 7 Tampilan setelah memasukkan nilai <i>annual departure</i>	101
G. 8 Memilih satu jenis pesawat rencana sebagai pesawat kritis dengan klik kanan pesawat rencana pada “ <i>Library Aircraft</i> ” sehingga muncul di “ <i>Critical Aircraft</i> ”	101
G. 9 Penentuan tebal evaluasi menggunakan <i>Spreadsheet</i> COMFAA pada <i>sheet “RigidPCN”</i> , kemudian masukkan nilai pada material yang digunakan.....	102
G. 10 Memasukkan nilai tanah dasar dengan mengeklik k,MN/m ³ , masukkan nilai tanah k,MN/m ³ dasar kemudian klik OK.	102
G. 11 Memasukkan hasil perhitungan tebal perkerasan kaku metode FAA dalam satuan mm pada “ <i>Evaluation Thickness</i> ” lalu klik OK	103
G. 12 Memilih mode “ <i>PCN Rigid Batch</i> ” untuk <i>running</i>	103
G. 13 Memilih “ <i>Details</i> ” untuk melihat hasil <i>running</i> , yaitu data ACN dan PCN pada setiap pesawat	104
G. 14 K Value 31,5 MN/m ³ termasuk dalam tanah dasar kategori C	104
G. 15 Hasil Akhir Nilai PCN dan ACN	105
LAMPIRAN H Rincian Anggaran Biaya	106
LAMPIRAN J Lembar Bimbingan	109
J. 1 Dosen Pembimbing I.....	109
J. 2 Dosen Pembimbing II	110

DAFTAR GAMBAR DAN ILUSTRASI

Gambar II. 1 <i>Taxiway</i> Bandara Internasional Kualanamu	9
Gambar II. 2 Layering Struktur Perkerasan <i>Taxiway</i> Bandara Internasional Kualanamu	9
Gambar II. 3 <i>Software</i> FAARFIELD	15
Gambar II. 4 <i>Software</i> COMFAA	16
Gambar II. 5 Konfigurasi Roda Pesawat B777-300ER	17
Gambar II. 6 Ilustrasi Garis Regresi Linear	20
Gambar II. 7 Kurva Korelasi Perkerasan kaku Pesawat Kritis B777-300ER	26
Gambar III. 1 Pengaruh <i>annual departure</i> terhadap rencana penambahan <i>taxiway</i>	46
Gambar III. 2 <i>Flowchart</i> Alur Penelitian	50
Gambar IV. 1 Lahan Perencanaan Penambahan <i>Taxiway</i> A6-A9 dan B1-B3	52
Gambar IV. 2 <i>Wheel Main Gear</i> A320-200	60
Gambar IV. 3 <i>Wheel Main Gear</i> B 777-300ER	61
Gambar IV. 4 <i>Layering Taxiway Flexural Strength</i>	64
Gambar IV. 5 Kurva Korelasi Perkerasan Kaku Pesawat B777-300ER	64
Gambar IV. 6 Hasil <i>Design Structure</i>	66
Gambar IV. 7 Kategori <i>Subgrade k Value</i>	67
Gambar IV. 8 <i>Result Value</i> ACN dan PCN	67
Gambar IV. 9 Perencanaan <i>Taxiway</i> Alpha 6-9 dan <i>Taxiway</i> Bravo 1-3.....	69
Gambar IV. 10 Rata-Rata Pertumbuhan Pergerakan Penumpang Tahun 2025-2045	70
Gambar IV. 11 Proyeksi Jumlah Pergerakan Penumpang	71
Gambar IV. 12 Rata Rata Pertumbuhan Pergerakan Pesawat Tahun 2025-2045 ..	71
Gambar IV. 13 Proyeksi jumlah Pergerakan Pesawat	72
Gambar IV. 14 Potongan Memanjang <i>Taxiway</i> B1	73
Gambar IV. 15 Potongan Memanjang <i>Taxiway</i> A6-A9 dan B2 dan B3	73
Gambar IV. 16 Potongan Melintang <i>Taxiway</i> A6-A9 dan B1-B3	74

DAFTAR TABEL

Tabel I. 1 Data Statistik Angkutan Udara Tahun 2018-2023	2
Tabel II. 1 Data Karakteristik <i>Taxiway</i> Bandara Internasional Kualanamu	9
Tabel II. 2 Jarak aman antara Roda Terluar Pesawat dan Tepi <i>Taxiway</i>	10
Tabel II. 3 Lebar <i>Taxiway</i>	10
Tabel II. 4 <i>Air Classification Number</i> (ACN).....	16
Tabel II. 5 Faktor Konfigurasi <i>Landing Gear</i> Pesawat	22
Tabel II. 6 Nilai CBR <i>Subgrade</i>	24
Tabel II. 7 Kebutuhan Tebal Minimum Lapisan Aus	27
Tabel II. 8 Kebutuhan Tebal Minimum Lapisan <i>Base Course</i>	28
Tabel II. 9 Faktor Konversi Tebal Perkerasan FAA	29
Tabel II. 10 Minimum Tebal Lapisan Perkerasan Kaku.....	30
Tabel II. 11 Jenis Perkerasan untuk penentuan ACN-PCN	31
Tabel II. 12 Kategori Kekuatan <i>Subgrade</i>	31
Tabel II. 13 Kategori tekanan ban maksimum yang diijinkan	32
Tabel II. 14 Metode Evaluasi	32
Tabel III. 1 Tahap Pelaksanaan Penelitian	51
Tabel IV. 1 Data Pergerakan Penumpang Bandara Internasional Kualanamu	53
Tabel IV. 2 Data Pergerakan Pesawat Bandara Internasional Kualanamu	54
Tabel IV. 3 Data Perhitungan <i>Forecasting</i> Penumpang	55
Tabel IV. 4 Hasil Perhitungan Peramalan (<i>Forecasting</i>) 2025-2045	56
Tabel IV. 5 Data Perhitungan <i>Forecasting</i> Pesawat	57
Tabel IV. 6 Hasil Perhitungan Peramalan (<i>Forecasting</i>) 2025-2045	58
Tabel IV. 7 Data Penerbangan Bandara Internasional Kualanamu 2023	59
Tabel IV. 8 Hasil Perhitungan R_2	59
Tabel IV. 9 Hasil Perhitungan W_2	60
Tabel IV. 10 Hasil Perhitungan W_1	61
Tabel IV. 11 Hasil Perhitungan R_1	62
Tabel IV. 13 Rancangan Anggaran Biaya.....	68

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

SINGKATAN	Nama	Pemakaian Pertama kali pada halaman
PCN	<i>Pavement Classification Number</i>	1
ACN	<i>Aircraft Classification Number</i>	16
FAA	<i>Federal Aviation Administration</i>	1
FAARFIELD	<i>FAA Rigid and Flexible Iterative Elastic Layer Design</i>	1
ICAO	<i>Internasional Civil Aviation Organization</i>	36
KNO	Kode IATA Bandara Internasional Kualanamu	1
CBR	<i>California Beating Ratio</i>	1
LCN	<i>Load Classification Number</i>	1
AC	<i>Advisory Circular</i>	22
CDF	<i>Cumulative Damage Factor</i>	1
HWD	<i>Heavy Weight Deflectometer</i>	32
LAMBANG		
Σ	Sigma	22
Log	Logaritma	25
R ₁	Menghitung <i>Equivalent Annual Departures</i>	25
R ₂	Menghitung <i>Gear Departure</i> Tiap Pesawat	23
W ₁	Menghitung Beban Roda Pesawat Kritis	24
W ₂	Menghitung Beban Roda Pesawat Terpilih	23

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Bandar udara adalah landasan utama pendukung transportasi udara yang tugasnya tidak hanya sebatas sebagai penghubung penyelenggaraan transportasi udara dan sebagai tempat perpindahan sarana transportasi saja, namun juga sebagai pintu serta pendorong dan penunjang dalam kegiatan perekonomian, industri, dan pariwisata pada suatu daerah. Untuk itu bandar udara memerlukan perencanaan dan pengelolaan secara optimal pada fasilitasnya, baik sisi darat maupun sisi udara (Rintawati & Sari, 2022). Bandara Internasional Kualanamu (KNO) adalah bandara utama dan tersibuk di Indonesia salah satunya yang mengalami pertumbuhan pesat dalam pergerakan pesawat yang mendarat dan juga lepas landas setiap harinya (Permatasari, 2017). Fenomena ini tidak hanya mencerminkan pertumbuhan industri penerbangan di Indonesia, tetapi juga menunjukkan pentingnya Bandara Internasional Kualanamu (KNO) sebagai hub transportasi yang krusial.

Taxiway adalah jalur di bandara yang dirancang khusus untuk pergerakan pesawat yang sedang melakukan *taxing*. Fungsi utamanya adalah menghubungkan landasan pacu dengan terminal atau hanggar pemeliharaan. (Ramadhika, 2019). Mirip dengan jalan raya yang dibangun dengan perkerasan untuk menahan beban kendaraan, ketiga fasilitas di sisi udara tersebut juga dilengkapi dengan perkerasan untuk menahan beban operasional pesawat. Permukaan *taxiway* pada Bandara Internasional Kualanamu menggunakan tipe perkerasan *rigid pavement* dengan nilai PCN 109 R/C/W/T. Tipe perkerasan tersebut digunakan karena dengan pergerakan pesawat udara yang cukup padat dan mampu untuk menahan beban statis ketika pesawat sedang *holding bay* (menunggu antrean) karena dengan sifat beton tahan terhadap tarik dan kuat terhadap dorong dari beban pesawat tersebut. Setiap lapisan (*layer*) dirancang dengan ketebalan tertentu agar mampu menahan beban pesawat tanpa menyebabkan kegagalan pada perkerasan bandara. Perkerasan, atau struktur lapisan jalan, terdiri dari berbagai lapisan material. Jenis perkerasan yang menggabungkan beton dan agregat dikenal sebagai perkerasan kaku (*rigid pavement*). Saat ini, terdapat berbagai metode yang dapat digunakan untuk merencanakan ketebalan perkerasan landas pacu di bandar udara. Beberapa

di antaranya adalah metode CBR (*California Bearing Ratio*), FAA (*Federal Aviation Administration*), LCN (*Load Classification Number*), *US Army Corps Engineer*, *Asphalt Institute*, dan lain-lain. Adapula program-program bantu seperti, FAARFIELD (*FAA Rigid and Flexible Iterative Elastic Layer Design*) dan COMFAA yang dikembangkan oleh FAA guna mempermudah proses perencanaan tebal perkerasan di bandar udara (Fauzi, 2018).

Kekuatan perkerasan merupakan faktor krusial dalam menentukan jenis operasional pesawat udara di sebuah bandara. Seiring dengan peningkatan pergerakan pesawat, beban yang diterima oleh *taxiway* Bandara Internasional Kualanamu menjadi semakin besar, *Taxiway* yang berfungsi sebagai infrastruktur kunci dalam operasional bandara harus mampu menahan beban yang dihasilkan oleh pesawat berbagai ukuran dan jenis, mulai dari pesawat kecil hingga pesawat besar berbadan lebar (Solekan, 2018). Peningkatan pergerakan pesawat penumpang dan kargo yang melebihi prakiraan kapasitas tahap 1 menjadi hal yang menarik untuk dilakukan penelitian untuk merencanakan pembangunan *Taxiway Alpha & Bravo*.

Tabel I. 1 Data Statistik Angkutan Udara Tahun 2018-2023

Tahun 2018	Penerbangan	Pesawat	Penumpang	Cargo (Kg)
	Dom	68.274	10.764.804	89.829.213
	Int	17.068	4.699.100	48.244.625
	Total	85.342	15.463.904	138.073.838
Tahun 2019	Penerbangan	Pesawat	Penumpang	Cargo (Kg)
	Dom	55.752	8.315.034	83.436.888
	Int	13.938	4.749.290	50.355.315
	Total	69.690	13.064.324	133.792.203
Tahun 2020	Penerbangan	Pesawat	Penumpang	Cargo (Kg)
	Dom	32.748	5.448.879	88.160.956
	Int	8.187	2.918.320	45.987.947
	Total	40.935	8.367.199	134.148.903
Tahun 2021	Penerbangan	Pesawat	Penumpang	Cargo (Kg)
	Dom	29.671	5.544.769	100.672.327
	Int	7.418	2.052.004	43.241.872
	Total	37.089	7.596.773	143.914.199
Tahun 2022	Penerbangan	Pesawat	Penumpang	Cargo (Kg)
	Dom	43.910	10.829.262	92.663.528
	Int	10.978	4.616.642	43.603.587
	Total	54.888	15.445.904	136.267.115
Tahun 2023	Penerbangan	Pesawat	Penumpang	Cargo (Kg)
	Dom	51.134	8.019.690	88.680.491
	Int	12.784	4.368.983	45.060.556
	Total	63.918	12.388.673	133.741.047
	Rata-Rata	58.644	12.133.296	136.656.218

Sumber : *Unit Airport Data Management / 8391*

Berdasarkan Tabel I.1 pergerakan pesawat, penumpang, dan kargo selama dari tahun 2018 sampai 2023 di Bandara Internasional Kualanamu mengalami aktifitas *traffic* yang padat. Data di atas juga menunjukkan pergerakan pesawat, penumpang, dan kargo meningkat melebihi prakiraan tahap 1. Dilansir dari rencana induk, penumpang dan berat muatan kargo yang dicapai 6 tahun tersebut rata-rata lebih dari kapasitas tahap 1 yang ditetapkan. Kapasitas tahap 1 untuk pergerakan pesawat pada KP 482 Tahun 2018 dengan total 57.442, sedangkan pada rata-rata yang didapat dengan total 58.644. Kapasitas tahap 1 untuk penumpang pada KP 482 Tahun 2018 dengan total 11.980.000, sedangkan pada rata-rata data yang didapat adalah 12.133.296. Dan Kapasitas tahap 1 untuk muatan kargo pada KP 482 Tahun 2018 dengan total 133.740.000 sedangkan pada rata-rata yang didapat adalah 136.656.218. Hal ini menjadi urgensi dalam perencanaan penambahan *taxiway alpha & bravo* sebagai akses pergerakan pesawat udara pada saat *taxing* agar tidak menyebabkan pergerakan pesawat yang tidak maksimal saat keluar/masuk apron yang mengakibatkan *holding bay*. *Holding bay* merupakan salah satu faktor yang mengakibatkan keterlambatan ataupun belum optimalnya pergerakan pesawat udara di sisi udara berdampak pada *delay* dalam suatu penerbangan. Oleh karena itu, perlu direncanakan *taxiway alpha* dan *bravo* sebagai *taxiway* yang direncanakan sesuai dengan rencana induk Bandara Internasional Kualanamu tersebut. Sehingga berdasarkan hal tersebut penulis membuat tugas akhir dengan judul: ANALISIS RENCANA PENAMBAHAN TAHAP 1 TAXIWAY ALPHA DAN BRAVO MENGGUNAKAN PERKERASAN RIGID PAVEMENT DI BANDARA INTERNASIONAL KUALANAMU.

B. Identifikasi Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini yaitu bagaimana menganalisis rencana tebal struktur perkerasan *taxiway Alpha & Bravo* menggunakan perkerasan *rigid pavement* di Bandara Internasional Kualanamu?

C. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis rencana tebal struktur perkerasan *taxiway Alpha & Bravo* menggunakan perkerasan *rigid pavement* dengan pesawat kritis Boeing 777-300ER.

D. Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sebagai analisa yang dapat digunakan sebagai rujukan dalam perencanaan *Taxiway Alpha & Bravo* di Bandara Internasional Kualanamu.
2. Sebagai bahan evaluasi bagi pihak Otoritas Bandar Udara sehingga dapat dijadikan pertimbangan pembangunan *Taxiway Alpha & Bravo*.
3. Menambah pengetahuan dalam penggunaan aplikasi COMFAA dalam menentukan suatu perkerasan yang digunakan.

E. Batasan Masalah

Supaya penelitian ini tetap fokus dan tidak menyimpang dari topik yang dibahas, rincian berikut disajikan dengan cermat :

1. Lokasi penelitian di Bandar Udara Internasional Kualanamu, Kabupaten Deli Serdang, Provinsi Sumatera Utara.
2. Objek penelitian yaitu landas hubung (*taxiway*) yang akan dibangun.
3. Tidak menghitung dan menentukan kekuatan tanah dasar (CBR hasil dari data bandara)
4. Pesawat kritis Boeing 777-300ER
5. Tidak membahas tentang perencanaan marka
6. Membahas mengenai perencanaan perkerasan dengan metode COMFAA
7. Tidak memperhitungkan struktur saluran samping *taxiway*

F. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan sebagai berikut

1. BAB I Pendahuluan
 - a. Latar belakang mengandung penjelasan tentang apa dan mengapa topik yang dipilih memiliki arti penting untuk dibahas.
 - b. Identifikasi masalah merupakan langkah untuk mengidentifikasi masalah yang mungkin timbul dari topik yang dipilih.
 - c. tujuan dari penelitian ini merumuskan tujuan utama dari masalah
 - d. Manfaat dari penelitian ini adalah kegunaan dari hasil yang diharapkan

e. batasan masalah yang dimaksud adalah memilih masalah dari kemungkinan yang ada serta argumentasi.

2. BAB II Tinjauan Pustaka

Bab tinjauan pustaka berisi teori dasar dan ulasan penelitian-penelitian yang ada dan kajian pustaka terkait dengan topik tugas akhir D.IV Teori dasar yang dituliskan hanya yang akan digunakan dalam pembahasan/analisis. Tinjauan pustaka sebaiknya disusun berdasarkan perkembangan cabang ilmu pengetahuan yang terkandung di dalamnya. Dalam studi pustaka tersebut, perlu mencakup ulasan tentang kesimpulan dari setiap judul yang tercantum dalam daftar pustaka. Terkait dengan hal ini, taruna D.IV didorong untuk dapat menunjukkan pemahaman yang komprehensif tentang literatur yang relevan dalam bidang studinya.

3. BAB III Metodologi Penelitian

Berisikan metode yang digunakan, tahapan sesuai dengan metode yang dipilih. waktu dan tempat penelitian, Populasi & Sampel (jika ada), Objek Penelitian, Tempat dan Waktu penelitian.

4. BAB IV HASIL Dan Pembahasan

Berisikan hasil-hasil bagian penting yang menyoroti temuan-temuan dari penelitian yang dilakukan serta analisis mendalam terhadap hasil tersebut. Hasil dan pembahasan dirancang untuk tidak hanya menggambarkan apa yang telah ditemukan dalam penelitian, tetapi juga untuk menjelaskan mengapa temuan-temuan tersebut penting dan bagaimana mereka dapat memberikan kontribusi terhadap pengetahuan dalam bidang studi yang bersangkutan.

5. BAB V Simpulan dan Saran

Berisikan kesimpulan menyeluruh dari hasil dan pembahasan. Simpulan dan saran dalam tugas akhir secara keseluruhan bertujuan untuk merangkum dan menafsirkan temuan penelitian, serta untuk memberikan arahan bagi pengembangan ilmu pengetahuan, praktik, atau kebijakan di masa depan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. Bandar Udara

Bandar Udara merupakan kawasan di daratan atau perairan yang difungsikan sebagai tempat pesawat untuk mendarat, lepas landas, menaikkan dan menurunkan penumpang, serta melakukan bongkar muat barang. Kawasan ini dilengkapi dengan berbagai fasilitas keselamatan dan keamanan penerbangan, serta fasilitas pendukung lainnya (Ramdani et al., 2022).

Bandar udara merupakan prasarana utama penunjang transportasi udara yang perannya tidak hanya terbatas sebagai simpul jaringan transportasi udara serta tempat kegiatan alih moda transportasi saja, melainkan juga sebagai pintu gerbang serta pendorong dan penunjang dalam kegiatan perekonomian, industri, dan pariwisata pada suatu daerah. Untuk itu bandar udara memerlukan perencanaan dan pengelolaan secara optimal pada fasilitasnya, baik sisi darat maupun sisi udara (Stefanus et al., 2022).

Dapat disimpulkan bahwa Bandar udara merupakan area yang didesain untuk kegiatan pendaratan dan lepas landas pesawat udara, serta melayani penumpang dan pengiriman barang dengan fasilitas keselamatan dan keamanan penerbangan yang komprehensif. Selain berfungsi sebagai simpul jaringan transportasi udara dan tempat alih moda, bandara juga berperan sebagai pintu gerbang dan penggerak ekonomi, industri, dan pariwisata suatu daerah. Oleh karena itu, perencanaan dan pengelolaan fasilitas bandar udara, baik di sisi darat maupun udara, harus dilakukan secara optimal.

Bandara Internasional Kualanamu (KNO) merupakan salah satu bandara utama dan tersibuk di Indonesia yang mengalami pertumbuhan pesat dalam pergerakan pesawat yang mendarat dan juga lepas landas setiap harinya (Permatasari, 2017). Bandar Udara Internasional Kualanamu mengusung visi "*To Be World Class Airport*" atau menjadi Bandar Udara Kelas Dunia. Sebagai simbol kebanggaan bagi masyarakat Sumatera Utara, bandara ini telah mengimplementasikan sistem penanganan bagasi (*Baggage Handling*

System) pertama di Indonesia untuk meningkatkan kepuasan para penumpang. (Darus & Mahalli, 2015).

2. Analisis

Analisis adalah kegiatan mencari pola melalui pemikiran sistematis, menguji hubungan antar bagian, serta hubungan dengan keseluruhan untuk menentukan setiap bagian (Regita Indriyani, 2019).

Analisis adalah kegiatan yang menguraikan atau memfokuskan kajian pada bagian-bagian suatu masalah agar tatanan atau susunannya terlihat dengan jelas, sehingga duduk perkaranya lebih terang (Regita Indriyani, 2019).

Analisis adalah suatu penyelidikan mendalam terhadap suatu peristiwa, karya, atau tindakan yang bertujuan untuk mengungkapkan kebenaran di balik peristiwa tersebut (Sulastri et al., 2020).

Dari kedua definisi di atas dapat disimpulkan bahwa analisis adalah proses sistematis untuk memecah suatu peristiwa atau masalah menjadi bagian-bagian yang lebih kecil dengan tujuan memahami hubungan antara bagian-bagian tersebut serta untuk mengidentifikasi keadaan atau struktur yang sesungguhnya dari peristiwa atau masalah tersebut.

3. Rencana Induk Bandar Udara

Rencana induk bandara / *Masterplan* adalah konsep pengembangan komprehensif untuk bandara, mencakup seluruh area bandara dan tata guna lahan di sekitarnya. Perencanaan bandara merupakan suatu proses yang sangat kompleks, di mana setiap kegiatan harus dianalisis dengan seksama untuk mempertimbangkan dampaknya terhadap kegiatan lainnya. Keberhasilan perencanaan bandara dapat dicapai secara optimal apabila mengikuti pedoman yang telah dirumuskan berdasarkan rencana induk serta sistem bandara secara keseluruhan. (Surachman, 2021).

4. Fasilitas Sisi Udara Bandar Udara

Keputusan Menteri Perhubungan KM No 47 tahun 2002 menetapkan bahwa Sisi Udara sebuah Bandar Udara merupakan bagian dari bandara beserta seluruh fasilitas pendukungnya yang tertutup untuk akses publik. Di area ini, setiap individu, barang, dan kendaraan yang memasuki kawasan tersebut

wajib menjalani pemeriksaan keamanan dan/atau memiliki izin khusus. Fasilitas bandar udara bergantung pada kemampuan pesawat dan harus menjamin keselamatan penerbangan. Standar kelayakan teknis terus berkembang berdasarkan pesawat yang beroperasi, menjadi pertimbangan terpenting dalam penyusunan persyaratan teknis fasilitas bandar udara.

a. Fasilitas Landas Pacu (*Runway*)

Fasilitas ini merupakan sebuah perkerasan yang dirancang dengan sangat teliti untuk memungkinkan pesawat melakukan pendaratan (*landing*) dan lepas landas (*take off*) dengan aman dan lancar.

b. Fasilitas Penghubung Landas Pacu (*Taxiway*)

Taxiway merupakan komponen penting dalam infrastruktur sisi udara bandara, dirancang khusus untuk memfasilitasi pergerakan pesawat dari landas pacu menuju apron sebagai penghubung yang vital.

c. Fasilitas Pelataran Parkir Pesawat Udara (*Apron*)

Pelataran Parkir Pesawat Udara (*Apron*) merupakan bagian integral dari infrastruktur bandar udara yang menghubungkan terminal, berfungsi sebagai tempat di mana pesawat melakukan proses penumpang dan muatan, pengisian bahan bakar, parkir, serta perawatan (Mutiarani, 2023).

5. Landas Hubung (*Taxiway*)

Taxiway adalah jalur yang digunakan oleh pesawat yang beroperasi di darat. *Taxiway* menghubungkan berbagai lokasi di bandara, seperti antara landas pacu (*runway*) dan *apron* (tempat parkir pesawat). (Vebrian et al., 2022).

Jalur eksklusif di sekitar bandara yang dikenal sebagai *taxiway*, menghubungkan landasan pacu (*runway*) dengan apron di sekitar terminal untuk memfasilitasi pergerakan pesawat (Mina et al., 2019).

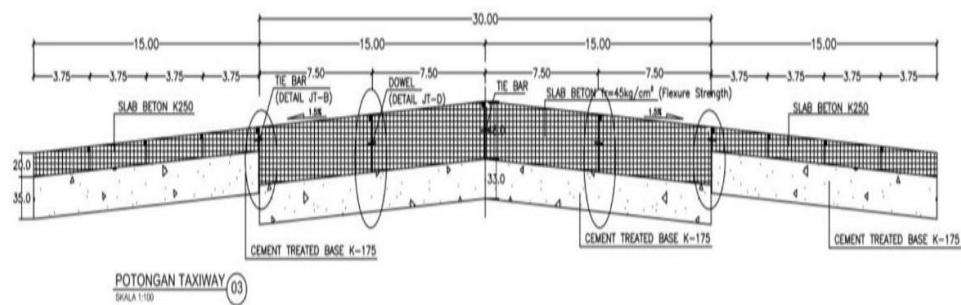
Dapat disimpulkan bahwa *taxiway* merupakan jalur penghubung yang digunakan pesawat saat sedang melakukan pergerakan dari *apron* ke *runway* atau sebaliknya. Dengan demikian *taxiway* berperan penting dalam memfasilitasi pergerakan pesawat untuk mendukung operasi bandara yang aman dan efisien.

Berikut adalah gambar *taxiway* Bandara Internasional Kualanamu-Medan.



Gambar II. 1 *Taxiway* Bandara Internasional Kualanamu
(Sumber : *Google Earth*)

a. *Taxiway* Bandara Internasional Kualanamu



Gambar II. 2 Layering Struktur Perkerasan *Taxiway* Bandara Internasional Kualanamu

(Sumber : *Airport Pavement Management System KNO, 2021*)

Tabel II. 1 Data Karakteristik *Taxiway* Bandara Internasional Kualanamu
Karakteristik *Taxiway* Bandara Internasional Kualanamu

Uraian	Dimensi	Permukaan	Strength
<i>Taxiway</i> Alpha	3.750 x 30 m	Rigid	PCN 109 R/C/W/T
<i>Taxiway</i> Bravo	2.000 x 30 m	Rigid	PCN 109 R/C/W/T
<i>Taxiway</i> Charlie	132,5 x 36,25 m	Rigid	PCN 109 R/C/W/T
<i>Taxiway</i> Delta	348,06 x 30,40 m	Rigid	PCN 109 R/C/W/T
<i>Taxiway</i> Echo	328,91 x 30,41 m	Rigid	PCN 109 R/C/W/T
<i>Taxiway</i> Golf	328,91 x 30 m	Rigid	PCN 109 R/C/W/T
<i>Taxiway</i> Hotel	132,5 x 41,25 m	Rigid	PCN 109 R/C/W/T
<i>Taxiway</i> Juliet	98 x 30 m	Rigid	PCN 109 R/C/W/T
<i>Taxiway</i> Sierra	937 x 30 m	Rigid	PCN 109 R/C/W/T
<i>Taxiway</i> Tango	465,71 x 30 m	Rigid	PCN 109 R/C/W/T
<i>Taxiway</i> Zulu	220 x 30 m	Rigid	PCN 109 R/C/W/T
<i>Taxiway</i> Uniform	220 x 30 m	Rigid	PCN 109 R/C/W/T
<i>Taxiway</i> Alpha 1	70 x 30 m	Rigid	PCN 109 R/C/W/T
<i>Taxiway</i> Alpha 2	70 x 30 m	Rigid	PCN 109 R/C/W/T
<i>Taxiway</i> Alpha 3	70 x 30 m	Rigid	PCN 109 R/C/W/T
<i>Taxiway</i> Alpha 4	70 x 30 m	Rigid	PCN 109 R/C/W/T
<i>Taxiway</i> Alpha 5	70 x 30 m	Rigid	PCN 109 R/C/W/T
<i>Taxiway</i> Apron Victor	220 x 30 m	Rigid	PCN 109 R/C/W/T
<i>Taxiway</i> Apron Whiskey	700 x 30 m	Rigid	PCN 109 R/C/W/T
<i>Taxiway</i> Apron Yankee	220 x 30 m	Rigid	PCN 109 R/C/W/T

(Sumber : *Airport Pavement Management System KNO, 2021*)

b. Umum

Untuk memastikan pergerakan pesawat di permukaan yang aman, cepat, dan efisien, harus ada jalur taksi. Dalam desain *taxiway*, pesawat udara harus berada di atas marka garis tengah *taxiway*, dan jarak aman antara roda terluar pesawat dan tepi *taxiway* tidak kurang dari ketentuan yang tercantum di dalam. Selain itu, titik masuk dan keluar *taxiway* harus disediakan untuk mempercepat pergerakan pesawat terbang dari dan ke *runway*.

Tabel II. 2 Jarak aman antara Roda Terluar Pesawat dan Tepi *Taxiway*

OMGWS (x)	Clearance
$x < 4.5 \text{ m}$	1,5 m
$4.5 \text{ m} \leq x < 6 \text{ m}$	2,25 m
$6 \text{ m} \leq x < 9 \text{ m}$	3 m di bagian lurus; 3 m di bagian berbelok jika <i>taxiway</i> digunakan oleh pesawat terbang dengan wheel base kurang dari 18 m; 4 m di bagian yang berbelok jika <i>taxiway</i> digunakan oleh pesawat terbang dengan wheel base sama dengan atau lebih dari 18 m
$9 \text{ m} \leq x < 15 \text{ m}$	4 m

(Sumber : PR 21 Tahun 2023, Hal 3-18)
(Peraturan & Penerbangan, 2023)

c. Lebar *Taxiway*

Bagian lurus dari *taxiway* hendaknya memiliki lebar tidak kurang dari yang tercantum dalam tabel berikut ini:

Tabel II. 3 Lebar *Taxiway*

OMGWS (x)	Lebar <i>Taxiway</i>
$x < 4.5 \text{ m}$	7,5 m
$4.5 \text{ m} \leq x < 6 \text{ m}$	10,5 m
$6 \text{ m} \leq x < 9 \text{ m}$	15 m
$9 \text{ m} \leq x < 15 \text{ m}$	23 m

(Sumber : PR 21 Tahun 2023, Hal 3-18)
(Peraturan & Penerbangan, 2023)

d. Kekuatan *Taxiway*

Kekuatan *taxiway* sebanding dengan landasan pacu yang menyambungkannya, mengingat bahwa *taxiway* mengalami lalu lintas yang lebih intens dan menanggung beban yang lebih besar daripada landasan pacu itu sendiri. (Beryl & Nit, 2019).

e. Permukaan *Taxiway*

Permukaan *taxiway* harus dirancang dengan cermat untuk mencapai tingkat kekesatan yang sesuai, mengingat bahwa ketidakrataan pada permukaan *taxiway* dapat mengakibatkan kerusakan pada roda pendaratan pesawat udara (Beryl & Nit, 2019).

6. Kargo

Kargo adalah semua barang yang dikirim melalui moda transportasi tertentu, seperti laut, udara, atau darat, dan setiap barang mendapat perhatian khusus selama proses transportasi. Kargo udara atau *air cargo* adalah barang yang diangkut melalui pesawat udara (Prasetyo, 2020).

Barang yang dikirim melalui pesawat dan dilengkapi dengan Surat Muatan Udara (SMU) disebut kargo. Jurnal ini akan membahas beberapa jenis barang khusus, termasuk barang yang mudah rusak karena suhu dan waktu (barang yang mudah rusak), organ tubuh manusia yang akan didonorkan (organ tubuh manusia yang hidup), jasad manusia yang sudah meninggal (jasad manusia, baik yang telah dikremasi maupun belum), dan barang berbahaya yang membutuhkan perawatan khusus (barang berbahaya) (Hartanto & Purwaningsih, 2018).

Dapat disimpulkan bahwa kargo adalah barang yang diangkut oleh pesawat udara, termasuk hewan dan tumbuhan, serta dilengkapi dengan Surat Muatan Udara (SMU). Jenis kargo meliputi barang yang mudah rusak, organ manusia untuk donor, jasad manusia, dan barang berbahaya yang memerlukan penanganan khusus.

7. Konstruksi Perkerasan

a. Kontruksi Perkerasan Pada Bandar Udara

Konstruksi perkerasan dirancang, dibangun, dan dipelihara untuk menahan beban yang bekerja di atasnya serta meningkatkan kerataan, kekesatan, dan keselamatan operasi penerbangan. Konstruksi perkerasan harus memiliki ketebalan dan kualitas yang tepat untuk memiliki kekuatan dan daya dukung yang cukup untuk menahan beban yang bekerja dan menahan kerusakan yang disebabkan oleh beban yang bekerja, cuaca, dan faktor lain. Dengan memberikan informasi tentang

komposisi konstruksi perkerasan dan aspek fungsional pada komponennya, bab ini membantu penyelenggara bandar udara menilai berbagai parameter desain, konstruksi, dan bahan material untuk meyakinkan kekuatan konstruksi perkerasan dan mencegah kerusakan akibat pengembangan yang tidak terduga.

b. Deskripsi Jenis Perkerasan

Perkerasan jalan merupakan struktur yang didirikan di atas *subgrade* dengan tujuan utama untuk menanggung dan menyebar beban lalu lintas tanpa merusak integritas jalan, sehingga meningkatkan keamanan dan kenyamanan selama operasional jalan (Nurfahmy, 2022).

Perkerasan lentur (*flexible*) dan perkerasan kaku (*rigid*). Perkerasan kaku adalah perkerasan yang dibuat dari slab-slab beton *Portland cement* atau campuran aspal dan agregat yang diletakkan di atas permukaan material granular berkualitas tinggi.

8. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan kaku, juga disebut *rigid pavement*, adalah pelat beton dengan beton yang bertulang yang diletakkan di atas tanah dasar, dengan atau tanpa lapis pondasi bawah (Mutiarani, 2023).

Perkerasan kaku juga adalah sebagian besar beban lalu lintas yang dipikul oleh plat beton, bahan ikat *portland*, dan perkerasan kaku sendiri memiliki pondasi bawah (Nopriyanto et al., 2021).

Dapat disimpulkan bahwa *rigid pavement* adalah jenis konstruksi jalan yang terdiri dari lapisan beton yang keras dan kokoh. Beton dipasang dalam lembaran yang dikenal sebagai panel atau slab, yang saling terhubung untuk membentuk permukaan jalan yang stabil dan tahan lama. *Rigid pavement* umumnya digunakan di jalan raya utama, landasan pacu bandara, dan area dengan lalu lintas berat karena kekuatan dan ketahanannya terhadap beban dan tekanan yang tinggi.

a. Lapis Permukaan (*Surface Course*)

Lapisan permukaan merupakan bagian yang secara langsung menerima tekanan dari roda kendaraan. Peran utama dari lapisan ini adalah:

- Lapisan yang secara langsung mengalami tekanan gesekan dari beban roda kendaraan.
- Lapisan yang secara langsung menerima tekanan gesekan dari pengereman kendaraan (lapisan abrasif).
- Lapisan yang mencegah infiltrasi air hujan ke lapisan di bawahnya serta mengurangi kekuatan struktur tersebut.
- Lapisan yang mengalirkan beban ke strata di bawahnya, memastikan bahwa strata tersebut dapat menopang beban dengan efektif. (C.Sarkol, 2016).

b. Lapis Pondasi Bawah (*Subbase*)

Lapisan pondasi bawah merupakan lapisan perkerasan yang berada di antara lapisan tanah dasar dan lapisan pondasi atas. Fungsi lapisan pondasi bawah adalah sebagai:

- Bagian dari struktur perkerasan yang bertugas mengalirkan beban roda ke lapisan dasar tanah.
- Lapisan peresapan berperan dalam menghambat akumulasi air tanah di dalam pondasi.
- Lapisan ini berperan dalam menghambat migrasi partikel-partikel halus dari tanah dasar ke lapisan pondasi di atasnya.
- Lapisan tanah dasar berfungsi sebagai perlindungan terhadap lapisan tanah dari tekanan roda-roda kendaraan berat (disebabkan oleh daya dukung tanah dasar yang rendah), serta memberikan perlindungan terhadap lapisan tanah dari pengaruh cuaca, khususnya curah hujan (C.Sarkol, 2016).

c. Lapis pondasi Atas (*Base Course*)

Lapisan pondasi atas merupakan komponen perkerasan yang terletak di antara lapisan pondasi bawah dan lapisan permukaan. Peran utama dari lapisan pondasi atas ini adalah:

- Bantalan perkerasan berperan dalam menahan gaya lateral yang dihasilkan oleh beban roda serta mengarahkan beban tersebut ke lapisan di bawahnya.

- Bahan-bahan yang digunakan untuk lapis pondasi atas ini harus memiliki kekuatan dan daya tahan yang memadai untuk mampu menanggung beban-beban yang ditimbulkan oleh roda kendaraan.

d. Tanah Dasar (*Subgrade*)

Lapisan tanah dasar berfungsi sebagai fondasi yang mendukung penempatan lapisan perkerasan jalan di atasnya serta memperkuat struktur konstruksi perkerasan tersebut. Berdasarkan spesifikasi teknis, tanah dasar dapat terdiri dari tanah asli yang telah dikompaksi apabila kualitasnya memenuhi standar, atau tanah urugan yang diambil dari sumber lain, bersama dengan tanah yang telah mengalami stabilisasi dan bahan-bahan tambahan lainnya. Dari perspektif permukaan tanah asli, lapisan tanah dasar dapat diklasifikasikan menjadi berbagai bagian :

- a. Lapisan tanah dasar, tanah galian.
- b. Lapisan tanah dasar, tanah urugan.
- c. Lapisan tanah dasar, tanah asli (C.Sarkol, 2016).

9. FAA (Federal Aviation Administration)

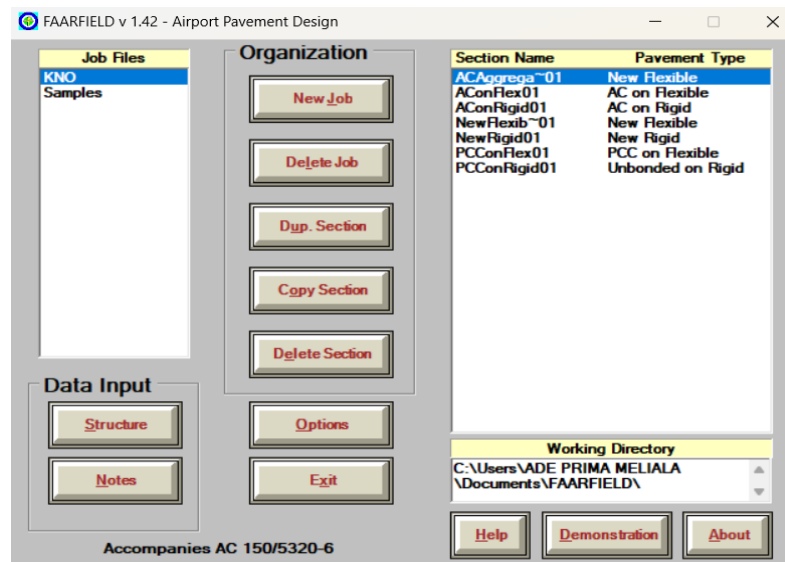
Di Amerika Serikat, FAA (*Federal Aviation Administration*) bertanggung jawab atas peraturan penerbangan. Mereka menggunakan teknik terkini untuk menilai desain ketebalan perkerasan, seperti program FAARFIELD (*Federal Aviation Administration Rigid and Flexible Iterative Elastic Layered Design*) (Alhilal Mohammad Farhan, 2023).

10. *Software* FAARFIELD

Perangkat lunak yang sering digunakan untuk merancang ketebalan lapisan perkerasan adalah FAARFIELD (*Federal Aviation Administration Rigid and Flexible Iterative Elastic Layered Design*). dibuat oleh *Federal Aviation Administration* (FAA) dari tahun 1940 hingga sekarang. (Alhilal Mohammad Farhan, 2023)

FAARFIELD merupakan perangkat lunak komputer yang digunakan untuk merancang ketebalan perkerasan bandara (Agus Muldiyanto et al., 2022).

Metode ini bergantung pada evaluasi CBR *subgrade*, sistem lapisan, dan kebutuhan pesawat udara. Selain itu, ikuti petunjuk FAA AC No: 150/5320-6F. FAARFIELD didasarkan pada konsep *Cumulative Damage Factor* (CDF), yang digunakan untuk merancang perkerasan baru baik pada perkerasan lentur maupun kaku. Nilai CDF untuk suatu pesawat berkisar antara 0 dan 1 dan menunjukkan persentase umur maksimum yang telah digunakan pada perkerasan. Untuk ilustrasi, CDF 0,75 menunjukkan bahwa perkerasan telah digunakan pada 75% dari umur layak yang direncanakan. Oleh karena itu, perkerasan tersebut masih memiliki 25% umur layanan tersisa untuk pergerakan pesawat berikutnya sebelum kegagalan.

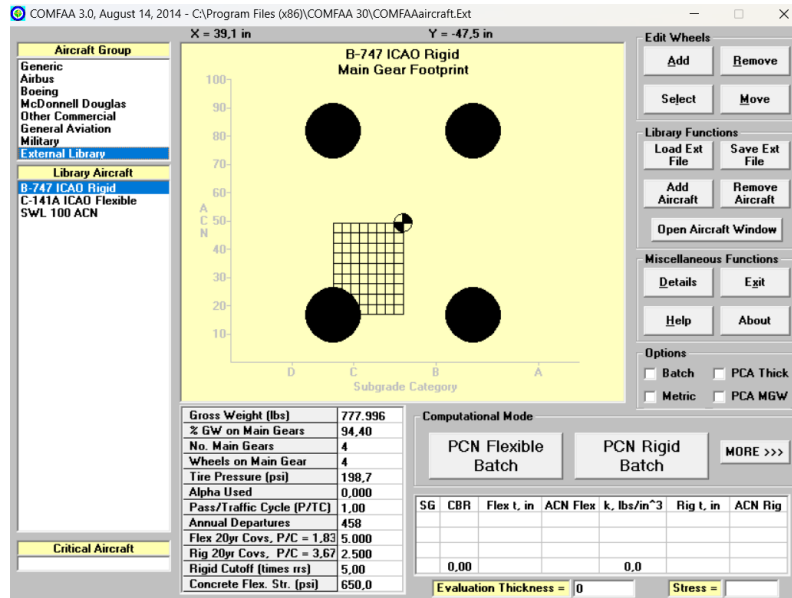


Gambar II. 3 *Software* FAARFIELD

11. *Software* COMFAA

Program COMFAA adalah program komputer yang dimaksudkan untuk merancang perkerasan dan menghitung nomor klasifikasi pesawat (ACN). COMFAA adalah program yang memiliki kemampuan untuk melakukan evaluasi tebal perkerasan. Program ini dapat menggunakan dua mode komputasi: mode desain perkerasan dan mode ACN-PCN. Perhitungan dilakukan untuk semua jenis konfigurasi roda pendaratan pesawat, dan program ini memungkinkan pengguna untuk memodifikasi konfigurasi roda pesawat sesuai dengan pesawat yang sedang beroperasi. Pengguna juga dapat memasukkan data *input* dan menampilkan hasil dalam satuan inggris dan *metric*. Program COMFAA juga menggunakan program tambahan

berupa *Microsoft Excel Spreadsheet* untuk mengekivalenkan tebal perkerasan sesuai persyaratan FAA (*Federal Aviation Administration*) (Rintawati & Sari, 2022).



Gambar II. 4 Software COMFAA

12. Karakteristik Pesawat Kritis B 777-300 ER

777-300ER merupakan turunan dari pesawat 777-300 dan dilengkapi dengan ujung sayap yang runcing untuk ketinggian dan jangkauan pelayaran tambahan. Hal ini didukung oleh mesin dengan rasio *bypass* tinggi yang berkembang lebih tinggi daya dorong dibandingkan yang digunakan pada pesawat 777-200/-200ER/-300. 777-300ER memiliki kesamaan badan pesawat seperti 777-300, namun memiliki lebar sayap lebih lebar karena ujung sayapnya yang runcing (Boeing Commercial Airplanes, 2009).

Tabel II. 4 Air Classification Number (ACN)

Aircraft Type	All Up MasaMaximum Take Off Weight		Load on main gear leg (%)	Standar Aircraft Tire Pressure			ACN relative to Rigid Pavement Subgrades			
	lbs	kg		psi	kg/c m ²	mPa	High	Mediu	Low	Ultra
							K=150 MN/m ²	K=80 MN/m ²	K=40 MN/m ²	K=20 MN/m ²
B777-300ER	777.000	352441	46,2	22	15,5	1,52	66	85	109	131
	370000	167829		1			27	28	34	43

(Sumber : PR 21 Tahun 2023)

Berdasarkan tabel II.4 terdapat karakteristik ACN *rigid pavement* pesawat Boeing 777-300 ER.

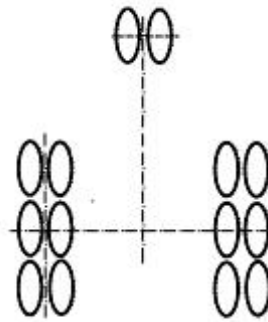


Figure 13. 3D - Three Dual Wheels in Tandem Main Gear with Dual Wheel Nose Gear, Boeing B-777

Gambar II. 5 Konfigurasi Roda Pesawat B777-300ER
Sumber (FAA, 2005)

Pada gambar II.5 terdapat konfigurasi roda pendaratan pesawat B777-300 ER. Yang dimana terdapat dua set roda pendaratan utama yang terletak di bawah sayap pesawat, di dekat *fuselage*. Masing-masing set roda pendaratan utama memiliki enam roda, yang tersusun dalam dua pasang jadi total *Main Landing Gear* terdapat 12 roda. Sedangkan untuk *Nose Landing Gear* terdapat satu set roda yang terletak di bawah bagian hidung pesawat. Set roda ini memiliki dua roda yang tersusun berpasangan. Jadi dapat disimpulkan pada gambar di atas tipe roda pendaratan pesawat B777-300ER adalah *Triple Dual Tandem*.

13. Ketentuan Pembebanan Pesawat Rencana/Terkritis

Untuk memilih tebal perkerasan, perlu ditentukan pesawat rencana, perlu bebannya paling besar sehingga menghasilkan ketebalan perkerasan. Berat maksimum pesawat ditentukan oleh beban yang ditanggung oleh roda pendaratan utama atau landasan pendaratan dari setiap jenis pesawat yang beroperasi. Beban yang diperlukan untuk menciptakan lapisan keras yang memadai di zona pergerakan pesawat adalah sebagai berikut:

a. Berat Kosong Operasi (*Operating weight empty = OWE*)

Konfigurasi roda dan badan pesawat merupakan beban utama pesawat, tetapi muatan atau *payload* dan bahan bakar avtur tidak termasuk.

b. Muatan *Payload*

Dengan kata lain, kapasitas muatan yang dapat diangkut oleh pesawat, sesuai dengan persyaratan operasionalnya, menentukan pendapatan yang dihasilkan. Secara logis, kapasitas maksimum ini mencakup berat operasi kosong dan bahan bakar pesawat.

c. Berat bahan bakar kosong (*Zero Fuel Weight = ZFW*)

Massa maksimum adalah hasil dari jumlah massa kosong operasional, serta muatan penumpang dan kargo.

d. Berat Ramp Maksimum (*Maximum Ramp Weight = MRW*)

Salah satu contoh gerakan dengan beban maksimal adalah pesawat berjalan dari apron ke ujung landas pacu, di mana bahan bakar dibakar, menyebabkan pesawat kehilangan berat.

e. Berat Maksimum Lepas landas (*Maximum Take Off Weight = MTOW*)

Berat tertinggi bagian pertama *landing* disesuaikan dengan beban pesawat dan kondisi terbang dan mendarat yang layak. Komponen biaya ini meliputi berat kosong pesawat, avtur, dan cadangan, tidak termasuk bahan bakar untuk gerakan awal.

14. Metode Peramalan (*Forecasting*)

Peramalan/*Forecasting* adalah kumpulan dari variabel-variabel yang kemudian nilai diestimasi di waktu yang akan datang. Jika prediksi dilakukan secara akurat dan tepat, hal tersebut dapat mengubah perilaku kita menjadi lebih optimal. (Lusiana & Yulianty, 2020). Hal ini disebabkan kinerja di masa lalu akan terus berulang setidaknya dalam masa mendatang yang relatif dekat.

a. Fungsi dan Tujuan

Forecasting bisa disebut juga dengan peramalan. *Forecasting* memiliki fungsi yang baik bila pengambilan keputusannya dengan baik. Pertimbangan yang akan terjadi yang diambil merupakan keputusan yang baik. Jika prediksi yang kita buat tidak akurat, maka tantangan dalam masalah peramalan akan terus menjadi fokus utama. Tujuan dari peramalan atau *forecasting* adalah sebagai berikut :

- Guna menilai kebijakan saat ini yang akan diberlakukan melihat dampak pada waktu yang akan datang.
- Guna meminimalisir waktu *lag* atau *delay* suatu kegiatan pekerjaan.
- Guna meningkatkan efektivitas produksi suatu perusahaan.

b. Jenis Jenis Peramalan

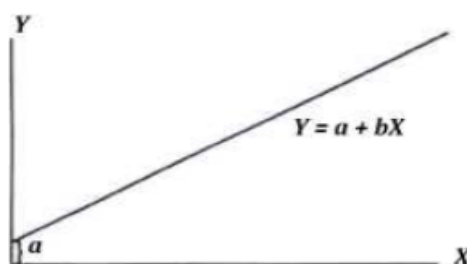
- Peramalan jangka panjang, merupakan peramalan yang cakupannya berada pada rentang waktu lebih dari 18 bulan.
- Peramalan jangka menengah, ialah peramalan dengan waktu rentang 3 bulan hingga 18 bulan.
- Peramalan jangka pendek, adalah peramalan dengan kurun waktu yang sangat pendek yaitu kurang dari 3 bulan.

c. Metode dalam Peramalan

- Metode *Smoothing*
Digunakan untuk menyesuaikan data historis dengan pola musiman yang terjadi, dengan cara merata-ratakan serangkaian data sehingga memiliki jarak dan jumlah data yang seimbang atau hampir seimbang.
- Metode *box-jenkins*
Metode ini lebih kompleks daripada metode *smoothing*, Sehingga lebih sulit digunakan oleh peramalan
- Metode proyeksi tren dengan regresi
Metode yang paling sering digunakan untuk peramalan. Metode ini memerlukan data lima tahun terakhir biasanya metode ini yang agak mendekati valid hasilnya.
- Metode Sebab Akibat (*Causal Methods* / Korelasi) dibagi menjadi:
 - 1.) Metode Regresi dan Korelasi,
 - 2.) Metode ekonometri,
 - 3.) Model *input output* atau lebih dikenal sebagai sederhana dua berganda dan,
 - 4.) Metode Sebab Akibat (*Causal Methods*).

d. Analisis Regresi Linear Sederhana

Regresi Linear Sederhana adalah Metode Statistik yang hampir sama dengan metode linear. Hanya saja terdapat dua variabel didalamnya. Yaitu variabel penyebab (X) dan variabel akibat (Y). X sebagai *predictor* dan Y sebagai *reponse*. Regresi Linear Sederhana atau Bahasa lainnya SLR (*Simple Linear Regression*) ialah pilihan Metode Statistik yang paling sering digunakan dalam perencanaan guna menentukan kapasitas dan efisiensi dari perencanaan tersebut.



Gambar II. 6 Ilustrasi Garis Regresi Linear

Persamaan regresi linier sederhana secara matematik diekspresikan oleh :

$$Y = a + bX$$

Keterangan :

Y = garis regresi / *variable response*

a = konstanta (*intersep*), perpotongan dengan sumbu vertikal

b = konstanta regresi (*slope*)

X = variabel bebas / *predictor*

Besarnya konstanta a dan b dapat ditentukan menggunakan persamaan :

(1)

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

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

yang mana *n* merupakan jumlah data (Ir. Erzed Nixon MT, 2019)

15. Metode Perencanaan Perkerasan

Ada beberapa metode perencanaan perkerasan landasan pacu yaitu metode CBR (*California Bearing Ratio*), metode FAA (*Federal Aviation Administration*), metode LCN (*Load Classification Number*) dan metode *Asphalt Institute*. Dari berbagai metode yang diterapkan, semua bertujuan untuk menciptakan desain perkerasan yang aman dan optimal.

Studi ini mengadopsi metode FAA yang merujuk pada panduan perencanaan perkerasan FAA *Advisory Circular* (AC). Pendekatan perencanaan ini memanfaatkan grafik dan tabel yang disusun berdasarkan analisis data empiris.

a. Menentukan Pesawat Rencana

Jenis pesawat yang beroperasi, besarnya MSTOW (*Maximum Structural Take Off Weight*) dan data jumlah keberangkatan yang menghasilkan tebal perkerasan yang paling besar adalah beberapa cara untuk menentukan pesawat rencana. Pemilihan pesawat dalam rencana ini didasarkan pada frekuensi keberangkatan yang paling tinggi dari landasan pacu yang telah direncanakan, bukan berdasarkan berat maksimum pesawat. Selanjutnya, pesawat ini akan memerlukan perkerasan yang paling tebal dibandingkan dengan pesawat terbesar lain yang beroperasi di bandara tersebut. Karena setiap pesawat yang beroperasi di bandara memiliki jadwal keberangkatan tahunan yang berbeda, perhitungan angka keberangkatan tahunan per pesawat harus disesuaikan dengan konfigurasi roda pendaratan yang direncanakan. (Rini et al., 2020).

b. Menentukan *Gear Departure* Tiap Pesawat (R_2)

Bentuk roda pendaratan berbeda untuk setiap jenis pesawat, tetapi semuanya telah dikelompokkan sesuai dengan tabel II.5. Pengelompokan ini membantu menyatukan semua jenis roda pendaratan utama untuk menghitung total beban perkerasan. (Syamsudin & Banjarmasin, 2020).

Tabel II. 5 Faktor Konfigurasi *Landing Gear* Pesawat

No	Konversi Dari		Konversi Ke		Faktor Konversi
1	Single wheel	0	Dual Wheel	0+0	0.8
2	Single Wheel	0	Dual Tandem	0+0 0+0	0.5
3	Dual Wheel	0+0	Dual Tandem	0+0 0+0	0.6
4	Double Dual Tandem	0+0 0+0 0+0 0+0	Dual Tandem	0+0 0+0	1.0
5	Dual Tandem	0+0 0+0	Single Wheel	0	2.0
6	Dual Tandem	0+0 0+0	Dual Wheel	0+0	1.7
7	Dual Wheel	0+0	Single Wheel	0	1.3
8	Double Dual Tandem	0+0 0+0 0+0 0+0	Dual Wheel	0+0	1.7

(Sumber: KP 93 Tahun 2015, Hal 60)

c. Menghitung Beban Roda setiap Jenis Pesawat (W_2)

Untuk pesawat berbadan lebar yang memiliki MTOW yang signifikan dengan satu roda pendaratan utama, perhitungan *Equivalent Annual Departure* (R_1) bergantung pada beban roda individual pesawat, yang secara khusus 95% dari total berat pesawat. Prosedur ini dilaksanakan berdasarkan formula yang ditentukan.:

(2)

$$W_2 = \frac{1}{\text{jumlah pendaratan}} \times 0,95 \times MTOW$$

Dimana:

W_2 : Beban roda pendaratan dari masing2 jenis pesawat (lbs)

MTOW : Berat kotor pesawat saat lepas landas

n : Jumlah roda pendaratan pesawat

p : persentase beban roda yang diterima roda pendaratan utama : 0.95

Karena beban pesawat disalurkan melalui roda-roda ke perkerasan, tipe roda pendaratan utama sangat penting untuk perhitungan tebal perkerasan.

d. Menghitung Beban Roda Pesawat Kritis (W_1)

Pengukuran tebal perkerasan landasan pacu pesawat sangat bergantung pada beban pesawat. Berat pesawat ditetapkan oleh perusahaan pembuat pesawat dan diubah menjadi beban roda pesawat oleh mekanisme transfer beban melalui konfigurasi roda pesawat terhadap perkerasan landasan. Persamaan berikut dapat digunakan untuk menghitung beban roda setiap jenis pesawat yang direncanakan di bandara:

(3)

$$W_1 = \frac{1}{\text{jumlah pendaratan}} \times 0,95 \times MTOW$$

Dimana:

W_1 : Beban roda pendaratan dari masing2 jenis pesawat (lbs)

MTOW : Berat kotor pesawat saat lepas landas

n : Jumlah roda pendaratan pesawat

p : persentase beban roda yang diterima roda pendaratan utama : 0.95

e. Menghitung Equivalent Annual Departures (R_1)

Dalam menghitung *equivalent annual departure*, diperlukan adanya data pesawat, pertumbuhan dan pergerakan pesawat yang beroperasi. Dihitung menggunakan persamaan berikut:

(4)

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

Dimana:

R_1 : *annual departures* pesawat kritis/ pesawat desain

R_2 : *annual departures* yang dinyatakan dalam *landing*

W_1 : beban roda pesawat kritis/desain

W_2 : beban roda pesawat yang dikonversi

f. Menghitung Nilai k Gabungan

(5)

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

Sesuai dengan data APMS Bandara internasional Kualanamu, nilai CBR *subgrade* adalah 6%.

Tabel II. 6 Nilai CBR *Subgrade*

CBR (%)	K (lb/in ³)	K (MN/m ³)
3	67,507	18,3
4	84,461	23,0
5	100,491	27,3
6	115,823	31,5
7	130,597	35,5
8	144,909	39,4
9	158,831	43,1
10	172,413	46,8

(Sumber : Referensi FAA)

Berdasarkan tabel II.5 di atas Bandara Internasional Kualanamu menggunakan nilai CBR *Subgrade* yaitu 6%. Bandara Internasional Kualanamu merencanakan penambahan *taxiway* paralel menggunakan perkerasan kaku (*rigid pavement*). Jadi pada saat memasukkan data CBR *subgrade* ke *software FAARFIELD* adalah $k = 31,5 \text{ MN/m}^3$ atau setara dengan $k = 115,823 \text{ lb/in}^3$.

g. Menghitung *Flexural Strength* Slap Beton

Menentukan *flexural strength* slap beton dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

(6)

$$F_s = K \sqrt{f_c'}$$

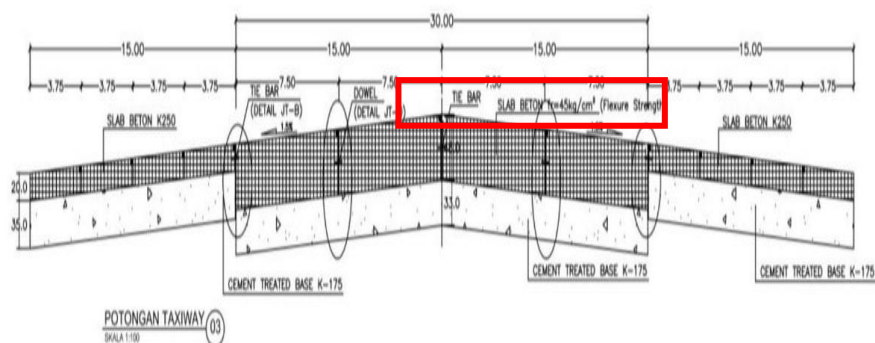
Keterangan:

F_s : *Flexural strength*

K : konstanta (nilai koorelasi antara *flexural strength* dan kuat tekan beton)

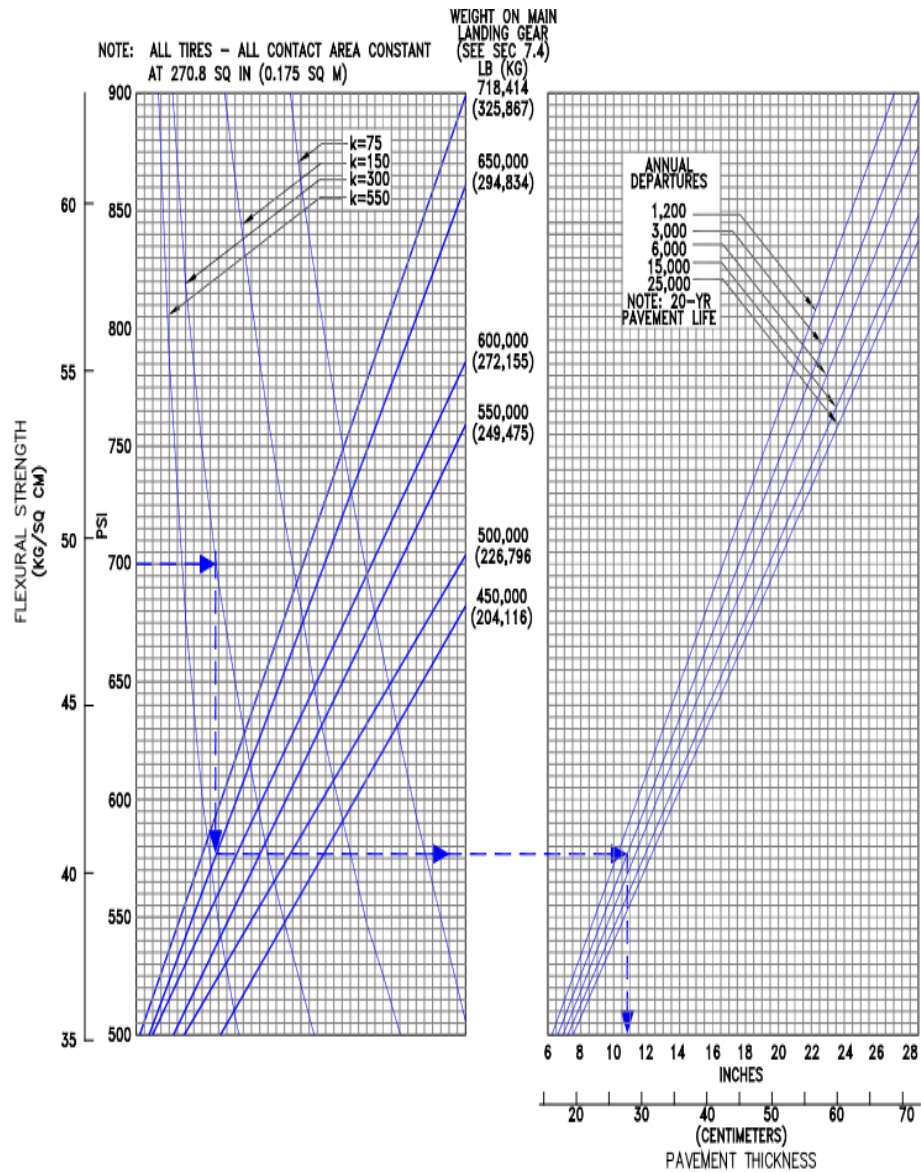
f_c' : Kuat tekan silinder beton

Berdasarkan data *layering taxiway eksisiting* Bandara Internasional Kualanamu nilai *Flexural Strength* yaitu 45 kg/cm^2 atau setara dengan 641 Psi atau 4,4 MPa.



Gambar II. 7 *Flexural Strength* Bandara Internasional Kualanamu
(Sumber : *Airport Pavement Management System KNO*, 2021)

h. Menentukan Daya Dukung Perkerasan



Gambar II. 8 Kurva Korelasi Perkerasan kaku Pesawat Kritis B777-300ER

Sumber : (Boeing Commercial Airplanes, 2009), hal 149

i. Menentukan Tebal *Equivalent* Perkerasan

Untuk perkerasan lentur, kurva korelasi antara CBR *subgrade*, *annual departure* (*annual departure equivalent*), dan daya dukung perkerasan yang dikembangkan oleh FAA digunakan untuk menentukan tebal perkerasan. Tebal evaluasi perkerasan didapat dari kurva korelasi antara CBR *subgrade*, *annual departure* (*annual departure equivalent*), dan daya dukung perkerasan. seperti berikut:

Nomen klatur lapisan perkerasan sistem FAA :

P – 501 = *Portland Cement Concrete* (PCC)

P – 401 = *Plant Mix Bituminous Pavements* (HMA)

P – 403 = *Plant Mix Bituminous Pavements* (HMA)

P – 306 = *Econocrete Subbase Course* (ESC)

P – 304 = *Cement Treated Base Course* (CTBC)

P – 212 = *Shell Base Course*

P – 213 = *Sand-Clay Base Course*

P – 220 = *Caliche Base Course*

P – 209 = *Crushed Aggregate Base Course*

P – 208 = *Aggregate Base Course*

P – 211 = *Lime Rock Base Course*

P – 301 = *Soil-Cement Base Course*

P – 154 = *Subbase Course*

P – 501 = *Portland Cement Concrete* (PCC)

1.) Menentukan Tebal Minimum Lapisan Aus (*Surface*)

Menentukan tebal minimum lapisan aus (material P-401 dan P-403)

Tabel II. 7 Kebutuhan Tebal Minimum Lapisan Aus

No	Bagian Perkerasan	Pesawat Single Wheel dan Dual Wheel	Pesawat B747, B777, DC 10, L 101 atau pesawat sejenis
1	Area Kritis (jalur roda)	10.0 cm (4 in)	12.7 cm (5 in)
2	Area diluar jalur roda	7.6 cm (3 in)	10.0 cm (4 in)

(Sumber : KP 93 Tahun 2015, Hal 62)

2.) Menentukan Tebal Minimum *Base Course*Tabel II. 8 Kebutuhan Tebal Minimum Lapisan *Base Course*

<i>Design Aircraft</i>	<i>Design Load Range</i>		<i>Minimum Base Course</i>	
	lbs	kg	inch	mm
<i>Single Wheel</i>	30.000 - 50.000	13.600 - 22.700	4	100
	50.000 - 75.000	22.700 - 34.000	6	150
<i>Dual Wheel</i>	50.000 - 100.000	22.700 - 45.000	6	150
	100.000 - 200.000	45.000 - 90.700	8	200
<i>Dual Tandem</i>	100.000 - 250.000	45.000 - 113.400	6	150
	250.000 - 400.000	113.400 - 181.000	8	200
B-757, B-767	200.000 - 400.000	90.700 - 181.000	6	150
	400.000 - 600.000	181.000 - 272.000	8	200
DC-10, L-1011	400.000 - 600.000	181.000 - 272.000	6	150
	600.000 - 850.000	272.000 - 385.700	8	200
B-747	400.000 - 125.000	34.000 - 56.700	4	100
	125.000 - 175.000	56.700 - 79.400	6	150

(Sumber : KP 93 Tahun 2015, Hal 14)

3.) Menentukan Tebal Lapisan *Subbase*

Untuk mendapatkan tebal lapisan *subbase* dilakukan pengurangan antara (tebal lapisan total – tebal lapisan *surface* – lapisan *base course*). Jika tebal lapisan perkerasan lebih besar dari tebal minimal, maka setiap lapis perkerasan di konversi dengan factor konversi. Jika tebal lapisan aspal dan/atau lapisan *base course* yang ada lebih kecil dari tebal minimal yang dibutuhkan, maka lapisan *subbase* direduksi dengan factor konversi lapisan aspal maupun lapisan *base course*. Faktor konversi yang telah ditetapkan oleh FAA dapat dilihat pada Tabel II.9 berikut:

Tabel II. 9 Faktor Konversi Tebal Perkerasan FAA

<i>Structural Item</i>	<i>Description</i>	<i>Range Convert to P- 209</i>	<i>Recommended Convert to P- 209</i>	<i>Range Convert to P- 154</i>	<i>Recommended Convert to P- 154</i>
P-501	<i>Portland Cement Concrete (PCC)</i>	-	-	-	-
P-401	<i>Plant Mix Bituminous Pavements (HMA)</i>	1.2 to 1.6	1.6	1.7 to 2.3	2.3
P-403	<i>Plant Mix Bituminous Pavements (HMA)</i>	1.2 to 1.6	1.6	1.7 to 2.3	2.3
P-306	<i>Econcrete Subbase Course (ESC)</i>	1.2 to 1.6	1.2	1.6 to 2.3	1.6
P-304	<i>Cement Treated Base Course (CTBC)</i>	1.2 to 1.6	1.2	1.6 to 2.3	1.6
P-212	<i>Shell Base Course</i>	-	-	-	-
P-213	<i>Sand-Clay Base Course</i>	-	-	-	-
P-220	<i>Caliche Base Course</i>	-	-	-	-
P-209	<i>Crushed Aggregate Base Course</i>	1.0	1.0	1.2 to 1.6	1.4
P-208	<i>Aggregate Base Course</i>	1.0	1.0	1.0 to 1.5	1.2
P-211	<i>Lime Rock Base Course</i>	1.0	1.0	1.0 to 1.5	1.2
P-301	<i>Soil-Cement Base Course</i>	n/a	-	1.0 to 1.5	1.2
P-154	<i>Subbase Course</i>	n/a	-	1.0	1.0
P-501	<i>Portland Cement Concrete (PCC)</i>	<i>Range Convert to P-401 2.2 to 2.5, 2.5 Recommended</i>			

(Sumber : KP 93 Tahun 2015, Hal 14)

Standar yang dirokemendasikan oleh FAA, untuk masing masing tebal perkerasan minimum dapat dilihat pada Tabel 2.8 berikut :

Tabel II. 10 Minimum Tebal Lapisan Perkerasan Kaku

Jenis Lapisan	Ketentuan Lapisan FAA	Beban Maksimum Pesawat di atas Perkerasan Lbs (kg)		
		< 12.500 (5670)	<100.000 (45.360)	≥ 100.000 (45.360)
Lapis Permukaan (PCC Surface)	P-501	5 inchi (125 mm)	6 inchi (150 mm)	6 inchi (150 mm)
Lapis Pondasi dengan Stabilisasi (Stabilized Base)	P-401/P-403; P-304; P-306	-	-	5 inchi (125 mm)
Lapis Pondasi (Base)	P-208; P-209 P-211, P-301	-	6 inchi (150 mm)	6 inchi (150 mm)
Lapis Pondasi Bawah (Subbase)	P-154	4 inchi (100 mm)	Sesuai kebutuhan	Sesuai kebutuhan

(Sumber : Referensi FAA)

16. Pavement Classification Number (PCN)

Pavement Classification Number (PCN) adalah parameter numerik yang menggambarkan kapasitas perkerasan dalam mendukung operasi tak terbatas pesawat udara *Aircraft Classification Number (ACN)* harus tidak lebih besar daripada *Pavement Classification Number (PCN)*. Jika ACN dan tekanan roda pesawat melebihi nilai PCN yang telah ditentukan untuk kategori *subgrade* tertentu, operasi pesawat udara tidak dapat disetujui kecuali jika beban operasional dikurangi. (K Himran et al., 2023). Lima komponen dari PCN meliputi nilai numerik kekuatan perkerasan, jenis perkerasan yang digunakan, klasifikasi kekuatan *subgrade*, penilaian tekanan roda, serta metode evaluasi pelaksanaannya. *Pavement Classification Number (PCN)* diestimasi melalui aplikasi perangkat lunak yang disediakan oleh *Federation Aviation Administration (FAA)*, yakni COMFAA. Evaluasi dapat dilakukan melalui penggunaan alat HWD (*Heavy Weight Deflectometer*) atau metode perhitungan yang disediakan oleh FAA.:

a. **Tipe Perkerasan**

Tabel II. 11 Jenis Perkerasan untuk penentuan ACN-PCN

Tipe Perkerasan	Kode
Rigid Pavement	R
Flexible Pavement	F

(Sumber : PR 21 Tahun 2023, Hal 2-4)

b. **Daya Dukung *Subgrade***

Daya dukung *subgrade* dalam perhitungan PCN dikelompokkan ke dalam beberapa kelompok berikut. Berikut besaran daya dukung *subgrade*.

Tabel II. 12 Kategori Kekuatan *Subgrade*

No.	Kategori Subgrade	Nilai k	Interval Nilai k	Kode
		Permukaan Subgrade Pci (MN/m ³)	Permukaan Subgrade Pci (MN/m ³)	
1	<i>High</i>	555,6 (150)	$k > 442$ (>120)	A
2	<i>Medium</i>	294,7 (80)	$221 < k < 442$ ($60 < k < 120$)	B
3	<i>Low</i>	147,4 (40)	$92 < k < 221$ ($25 < k < 60$)	C
4	<i>Ultra Low</i>	73,7 (20)	$k < 92$ (< 25)	D

(Sumber : KP 93 Tahun 2015)

c. Tekanan Maksimum Roda Pesawat

Tekanan roda pesawat terbagi menjadi 4 macam, dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel II. 13 Kategori tekanan ban maksimum yang diijinkan

Kategori tekanan ban maksimum yang diijinkan:	Kode
Tidak terbatas : tidak ada batasan tekanan	W
Tinggi: tekanan dibatasi hingga 1,75 MPa	X
Sedang: tekanan dibatasi hingga 1,25 MPa	Y
Rendah: tekanan dibatasi hingga 0,50 MPa	Z

(Sumber : PR 21 Tahun 2023, hal 2-5)

d. Metode Evaluasi

Metode evaluasi yang digunakan dalam menentukan PCN yaitu tercantum pada tabel berikut :

Tabel II. 14 Metode Evaluasi

Metode Evaluasi	Kode
Evaluasi teknis: adalah suatu studi yang spesifik tentang karakteristik perkerasan dan penerapan teknologi perilaku perkerasan	T
Pengalaman pesawat udara yang pernah beroperasi: adalah pengetahuan tentang jenis dan berat dari pesawat udara yang sejauh ini dapat didukung secara memuaskan dalam kondisi penggunaan regular	U

(Sumber : PR 21 Tahun 2023, hal 2-5)

B. Penelitian Yang Relevan

Penelitian Suryan *et al* (2023) merencanakan pembangunan tebal perkerasan di Bandara Internasional Minangkabau selama dua puluh tahun. Dengan menerapkan pendekatan FAA melalui aplikasi FAARFIELD, yang mempertimbangkan laju pertumbuhan penumpang dan volume pergerakan pesawat sebesar 4-10%, diketahui bahwa ketebalan perkerasan landasan pacu adalah 141,28 cm, terdiri dari lapisan permukaan (15 cm), *base* (36,93 cm), dan lapisan *subbase* (89,34 cm). Daerah perkerasan *taxiway* memiliki ketebalan 8 cm dan 5 cm, masing-masing. Hasil penelitian ini memberikan panduan yang komprehensif untuk perencanaan tebal perkerasan yang dapat mendukung keberlanjutan operasional Bandara Internasional Minangkabau dalam jangka panjang, dengan mempertimbangkan pertumbuhan lalu lintas udara yang signifikan. Pada penelitian yang relevan fokus kepada *runway* sedangkan pada penelitian penulis berfokus pada *taxiway*. Penelitian ini berkaitan dengan infrastruktur bandar udara, khususnya mengenai perbaikan atau peningkatan fasilitas yang ada di bandara. Kedua penelitian menggunakan metode yang diakui dalam dunia penerbangan, yaitu metode FAA (*Federal Aviation Administration*) atau terkait. Lokasi Penelitian di Bandara Internasional Minangkabau sedangkan penulis di Bandar Udara Internasional Kualanamu. Pada penelitian yang relevan aspek infrastruktur yang diteliti adalah *runway* sedangkan penulis adalah *taxiway*

Penelitian Sumarda *et al* (2022) Penelitian ini menghasilkan data melalui metode pengumpulan data dari infrastruktur bandara yang tersedia, studi literatur, serta analisis perhitungan menggunakan perangkat lunak FAARFIELD dan COMFAA. Temuan penelitian mencakup penambahan tebal lapisan sebesar 2.0 inci (5.0 cm), peningkatan nilai PCN menjadi 88 untuk kategori F/A/X/T, dan estimasi sisa umur layanan sebesar 49% untuk pergerakan pesawat di masa mendatang sebelum risiko kegagalan perkerasan. Sebagai hasilnya, landasan pacu Bandar Udara Internasional Lombok direncanakan agar dapat menampung pesawat B777-300ER dengan kapasitas maksimum yang sesuai. Penelitian ini berkaitan dengan infrastruktur bandar udara, khususnya mengenai perbaikan atau peningkatan fasilitas yang ada di bandara. Kedua penelitian menggunakan metode yang diakui dalam dunia penerbangan, yaitu metode FAA (*Federal Aviation Administration*) atau terkait.

Lokasi Penelitian di Bandara Banyuwangi sedangkan penulis di Bandar Udara Internasional Kualanamu. Pada penelitian yang relevan aspek infrastruktur yang diteliti adalah *runway* sedangkan penulis adalah *taxiway*.

Penelitian Palino & Susilo (2021) Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis ketebalan perkerasan landas pacu menggunakan metode yang dijelaskan dalam FAA *Advisory Circular* No. 150/5320-6E, dengan menggunakan perangkat lunak FAARFIELD. Hasil analisis mengindikasikan bahwa tebal keseluruhan dari perkerasan mencapai 814,9 mm, terdiri dari lapisan permukaan berketebalan 200 mm, pondasi atas 127 mm, dan pondasi bawah 487,9 mm. Evaluasi ketebalan struktur ini dilakukan dengan membandingkan nilai PCN menggunakan dua metode, yakni metode yang dijabarkan dalam panduan ICAO dan FAA berdasarkan regulasi AC 150/5335-5C, dengan menggunakan perangkat lunak COMFAA sebagai alat bantu. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai PCN berdasarkan metode ICAO adalah 89/F/C/X/T, yang lebih rendah dibandingkan dengan nilai ACN sebesar 89,3. Di sisi lain, nilai PCN yang dihitung menggunakan metode FAA adalah 101,4/F/C/X/T, melebihi nilai ACN 89,3, sehingga memastikan kecukupan kekuatan struktur perkerasan. Analisis biaya konstruksi menunjukkan bahwa biaya paling ekonomis dari lima metode perbandingan adalah metode yang mengimplementasikan perangkat lunak FAARFIELD, dengan total biaya mencapai Rp. 326.252.664.418,00. Tujuan dari kedua penelitian tersebut adalah untuk mengkaji atau menganalisis aspek teknis perkerasan untuk memastikan infrastruktur bandara dapat mendukung operasional yang efisien dan aman. Lokasi Penelitian di BIJB (Bandara Internasional Jawa Barat) Kertajati sedangkan penulis di Bandar Udara Internasional Kualanamu. Pada penelitian yang relevan berfokus pada analisis teknis dari perkerasan yang sudah ada sedangkan pada penelitian penulis berfokus pada perencanaan dan pengembangan infrastruktur bandara Tahap I.

Penelitian Yuliana et al (2022) Bandar Udara Kelas III Soa-Bajawa berlokasi di Kabupaten Ngada, Nusa Tenggara Timur, dan memiliki landasan pacu berdimensi 1600 x 30 meter yang dilengkapi dengan perkerasan lentur. Intensitas lalu lintas mencapai enam kali pergerakan pesawat per hari, menjadikan semua fasilitas, khususnya fasilitas sisi udara, sangat vital. Pesawat ATR 72-600 merupakan jenis

pesawat yang kritis dalam konteks operasionalnya di Bandar Udara Soa-Bajawa. Ketidaksediaan Area Pemberhentian Putar (*Turn Pad Area*) di ujung landasan pacu 29 dapat mengakibatkan kesulitan bagi pilot saat melakukan manuver. Oleh karena itu, diperlukan perencanaan untuk membangun *Turn Pad Area* di ujung landasan pacu 29. Hasil perencanaan menunjukkan luas *Turn Pad Area* adalah 388,62 m², dengan ketebalan lapisan yang dihitung menggunakan panduan FAA sebesar 50,8 cm, dan nilai PCN sebesar 19,9 yang dihitung menggunakan perangkat lunak COMFAA. Tujuan dari kedua penelitian untuk meningkatkan efisiensi dan fungsionalitas operasional bandara melalui perancangan infrastruktur yang tepat. Kedua penelitian menggunakan metode yang diakui dalam dunia penerbangan, yaitu metode FAA (*Federal Aviation Administration*) atau terkait. Lokasi Penelitian di Bandara Udara Soa Bajawa sedangkan penulis di Bandar Udara Internasional Kualanamu. Pada penelitian yang relevan membahas *turn pad area* sedangkan pada penelitian penulis membahas *taxiway*.

Penelitian Riandi et al (2022) Studi ini menekankan pentingnya kondisi landasan pacu, yang merupakan elemen krusial yang memerlukan perhatian dan pemeliharaan reguler. Landasan pacu berperan sebagai area dimana pesawat melakukan proses mendarat dan lepas landas. Kondisi optimal dari landasan pacu ini sangat menentukan kelancaran dan keberhasilan operasi penerbangan. Salah satu penyebab keterlambatan penerbangan adalah masalah teknis operasional, termasuk kondisi fasilitas bandara (*runway*) yang tidak dapat digunakan. Studi ini mengadopsi pendekatan kualitatif guna memberikan analisis yang komprehensif terhadap permasalahan berdasarkan data empiris yang terkumpul secara langsung dari lapangan. Penelitian di Bandar Udara Husein Sastranegara menunjukkan bahwa pemeliharaan landasan pacu memiliki dampak besar terhadap operasional, keamanan, dan keselamatan penerbangan. Oleh karena itu, kegiatan pemeliharaan dan perbaikan landasan pacu sangat penting untuk menjamin kelancaran dan keselamatan penerbangan. Kedua penelitian berfokus pada infrastruktur sisi udara di bandara. Lokasi Penelitian di Bandar Udara Husein Sastranegara Bandung sedangkan penulis di Bandar Udara Internasional Kualanamu. Menggunakan metode penelitian kualitatif sedangkan penulis menggunakan metode penelitian kuantitatif deskriptif.

Penelitian Rosyad (2024) Penelitian ini menggunakan data inventarisasi fasilitas di Bandara Pangeran Abdul Hamid, dengan pendekatan kualitatif terhadap fasilitas udara dan darat, berdasar pada kebutuhan pesawat latih dan lahan yang tersedia, serta kebijakan pembangunan dan perkiraan jumlah siswa sekolah penerbangan. Hasil penelitian menunjukkan kebutuhan fasilitas udara meliputi dimensi dan kategori operasional *runway*, *apron*, *taxiway*, dan area lainnya sesuai dengan pesawat rencana terbesar dan standar *Aerodrome Reference Code*. Sedangkan kebutuhan fasilitas darat mencakup area kampus, terminal sekolah penerbangan, hanggar perawatan pesawat, dan bangunan pendukung lainnya. Penelitian ini berkaitan dengan infrastruktur bandar udara, khususnya peningkatan fasilitas yang ada di bandara. Lokasi Penelitian di Bandar Udara Pangeran Abdul Hamid Sekayu sedangkan penulis di Bandar Udara Internasional Kualanamu. Pada penelitian yang relevan fokus pada pengembangan fasilitas bandar udara penulis adalah *taxiway*.

Penelitian (Ridwan & Ahyudanari, 2020) Bandar Udara Internasional Minangkabau, dengan landasan pacu berukuran 2.750 x 45 meter, telah direncanakan sebagai fasilitas embarkasi haji untuk melayani wilayah Sumatera Barat, Bengkulu, serta sebagian Jambi. Pengembangan sisi udara diperlukan agar bandara dapat melayani pesawat internasional seperti Boeing 777-300ER. Penelitian proyeksi 10 tahun menggunakan metode runtun waktu menunjukkan estimasi pergerakan pesawat sebesar 57.451. Analisis kelayakan ACN-PCN menunjukkan bahwa Boeing 777-300ER dapat beroperasi dengan persyaratan bahwa jumlah keberangkatan tahunannya tidak boleh melebihi 5% dari total keseluruhan. Perencanaan mengikuti standar ICAO dan FAA, dengan kebutuhan *runway* 3.550 x 45 meter, *taxiway* 25 meter dengan lebar bahu 10 meter, dua *exit taxiway* dengan sudut 90 derajat, dan apron seluas 92.040,43 m². Analisis lokasi mengindikasikan adanya ketinggian daratan yang memerlukan tanda peringatan. Berdasarkan analisis menggunakan aplikasi FAARFIELD, diperoleh bahwa perhitungan tebal perkerasan lentur berkisar antara 67,31 hingga 97,33 cm, sementara untuk perkerasan kaku berkisar antara 70,71 hingga 74,48 cm. Kedua penelitian menggunakan metode yang diakui dalam dunia penerbangan, yaitu metode FAA (*Federal Aviation Administration*) atau terkait. Kedua penelitian menunjukkan tujuan untuk menganalisis rencana atau perencanaan yang

berhubungan dengan fasilitas bandara. Pada penelitian yang relevan fokus pada perencanaan pengembangan sisi udara sedangkan pada penelitian penulis berfokus pada rencana penambahan *taxiway*. Lokasi Penelitian di Bandar Udara Internasional Minangkabau sedangkan penulis di Bandar Udara Internasional Kualanamu.

Penelitian Bimantoro (2021) Penelitian ini fokus pada desain tebal lapis perkerasan *runway, taxiway, dan apron* menggunakan metode FAA dengan FAARFIELD dan metode ICAO. Hasil desain perkerasan lentur dengan metode FAA menunjukkan tebal total 87,79 cm untuk *runway*, 88,77 cm untuk *taxiway*, dan 86,19 cm untuk *apron*. Metode ICAO menunjukkan tebal total 87,6 cm untuk *runway, taxiway, dan apron*. Desain perkerasan kaku dengan metode FAA menunjukkan tebal total 70,24 cm untuk *runway*, 72,2 cm untuk *taxiway*, dan 73,97 cm untuk *apron*. Metode ICAO menunjukkan tebal total 70 cm untuk *runway*, 72 cm untuk *taxiway*, dan 74 cm untuk *apron*. Perbedaan hasil antara kedua metode disebabkan oleh pendekatan yang berbeda dalam menentukan ketebalan perkerasan, dengan FAA menggunakan sistem *Cumulative Damage Factor (CDF)*. Kedua penelitian menggunakan metode yang diakui dalam dunia penerbangan, yaitu metode FAA (*Federal Aviation Administration*) atau terkait. Kedua penelitian menunjukkan tujuan untuk menganalisis rencana atau perencanaan yang berhubungan dengan fasilitas bandara. Pada penelitian yang relevan fokus pada perencanaan pengembangan sisi udara sedangkan pada penelitian penulis berfokus pada rencana penambahan *taxiway*. Lokasi Penelitian yang relevan di Bandara Yogyakarta *International Airport (YIA)* sedangkan penulis di Bandar Udara Internasional Kualanamu.

Penelitian Charles et al (2016) Perkerasan bandara dibangun untuk mendukung beban pesawat dengan permukaan yang halus, ketebalan yang memadai, stabil, dan bebas kerusakan. Penelitian ini bertujuan menganalisis ketebalan perkerasan untuk pergerakan pendaratan pada *runway, taxiway, dan apron*, menggunakan metode FAA *Advisory Circular No: 150/5320-6D*. Hasil analisis menunjukkan ketebalan total perkerasan *runway, taxiway, dan apron* masing-masing adalah 75 cm, 68 cm, dan 104 cm untuk pesawat rencana B 737-900ER. Sementara itu, ketebalan perkerasan yang ada adalah 70 cm, 68 cm, dan 117 cm. Kedua penelitian menunjukkan tujuan untuk menganalisis rencana atau perencanaan yang

berhubungan dengan fasilitas bandara. Kedua penelitian menggunakan metode yang diakui penerbangan yaitu metode FAA (*Federal Aviation Administration*). Untuk penelitian yang relevan fokus pada perencanaan struktur perkerasan *runway*, *taxiway*, dan *apron* sedangkan penulis fokus pada rencana penambahan *taxiway*. Lokasi Penelitian yang relevan di Bandara Sultan Syarif Kasim II sedangkan penulis di Bandar Udara Internasional Kualanamu.

Penelitian Ulya et al (2022) Perkerasan *taxiway* di Bandara Sultan Iskandar Muda Aceh mengalami penurunan kapasitas untuk menopang beban yang dihasilkan oleh pesawat yang beroperasi di sana. Untuk memperbaiki kondisi ini, penelitian dilakukan untuk menilai dan merencanakan ulang lapisan perkerasan *taxiway*. Studi ini mengidentifikasi jenis lapisan yang memenuhi standar FAA dalam berbagai skenario nilai CBR, sambil mengevaluasi kebutuhan kekuatan lapisan (PCN). Berdasarkan analisis dengan menggunakan metode FAARFIELD, didapatkan bahwa ketebalan perkerasan untuk skenario I adalah 885,3 mm, skenario II adalah 588,7 mm, dan skenario III adalah 463,8 mm. Dengan menggunakan *software* COMFAA, diperoleh ketebalan perkerasan untuk skenario I sebesar 1235,8 mm, skenario II sebesar 718,1 mm, dan skenario III sebesar 538,2 mm. Evaluasi menggunakan COMFAA menunjukkan bahwa untuk skenario I dengan pesawat B777-300ER, nilai PCN yang diperoleh adalah 90,7 dengan ACN sebesar 89,3. Pada skenario II, nilai PCN dan ACN adalah 71,5 dan 71,3, sedangkan untuk skenario III, nilai PCN dan ACN adalah 64,0 dan 63,8. Penelitian ini memberikan rekomendasi untuk memilih skenario perkerasan yang sesuai dengan kondisi lapisan *taxiway* untuk memenuhi kebutuhan operasional pesawat dengan aman dan efisien di Bandara Sultan Iskandar Muda Aceh. Kedua penelitian menunjukkan tujuan untuk menganalisis rencana atau perencanaan *taxiway*. Lokasi Penelitian yang relevan di Bandara Sultan Iskandar Muda Aceh sedangkan penulis di Bandar Udara Internasional Kualanamu.

Penelitian Nursalim et al (2017) Penelitian ini akan menilai kebutuhan apron Bandar Udara Ahmad Yani dalam jangka waktu saat ini dan untuk 20 tahun ke depan, dengan melakukan prediksi terhadap jumlah pergerakan pesawat pada tahun perencanaan dan mengubahnya menjadi jumlah pesawat pada periode jam sibuk. Hasil prediksi ini akan dianalisis untuk menentukan kebutuhan *apron* pada tahun

rencana. Pengembangan apron dimaksudkan untuk memenuhi tuntutan lalu lintas udara yang berkembang. Perkerasan apron akan diterapkan menggunakan teknik perkerasan kaku berdasarkan metode FAA, yang didukung oleh perangkat lunak FAARFIELD. Proyeksi untuk tahun 2035 menunjukkan bahwa total kebutuhan gerbang parkir landas akan mencapai 51 pesawat, terbagi menjadi 35 pesawat untuk kelas C dan 16 pesawat untuk kelas D. Dimensi gerbang parkir untuk pesawat kelas C adalah 2096,50 meter panjang dan 98,37 meter lebar, sedangkan untuk pesawat kelas D adalah 1547,20 meter panjang dan 104,78 meter lebar. Perkerasan yang digunakan memiliki ketebalan 670 mm. Penulangan perkerasan akan melibatkan penggunaan *wiremesh* D14-100 dan dowel berdiameter 50 mm dengan panjang 610 mm dan jarak antar dowel 460 mm. Kedua penelitian menggunakan metode FAA (*Federal Aviation Administration*). Kedua penelitian menunjukkan tujuan untuk menganalisis rencana atau perencanaan yang berhubungan dengan fasilitas bandara. Lokasi Penelitian yang relevan di Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang sedangkan penulis di Bandar Udara Internasional Kualanamu. Untuk penelitian yang relevan fokus pada evaluasi kebutuhan luasan *apron* sedangkan penulis fokus pada rencana penambahan *taxiway*.

Penelitian Taula et al (2017) Penelitian ini bertujuan untuk pengembangan Bandar Udara Kasiguncu-Poso yang direncanakan, yang meliputi konstruksi landasan pacu (*runway*), landas hubung (*taxiway*), *apron*, terminal penumpang, fasilitas gudang, serta area parkir kendaraan. Berdasarkan perhitungan yang mengikuti standar dari *International Civil Aviation Organization* (ICAO) untuk pesawat Boeing 737-800 yang dijadwalkan, diperlukan sebuah landasan pacu dengan panjang 2.612 meter dan lebar 51 meter. Jarak antara sumbu landasan pacu dan sumbu *taxiway* adalah 170 meter. *Taxiway* memiliki lebar keseluruhan 25 meter dengan ketebalan perkerasan lentur mencapai 70 cm. Apron, yang memiliki luas 13.299 m² (143 × 93 meter persegi), didesain dengan ketebalan perkerasan *rigid* sebesar 35 cm menurut *Federal Aviation Administration* (FAA) dan 41 cm menurut *Portland Cement Association* (PCA). Terminal penumpang memiliki luas 4.200 m², gudang memiliki luas 32 m², dan pelataran parkir memiliki luas 750 m². Kedua penelitian menggunakan metode FAA (*Federal Aviation Administration*). Kedua penelitian menunjukkan tujuan untuk menganalisis rencana atau perencanaan yang

berhubungan dengan fasilitas bandara. Lokasi Penelitian yang relevan di Bandar Udara Kasiguncu Poso Provinsi Sulawesi Tengah sedangkan penulis di Bandar Udara Internasional Kualanamu. Untuk penelitian yang relevan fokus pada rencana pengembangan bandar udara sedangkan penulis fokus pada rencana penambahan *taxiway*.

Penelitian (Kurniawan, 2018) Pertumbuhan ekonomi Kabupaten Cilacap meningkat setiap tahun, mencakup sektor industri, perdagangan, pariwisata, dan investasi. Pertumbuhan ini menjadi dasar untuk pembenahan sarana dan prasarana, termasuk Bandar Udara Tunggal Wulung. Perencanaan sisi udara bandara didasarkan pada SKEP/IV/2005 dan standar FAA. Pesawat yang direncanakan untuk digunakan adalah ATR 72-600. Persyaratan geometris sisi udara meliputi landasan pacu dengan dimensi 1500 m x 30 m, *taxiway* dengan lebar 15 m, dan apron dengan panjang 95 m serta lebar 45 m. Perkerasan lentur untuk runway dan *taxiway* membutuhkan lapisan permukaan setebal 4 inci, *base course* setebal 6 inci, dan *subbase* setebal 6 inci. Sementara itu, perkerasan kaku untuk apron membutuhkan lapisan permukaan setebal 4 inci, slab beton setebal 8,2 inci, dan *subbase* setebal 6 inci. Kedua penelitian menggunakan metode FAA (*Federal Aviation Administration*). Kedua penelitian menunjukkan tujuan untuk menganalisis rencana atau perencanaan yang berhubungan dengan fasilitas bandara. Lokasi Penelitian yang relevan di Bandar Udara Tunggal Wulung di Cilacap sedangkan penulis di Bandar Udara Internasional Kualanamu. Untuk penelitian yang relevan fokus pada desain perencanaan perkerasan sisi udara sedangkan penulis fokus pada rencana penambahan *taxiway*.

Penelitian Nashiruddin et al (2020) Saat ini, area manuver pesawat (*turn pad*) pada landasan pacu 09 di Bandar Udara Internasional Adisutjipto Yogyakarta masih belum memenuhi standar yang ditetapkan untuk melayani pesawat berukuran terbesar yang beroperasi di bandara tersebut. Sebuah masalah signifikan yang dapat mengancam kelangsungan operasi bandar udara adalah ketidaksesuaian *turning pad* dengan jenis pesawat yang beroperasi. Jika kondisi *turn pad* area tidak memadai, satu roda pesawat dapat terkunci atau pesawat udara dapat tergelincir dari permukaan perkerasan. Hasil perencanaan dimensi menunjukkan bahwa *turn pad area* harus diperluas sebesar 165,72 meter persegi agar pesawat terbesar yang

beroperasi dapat ditempatkan. Dengan menggunakan metode perhitungan FAA, *turn pad area* harus 35 inci, atau 89 cm, tebal. Sementara itu, ketebalan perkerasan yang diperlukan adalah 34,29 inci, atau 87,09 cm, menurut perhitungan yang dilakukan dengan aplikasi FAARFIELD dan COMFAA. Kedua penelitian menggunakan metode FAA (*Federal Aviation Administration*). Kedua penelitian menunjukkan tujuan untuk menganalisis rencana atau perencanaan yang berhubungan dengan fasilitas bandara. Lokasi Penelitian yang relevan di Bandara Internasional Adisutjipto Yogyakarta sedangkan penulis di Bandar Udara Internasional Kualanamu. Untuk penelitian yang relevan fokus pada perencanaan *turn pad area* sedangkan penulis fokus pada rencana penambahan *taxiway*.

Penelitian Wicahyani & Ahyudanari (2019) Bandara Halim Perdanakusuma dibangun untuk berfungsi sebagai bandara militer. Dengan elevasi 26 meter di atas permukaan laut (85,3 kaki), bandara ini terletak di Jakarta Timur dan memiliki satu *runway* yang beroperasi dengan arah 06-24. Dalam upaya mengurangi kepadatan lalu lintas udara di Bandara Internasional Soekarno-Hatta, Bandara Halim Perdanakusuma mulai beroperasi sebagai bandara komersial sementara sejak 10 Januari 2014. Bandara ini masih beroperasi hingga saat ini. Sangat penting memastikan bahwa rancangan Bandara Halim Perdanakusuma mematuhi standar penerbangan sipil yang ditetapkan oleh ICAO Annex 14 dan FAA, mengingat bandara tersebut akan segera beroperasi sebagai bandara komersial. Menurut evaluasi, desain bandara saat ini tidak sepenuhnya memenuhi standar tersebut. Perluasan *runway* menjadi 3180 meter diperlukan sementara lebar *taxiway* tetap 15 meter. Bandara ini memiliki dua *exit taxiway* dengan sudut 90° dan satu dengan sudut 45°. Meskipun kapasitas *runway* eksisting adalah 17 operasi/jam, evaluasi matematis menunjukkan bahwa kapasitasnya bisa mencapai 38 operasi/jam, dan simulasi dengan diagram time-space menunjukkan 35 operasi/jam. Ini mengindikasikan bahwa keberadaan *exit taxiway* saat ini telah cukup memadai untuk mendukung pergerakan pesawat yang berlangsung. Kedua penelitian menggunakan metode FAA (*Federal Aviation Administration*). Kedua penelitian menunjukkan tujuan untuk menganalisis rencana atau perencanaan yang berhubungan dengan fasilitas bandara. Lokasi Penelitian yang relevan di Bandara Internasional Adisutjipto Yogyakarta sedangkan penulis di Bandar Udara

Internasional Kualanamu. Untuk penelitian yang relevan fokus pada perencanaan *turn pad* area sedangkan penulis fokus pada rencana penambahan *taxiway*.

Penelitian Tumbelaka et al (2016) Data sekunder yang diintegrasikan dalam penelitian ini meliputi informasi klimatologi, topografi, lalu lintas udara, serta demografi penduduk. Pengembangan *runway*, *taxiway*, dan *apron* dirancang untuk dapat mengakomodasi operasional pesawat Boeing 737-900ER sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh ICAO. Perkerasan direncanakan dengan menggunakan data tanah setempat dan standar FAA dan PCA. Regresi linier digunakan untuk memprediksi pergerakan pesawat, penumpang, bagasi, dan kargo di area terminal, yang mencakup parkir kendaraan, gudang, dan terminal penumpang. Panjang *runway* harus 2.936 meter dengan azimut 170-350, ketebalan perkerasan *runway* dan *taxiway* 86 cm, dan luas *apron* 98 x 342 meter dengan ketebalan perkerasan *rigid* 43 cm (PCA) atau 37 cm (FAA). Luas terminal adalah 183.048 m², gudang 800 m², dan area parkir 30.752 m².

Kedua penelitian menggunakan metode FAA (*Federal Aviation Administration*). Kedua penelitian menunjukkan tujuan untuk menganalisis rencana atau perencanaan yang berhubungan dengan fasilitas bandara. Lokasi Penelitian yang relevan di Bandara Rendani Papua Barat sedangkan penulis di Bandar Udara Internasional Kualanamu. Untuk penelitian yang relevan fokus untuk mengembangkan seluruh fasilitas bandara sedangkan penulis fokus pada rencana penambahan *taxiway*.

Penelitian Rahman et al (2017) Banjarmasin, ibu kota Provinsi Kalimantan Selatan, memerlukan fasilitas transportasi yang memadai untuk memenuhi kebutuhan transportasi antar kota, pulau, dan negara. Ini penting untuk mendukung kegiatan haji, investasi, dan pariwisata. Analisis angin di Bandar Udara Syamsudin Noor menunjukkan dua arah angin dominan (100-280 dan 135-215 derajat azimuth) yang tidak mencapai 95% cakupan angin, sesuai ketentuan FAA. Ini menunjukkan kebutuhan akan *runway* kedua. Studi ini merencanakan ulang arah *runway* berdasarkan literatur FAA dan analisis *windrose* menggunakan program FAA. Hasil analisis mengindikasikan bahwa runway yang saat ini berorientasi pada arah angin 10-28 telah memenuhi persyaratan cakupan angin sebesar 95%. Namun, proyeksi ke tahun 2043 menunjukkan kebutuhan akan penambahan *runway* baru. *Runway*

kedua direncanakan memiliki dimensi 3326 x 45 meter dengan jarak pemisahan sebesar 1035 meter. Kedua penelitian menggunakan metode FAA (*Federal Aviation Administration*). Kedua penelitian menunjukkan tujuan untuk menganalisis rencana atau perencanaan yang berhubungan dengan fasilitas bandara. Lokasi Penelitian di Bandar Udara Syamsudin Noor Banjarmasin, sedangkan penulis di Bandara Internasional Kualanamu. Untuk penelitian yang relevan fokus untuk perencanaan ulang *layout runway* sedangkan penulis fokus pada rencana penambahan *taxiway*.

Penelitian Hanggono et al (2017) Bandar Udara Hang Nadim Batam, sebagai bandara kelas satu utama di Provinsi Kepulauan Riau, harus memberikan layanan transportasi udara yang bagus dan memungkinkan operasi penerbangan yang lancar mengingat banyaknya pergerakan pesawat saat jam puncak, diperlukan perluasan apron untuk mengurangi waktu tunggu pesawat yang akan mendarat. Studi ini merencanakan perluasan *apron* berdasarkan standar ICAO. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa apron akan diperluas menjadi 351,5 x 138,3 meter untuk menambah 8 tempat parkir pesawat. Tebal apron yang dibutuhkan adalah 63 sentimeter, termasuk slab beton 37,6 sentimeter dengan mutu K-400 dan *subbase* 25,4 sentimeter dengan CBR 8%. Kedua penelitian menggunakan metode FAA (*Federal Aviation Administration*). Kedua penelitian menunjukkan tujuan untuk menganalisis rencana atau perencanaan yang berhubungan dengan fasilitas sisi udara bandara. Lokasi Penelitian di Bandar Udara Hang Nadim – Batam, sedangkan penulis di Bandara Internasional Kualanamu. Untuk penelitian yang relevan fokus untuk perencanaan perluasan *apron* sedangkan penulis fokus pada rencana penambahan *taxiway*.

Penelitian Dwi (2017) Penelitian ini di Bandar Udara Juwata mencakup rencana pembangunan *runway* dan *taxiway* untuk memenuhi kebutuhan pesawat Airbus A-330 di masa mendatang. Berdasarkan metode prediksi pergerakan pesawat serta mengacu pada pedoman SKEP/77/VI/2005 untuk menentukan rencana perluasan dimensi landasan pacu dan *taxiway*, diproyeksikan bahwa hingga tahun 2026 akan terdapat sekitar 24.049 pergerakan pesawat. Hasil perhitungan mengindikasikan bahwa untuk memenuhi kebutuhan operasional pesawat Airbus A-330, diperlukan perpanjangan landasan pacu sepanjang 3.383 meter, dengan jarak *touchdown* hingga lokasi *taxiway* yang diperlukan mencapai 1.394 meter. Pengembangan ini

akan dilaksanakan secara berurutan sesuai dengan jadwal program yang telah ditetapkan. Kedua penelitian menggunakan metode FAA (*Federal Aviation Administration*). Kedua penelitian menunjukkan tujuan untuk menganalisis rencana atau perencanaan yang berhubungan dengan fasilitas sisi udara bandara. Lokasi Penelitian di Bandar Udara Juwata Tarakan, sedangkan penulis di Bandara Internasional Kualanamu. Untuk penelitian yang relevan fokus untuk rencana pengembangan *runway* dan *taxiway* sedangkan penulis fokus pada rencana penambahan *taxiway*.

Penelitian Putri et al (2018) Perencanaan mencakup *taxiway*, *apron*, dan terminal kargo, dengan menggunakan data pertumbuhan kargo dari 2015-2017 untuk mengetahui peramalan kapasitas kargo pada tahun 2037. Dengan pesawat rencana yang digunakan pesawat jenis B747-800. Lebar *taxiway* direncanakan 60 m dengan bahu 15 m di tiap sisi, dan jarak 2810 m dari *runway* ke *taxiway*, dengan sudut 30°. *Apron* direncanakan dengan dimensi 450 m x 175 m. Ketebalan perkerasan *rigid* 66 cm dan perkerasan *flexible* 102,31 cm. Untuk *perkerasan rigid*, tulangan pokok D20 dengan *joint* maksimum 6100 mm diperlukan. Kebutuhan luas Terminal Kargo tahun 2037 adalah 24.750 m², pada jam sibuk tahun 2037, dengan kapasitas kargo yang didapatkan mencapai 175.639.668 kg dan 14,2 ton per jam. Kedua penelitian menggunakan metode FAA (*Federal Aviation Administration*). Kedua penelitian menunjukkan tujuan untuk menganalisis rencana atau perencanaan yang berhubungan dengan fasilitas sisi udara bandara. Lokasi Penelitian di Bandara Internasional Juanda, sedangkan penulis di Bandara Internasional Kualanamu. Untuk penelitian yang relevan fokus untuk perencanaan fasilitas kargo terminal 3 sedangkan penulis fokus pada rencana penambahan *taxiway*.