

**PERENCANAAN PERBAIKAN PERKERASAN *TAXIWAY* NP7
DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL
I GUSTI NGURAH RAI BALI**

TUGAS AKHIR



Oleh:

JOSHUA HENRY FRANKESTEIN APITULEY

NIT. 56192210010

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA BANDAR UDARA
PROGRAM SARJANA TERAPAN
POLITEKNIK PENERBANGAN PALEMBANG
2026**

**PERENCANAAN PERBAIKAN PERKERASAN *TAXIWAY* NP7
DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL
I GUSTI NGURAH RAI BALI**

TUGAS AKHIR

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



Oleh:

JOSHUA HENRY FRANKESTEIN APITULEY

NIT. 56192210010

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA BANDAR UDARA
PROGRAM SARJANA TERAPAN
POLITEKNIK PENERBANGAN PALEMBANG
2026**

ABSTRAK

PERENCANAAN PERBAIKAN PERKERASAN *TAXIWAY* NP7 DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL I GUSTI NGURAH RAI BALI

Oleh:

JOSHUA HENRY FRANKESTEIN APITULEY

NIT. 56192210010

Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara

Program Sarjana Terapan

Perkerasan *Taxiway* NP7 di Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai Bali mengalami kerusakan berupa lendutan (*rutting*) pada area *wheelpath* dan retak memanjang akibat repetisi beban pesawat yang tinggi, dominasi operasional pesawat berbadan besar, serta temperatur perkerasan yang tinggi. Kondisi tersebut menyebabkan perkerasan bekerja mendekati batas kapasitasnya karena nilai ACN pesawat kritis Boeing 777-300ER sama dengan nilai PCN eksisting, yaitu 89. Selain itu, metode perbaikan sebelumnya berupa *patching* dinilai belum mampu mengatasi kerusakan secara optimal sehingga berpotensi mengganggu keselamatan dan kelancaran operasional penerbangan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi kerusakan perkerasan pada *Taxiway* NP7, mengetahui kesenjangan antara kondisi eksisting dengan ketentuan teknis yang berlaku, menentukan metode perbaikan yang paling tepat menggunakan pendekatan *triple constraint*, serta merencanakan tebal lapisan *overlay* menggunakan metode FAA melalui aplikasi FAARFIELD dan COMFAA. Penelitian ini menggunakan metode *mixed method* dengan pendekatan kuantitatif dan kualitatif. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi lapangan, wawancara, dokumentasi, data *Pavement Management System* (PMS), data operasional pesawat, serta studi literatur. *Gap analysis* dilakukan untuk mengidentifikasi kesenjangan antara kondisi eksisting perkerasan dan ketentuan FAA AC 150/5320-6G. Selanjutnya, pendekatan *triple constraint* yang meliputi aspek waktu, biaya dan mutu digunakan untuk menentukan metode perbaikan yang paling sesuai. Perencanaan tebal *overlay* dilakukan menggunakan aplikasi FAARFIELD, sedangkan evaluasi kekuatan perkerasan dilakukan menggunakan aplikasi COMFAA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kerusakan pada *Taxiway* NP7 berupa lendutan sepanjang 200 meter dengan kedalaman sekitar 3 cm dan retak memanjang sepanjang 280 cm termasuk kategori kerusakan sedang sehingga metode *patching* tidak lagi sesuai digunakan berdasarkan hasil *gap analysis* terhadap kondisi eksisting dan ketentuan FAA. Berdasarkan pendekatan *triple constraint*, metode *overlay* dipilih sebagai metode perbaikan paling tepat karena lebih efisien, memiliki kualitas perbaikan yang lebih baik, serta dapat dilaksanakan

tanpa penutupan total *taxiway*. Hasil analisis menggunakan aplikasi FAARFIELD menunjukkan kebutuhan *overlay* sebesar 5 cm dengan nilai *Cumulative Damage Factor* (CDF) = 0 yang menandakan struktur perkerasan masih aman terhadap repetisi beban pesawat. Selanjutnya, hasil evaluasi menggunakan aplikasi COMFAA menunjukkan peningkatan nilai PCN dari 89 F/C/X/T menjadi 114 F/C/X/T sehingga kapasitas perkerasan telah memenuhi kebutuhan operasional pesawat kritis Boeing 777-300ER. Penelitian ini memberikan kontribusi ilmiah berupa pengembangan analisis perbaikan perkerasan sisi udara dengan mengintegrasikan *gap analysis* dan pendekatan *triple constraint* dalam menentukan metode perbaikan yang sesuai pada bandar udara dengan operasional tinggi. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi teknis dalam pelaksanaan pemeliharaan dan peningkatan perkerasan sisi udara pada bandar udara lainnya.

Kata Kunci: COMFAA, FAARFIELD, *Gap Analysis*, *Overlay*, *Taxiway*, *Triple Constraint*.

ABSTRACT

PLANS FOR THE REPAIR OF TAXIWAY NP7 AT I GUSTI NGURAH RAI INTERNATIONAL AIRPORT IN BALI

By:

JOSHUA HENRY FRANKESTEIN APITULEY

NIT. 56192210010

Airport Engineering Technology Program

Applied Bachelor's Degree Program

The Taxiway NP7 pavement at I Gusti Ngurah Rai International Airport, Bali, experienced damage in the form of rutting in the wheelpath area and longitudinal cracks due to high aircraft load repetition, the dominance of wide-bodied aircraft operations, and high pavement temperatures. These conditions caused the pavement to work close to its capacity limit because the ACN value of the critical Boeing 777-300ER aircraft was the same as the existing PCN value, which was 89. In addition, the previous repair method, namely patching, was deemed unable to optimally overcome the damage, thus potentially disrupting the safety and smoothness of flight operations. This study aims to analyze the condition of the pavement damage on Taxiway NP7, determine the picture between the existing conditions and the applicable technical provisions, determine the most appropriate repair method using the triple constraint approach, and plan the overlay layer thickness using the FAA method through the FAARFIELD and COMFAA applications. This study uses a mixed method with quantitative and qualitative approaches. Data collection was carried out through field observations, interviews, documentation, Pavement Management System (PMS) data, aircraft operational data, and literature studies. A gap analysis was conducted to identify the gap between the existing pavement conditions and FAA AC 150/5320-6G requirements. A triple constraint approach, encompassing time, cost, and quality, was then used to determine the most appropriate repair method. Overlay thickness planning was performed using the FAARFIELD application, while pavement strength evaluation was performed using the COMFAA application. The results showed that the damage to Taxiway NP7, in the form of a 200-meter deflection with a depth of approximately 3 cm and a 280 cm long longitudinal crack, fell into the moderate damage category, thus the patching method was no longer suitable based on the gap analysis results against the existing conditions and FAA requirements. Based on the triple constraint approach, the overlay method was chosen as the most appropriate repair method because it is more efficient, has better repair quality, and can be implemented without completely closing the taxiway. The analysis results using the FAARFIELD application showed a 5 cm overlay requirement with a Cumulative Damage Factor (CDF) value of 0, indicating that the pavement structure is still safe against

repeated aircraft loads. Furthermore, the evaluation results using the COMFAA application showed an increase in the PCN value from 89 F/C/X/T to 114 F/C/X/T, thus ensuring the pavement capacity meets the operational needs of the critical Boeing 777-300ER aircraft. This research provides a scientific contribution in the form of developing airside pavement repair analysis by integrating gap analysis and the triple constraint approach to determine appropriate repair methods at high-operational airports. Furthermore, the results of this study are expected to serve as a technical reference for implementing airside pavement maintenance and improvements at other airports.

Keywords: *COMFAA, FAARFIELD, Gap Analysis, Overlay, Taxiway, Triple Constraint.*

PENGESAHAN PEMBIMBING

Tugas Akhir: “PERENCANAAN PERBAIKAN PERKERASAN *TAXIWAY* NP7 DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL I GUSTI NGURAH RAI BALI” telah diperiksa dan disetujui untuk diuji sebagai salah satu syarat lulus Pendidikan Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana Terapan Angkatan ke-3, Politeknik Penerbangan Palembang – Palembang.



Nama : Joshua Henry Frankestein Apituley

NIT : 56192210010

PEMBIMBING I

YAYUK SUPRIHARTINI, S.Si.T., M.A.

Penata TK1 (III/d)

NIP. 19830725 200812 2 001

PEMBIMBING II

DWI CANDRA YUNIAR, S.H., S.ST., M.Si.

Pembina (IV/a)

NIP. 19760612 199803 1 001

KETUA PROGRAM STUDI

Ir. M. INDRA MARTADINATA, S.S.T., M.Si.

Pembina (IV/a)

NIP. 19810306 200212 1 001

PENGESAHAN PENGUJI

Tugas Akhir: “PERENCANAAN PERBAIKAN PERKERASAN *TAXIWAY* NP7 DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL I GUSTI NGURAH RAI BALI” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Tugas Akhir Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana Terapan Angkatan ke-3, Politeknik Penerbangan Palembang – Palembang. Tugas Akhir ini telah dinyatakan LULUS Program Sarjana Terapan pada tanggal 30 Juni 2026.

KETUA



Ir. M. INDRA MARTADINATA, S.S.T., M.Si.

Pembina (IV/a)

NIP. 19810306 200212 1 001

SEKRETARIS



ZUSNITA HERMALA, S.Kom., M.Si.

Pembina (IV/a)

NIP. 19781118 200502 2 001

ANGGOTA



YAYUK SUPRIHARTINI, S.Si.T., M.A.

Penata TK1 (III/d)

NIP. 19830725 200812 2 001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Joshua Henry Frankestein Apituley
NIT : 56192210010
Program Studi : Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana Terapan

Menyatakan bahwa Tugas Akhir berjudul "PERENCANAAN PERBAIKAN PERKERASAN *TAXIWAY* NP7 DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL I GUSTI NGURAH RAI BALI" 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, 30 Juni 2026
Yang Membuat Pernyataan



Joshua Henry Frankestein Apituley
NIT. 56192210010

PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir D.IV 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 PA/TA ini dapat ditulis dalam bahasa Indonesia sebagai berikut: Apituley, J.H.F (2026): *PERENCANAAN PERBAIKAN PERKERASAN TAXIWAY NP7 DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL I GUSTI NGURAH RAI BALI*, Tugas Akhir Program Sarjana Terapan, Politeknik Penerbangan Palembang.

Memperbanyak atau menerbitkan sebagian atau seluruh PA/TA haruslah seizin Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara, Politeknik Penerbangan Palembang.

(1 Tesalonika 5:17)

Tetaplah Berdoa

Karya Tulis ini Dipersembahkan kepada

Yang Terkasih Keluarga Kecil Apituley

With Love, Josh.

KATA PENGANTAR

Shalom, Puji Syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus yang telah memberikan kemudahan bagi penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini sehingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini tepat pada waktu yang telah ditentukan. Tugas Akhir PERENCANAAN PERBAIKAN PERKERASAN *TAXIWAY* NP7 DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL I GUSTI NGURAH RAI BALI, disusun guna memenuhi salah satu syarat lulus pada Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana Terapan Angkatan 3 Politeknik Penerbangan Palembang.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis mendapat begitu banyak bantuan baik moral maupun materi dari berbagai pihak, maka dalam kesempatan ini penulis menyampaikan terimakasih yang tak terhingga kepada:

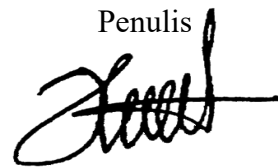
1. Tuhan Yesus Kristus, yang telah memberikan limpahan berkah dan rahmatnya serta selalu memberikan perlindungan kepada hamba-Nya sehingga bisa menulis dan menyelesaikan laporan ini;
2. Ayah, Bunda, Kakak Joe dan Adik Johan yang telah memberikan doa, restu, dan bantuan serta dukungan penuh kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini;
3. Bapak Dr. Capt. Ahmad Hariri, S.T., S.SiT., M.Si. Selaku Direktur Politeknik Penerbangan Palembang;
4. Bapak Nugroho Jati Selaku General Manager Bandar Udara I Gusti Ngurah Rai Bali;
5. Bapak Ir. M. Indra Martadinata, S.ST., M.Si., selaku Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana Terapan;
6. Ibu Yayuk Suprihartini, S.SiT., M.A. selaku dosen Pembimbing 1 Tugas Akhir;
7. Bapak Dwi Candra Yuniar, S.H., S.ST., M.Si. selaku dosen Pembimbing 2 Tugas Akhir;
8. Bapak Dr. Ir. Setiyo, M.M. Selaku Dosen Pembimbing Akademik Politeknik Penerbangan Palembang;

9. Bapak Tigas Dattyasuwandono Hadikusuma Selaku Airside Facilities Department Head Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai Bali;
10. Bapak Adnan Asyraf Selaku Supervisor Unit Airside penulis di Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai Bali;
11. Seluruh Personil Unit Airside Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai Bali;
12. Seluruh Taruna/i TRBU 03, rekan seperjuangan selama empat tahun yang telah berbagi suka dan duka, memberikan semangat, bantuan, serta menciptakan kenangan yang tidak terlupakan selama menjalani pendidikan bersama;
13. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu memberikan dukungan kepada penulis.
14. Pribadi yang memberi support dan menemani perjalanan penulis dalam masa naik dan turun selama menjalani pendidikan di kampus.
15. Diri sendiri, yang selalu berjuang tanpa mengenal lelah dan tak pernah cepat puas. Terima kasih atas semangat belajarmu yang tak pernah padam, dari masa lulus SMA hingga saat ini, bahkan hingga meraih kelulusan kedua sejak kamu lulus SMA. Ini bukanlah akhir, melainkan awal dari segala hal baik yang akan datang. ***"Remove Before Flight"** Remove anything that hold you back from flying higher*, Josh.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis sangat menerima kritik dan saran yang positif dengan tujuan untuk membangun sehingga penulis dapat melengkapi dan menyempurnakan Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi penulis khususnya dan pembaca pada umumnya.

Palembang, 30 Juni 2026

Penulis



Joshua Henry Frankestein Apituley

NIT. 56192210010

DAFTAR ISI

ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
PENGESAHAN PEMBIMBING	vii
PENGESAHAN PENGUJI	viii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	ix
PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR	x
KATA PENGANTAR.....	xii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG	xx
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	9
C. Batasan Masalah	10
D. Tujuan Penelitian	10
E. Manfaat Penelitian.....	10
F. Sistematika Penelitian.....	11
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	12
A. Teori Penunjang	12
1. Bandar Udara	12
2. <i>Taxiway</i>	13
3. Marka <i>Taxiway</i>	15
4. Kegiatan Inspeksi, Pemeliharaan Prasarana Sisi Udara.....	17
5. <i>Patching</i>	19
6. <i>Overlay</i>	19
7. Rekonstruksi.....	20
8. <i>Triple Constraint</i>	21
9. Perkerasan Lentur (<i>Flexible Pavement</i>).....	22
10. Jenis-jenis kerusakan Pada Perkerasan Lentur.....	25
11. Metode Peramalan (<i>Forecasting</i>).....	27
12. Perencanaan Tebal Perkerasan Menggunakan FAARFIELD 2.1.1....	29
13. Perhitungan PCN menggunakan COMFAA 3.0	30

14. Perhitungan PCR Menggunakan FAARFIELD 2.1.1	31
15. Rencana Anggaran Biaya (RAB)	32
B. Kajian Penelitian Terdahulu	34
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	39
A. Metode Penelitian	39
B. Alur Penelitian	40
C. Teknik Pengumpulan Data	42
1. Kualitatif	43
2. Kuantitatif	45
D. Instrumen dan Perangkat Analisis	45
1. Instrumen Penelitian	45
2. Perangkat Analisis	47
E. Teknik Analisis Data	48
1. <i>Gap Analysis</i>	48
2. Analisis <i>Triple Constraint</i>	48
3. Perhitungan <i>Forecasting</i>	49
4. Perhitungan Tebal Perkerasan dengan Metode FAARFIELD 2.1.1	49
5. Perhitungan PCN dengan Metode COMFAA	50
6. Perhitungan PCR Menggunakan Aplikasi FAARFIELD 2.1.1	50
7. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB)	51
F. Lokasi dan Waktu Penelitian	51
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	52
A. Hasil	52
1. Kondisi Eksisting <i>Taxiway</i> dan Justifikasi Perbaikan	52
2. Perencanaan Lapisan Perkerasan	72
B. Pembahasan	91
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	99
A. Simpulan	99
B. Saran	99
DAFTAR PUSTAKA	100
LAMPIRAN	107

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. Lembar Validasi Instrumen Dokumentasi	107
Lampiran B. Lembar Validasi Instrumen Observasi	108
Lampiran C. Lembar Validasi Instrumen Wawancara.....	109
Lampiran D. Pengecekan Suhu Lapisan Perkerasan	111
Lampiran E. Rekapitulasi Perbaikan Perkerasan <i>Flexible</i>	112
Lampiran F. <i>Checklist</i> Pengembalian Operasional Setelah <i>Patching</i>	113
Lampiran G. Lembar Inspeksi Fasilitas Sisi Udara Bandara Bali	113
Lampiran H. Rencana Anggaran Biaya <i>Patching</i>	114
Lampiran I. Rencana Anggaran Biaya Rekonstruksi	118
Lampiran J. Hasil Nilai PCN COMFAA	126
Lampiran K. Dokumentasi Wawancara	127
Lampiran L. Lembar Bimbingan Tugas Akhir	128
Lampiran M. Dokumentasi Bimbingan Tugas Akhir	129
Lampiran N. Cek Turnitin	130

DAFTAR GAMBAR

Gambar I. 1 Antrian Pesawat Pada <i>Taxiway</i> NP7.....	1
Gambar I. 2 Lokasi <i>Taxiway</i> NP7 AutoCad	5
Gambar I. 3 Grafik Penggunaan <i>Runway</i> 09 dan 27	6
Gambar I. 4 Lendutan dan <i>Standing water</i> di <i>Taxiway</i> NP7	7
Gambar II. 1 Bagan alir kegiatan pemeliharaan prasarana sisi udara	17
Gambar II. 2 Bagan alir elemen terkait dalam pemeliharaan prasarana sisi	19
Gambar II. 3 Struktur Perkerasan Lentur	23
Gambar II. 4 Ilustrasi Garis Regresi Linear	28
Gambar II. 5 <i>Software</i> FAARFIELD 2.1.1	30
Gambar II. 6 <i>Software</i> COMFAA 3.0.....	31
Gambar II. 7 PCR FAARFIELD 2.1.1	32
Gambar III. 1 Alur Penelitian.....	40
Gambar IV. 1 Lapisan Perkerasan <i>Taxiway</i> NP7	53
Gambar IV. 2 Potongan Samping <i>Taxiway</i> NP7.....	54
Gambar IV. 3 Tampak Atas <i>Taxiway</i> NP7	54
Gambar IV. 4 Pengukuran Dimensi Kerusakan.....	55
Gambar IV. 5 <i>Standing Water</i> di <i>Taxiway</i> NP7	56
Gambar IV. 6 Input Data Faarfield	78
Gambar IV. 7 Hasil <i>Run</i> Aplikasi Faarfield.....	78
Gambar IV. 8 Input Data Lapisan Perkerasan pada COMFAA Excel.....	79
Gambar IV. 9 Input Data Perkerasan dan Pesawat Pada COMFAA	80
Gambar IV. 10 Hasil ACN dan PCN COMFAA	80
Gambar IV. 11 Nilai PCR FAARFIELD	81

DAFTAR TABEL

Tabel I. 1 Nilai ACN dan PCN Bandara.....	2
Tabel I. 2 Klasifikasi Kerusakan <i>Taxiway</i> NP7	4
Tabel II. 1 Minimum Clearance <i>runway centerline to runway holding position</i> .	16
Tabel II. 2 Uraian inspeksi rutin yang dilakukan berdasarkan jadwal	18
Tabel II. 3 Kerusakan Lendutan	25
Tabel II. 4 Kerusakan Retak Memanjang.....	26
Tabel II. 5 Penelitian Terdahulu	34
Tabel III. 1 Tahapan Hasil yang Diharapkan	42
Tabel III. 2 Kisi-kisi instrumen penelitian	47
Tabel III. 3 Tahapan Pelaksanaan Penelitian	51
Tabel IV. 1 Data Fasilitas <i>Taxiway</i> Bandara I Gusti Ngurah Rai	52
Tabel IV. 2 Klasifikasi Kerusakan <i>Taxiway</i> NP7.....	56
Tabel IV. 3 Nilai ACN Pesawat	58
Tabel IV. 4 Pengaruh Suhu Pada Kondisi Aspal.....	59
Tabel IV. 5 Hasil Observasi dan Wawancara.....	61
Tabel IV. 6 <i>Gap Analysis</i> (Regulasi dan Kondisi Eksisting).....	62
Tabel IV. 7 Rekapitulasi Biaya <i>Patching</i>	65
Tabel IV. 8 Rekapitulasi Biaya <i>Overlay</i>	67
Tabel IV. 9 Rekapitulasi Biaya Rekonstruksi	70
Tabel IV. 10 Data Pergerakan Penumpang	72
Tabel IV. 11 Data Pergerakan Pesawat	72
Tabel IV. 12 Perhitungan <i>Forecasting</i> Penumpang	73
Tabel IV. 13 <i>Forecasting</i> Pergerakan Tahunan Penumpang.....	74
Tabel IV. 14 Perhitungan <i>Forecasting</i> Pesawat.....	75
Tabel IV. 15 <i>Forecasting</i> Pergerakan Pesawat Tahunan.....	76
Tabel IV. 16 Data Penerbangan Pesawat Kritis	77
Tabel IV. 17 Kondisi <i>Subgrade</i> dan Tekanan Ban Pesawat.....	81
Tabel IV. 18 Daftar Item Pekerjaan	83
Tabel IV. 19 Harga Satuan Upah	83
Tabel IV. 20 Harga Satuan Material	84
Tabel IV. 21 Harga Sewa Peralatan	84

Tabel IV. 22 Analisa Harga Satuan.....	85
Tabel IV. 23 Rencana Anggaran Biaya.....	90
Tabel IV. 24 Rekapitulasi Biaya	90
Tabel IV. 25 Perbandingan Metode Perbaikan dengan <i>Triple Constraint</i>	93

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

SINGKATAN	Nama	Penggunaan Pertama Kali pada Halaman
ICAO	<i>International Civil Aviation Organization</i>	1
AMC	<i>Apron Movement Control</i>	1
ACN	<i>Aircraft Classification Number</i>	2
PCN	<i>Pavement Classification Number</i>	2
FAA	<i>Federal Aviation Administration</i>	2
OJT	<i>On the Job Training</i>	3
PMS	<i>Pavement Management System</i>	3
AC	<i>Asphalt Concrete</i>	4
NOTAM	<i>Notice to Airmen</i>	7
RAB	Rencana Anggaran Biaya	9
FWD	<i>Falling Weight Deflectometer</i>	9
CBR	<i>California Bearing Ratio</i>	9
CASR	<i>Civil Aviation Safety Regulations</i>	12
FOD	<i>Foreign Object Debris</i>	16
ARMS	<i>Airport Runway Management System</i>	18
ATS	<i>Air Traffic Service</i>	18
HMA	<i>Hot Mix Asphalt</i>	20
ATB	<i>Asphalt Treated Base</i>	33
ARFL	<i>Aircraft Reference Field Length</i>	34
CDF	<i>Cumulative Damage Factor</i>	36
PCR	<i>Pavement Classification Rating</i>	37
PCI	<i>Pavement Condition Index</i>	39

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Bandar udara merupakan infrastruktur strategis dalam sistem transportasi udara yang penyelenggaraannya wajib memenuhi aspek keselamatan, keamanan, dan pelayanan sesuai standar nasional maupun internasional (Mamadlo, 2025). Berdasarkan Annex 14 *International Civil Aviation Organization* (ICAO) serta Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2009 tentang Penerbangan, setiap fasilitas sisi udara (*airside facilities*) harus dirancang, dioperasikan, dan dipelihara agar senantiasa berada dalam kondisi laik operasi. Salah satu elemen vital dalam sistem pergerakan pesawat adalah *taxiway*, yaitu perkerasan yang berfungsi sebagai jalur penghubung antara *runway* dan *apron*, serta menahan beban pesawat secara berulang selama proses *taxiing*, *holding*, maupun pergerakan menuju *apron* (Juniawan dkk., 2025).

Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai Bali memiliki peran strategis sebagai salah satu bandara dengan tingkat aktivitas penerbangan yang tinggi di Indonesia, yang mendukung pergerakan penumpang serta distribusi logistik untuk rute domestik maupun internasional. (Walibuana & Rakhman, 2025).



Gambar I. 1 Antrian Pesawat Pada *Taxiway* NP7
(Sumber: Penulis, 2026)

Gambar diatas merupakan antrian pesawat pada *Taxiway* NP7 di Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai Bali. Berdasarkan data operasional dari *Apron*

Movement Control (AMC) tahun 2024, jumlah pergerakan pesawat tercatat mencapai 142.176 pergerakan per tahun, yang terdiri dari 46.327 penerbangan internasional dan 95.939 penerbangan domestik. Berdasarkan data operasional, rata-rata pergerakan pesawat mencapai sekitar 450 penerbangan setiap hari. Tingginya frekuensi tersebut menunjukkan bahwa Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai Bali memiliki tingkat aktivitas operasional yang sangat padat dibandingkan dengan banyak bandar udara lainnya di Indonesia.

Jenis pesawat yang paling dominan beroperasi serta memiliki frekuensi *takeoff* dan *landing* tertinggi di Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai adalah Airbus A320-200 yang digunakan pada berbagai rute domestik maupun internasional. Pesawat ini memiliki nilai *Aircraft Classification Number* (ACN) sebesar 70,6. Selain itu, pesawat berbadan lebar Boeing 777-300ER merupakan salah satu pesawat dengan bobot operasional terbesar yang beroperasi di bandar udara ini dengan nilai ACN sebesar 89. Dengan nilai ACN yang paling besar di antara pesawat yang beroperasi, pesawat tersebut dapat dikategorikan sebagai *critical aircraft* dalam analisis kapasitas perkerasan (Purwayudhaningsari dkk., 2025). Sementara itu, berdasarkan data teknis bandar udara, nilai *Pavement Classification Number* (PCN) pada *taxiway* tercatat sebesar 89. Kondisi kesetaraan antara nilai ACN pesawat kritis dan PCN perkerasan menunjukkan bahwa struktur perkerasan *taxiway* bekerja mendekati batas kapasitasnya (Mouw dkk., 2025).

Dalam analisis perbandingan antara nilai ACN dan PCN pada beberapa bandara besar, ditemukan bahwa meskipun peraturan yang ada tidak menetapkan gap atau perbedaan nilai ACN dan PCN yang ideal, bandara dengan kapasitas operasional tinggi dapat dijadikan referensi untuk menentukan standar yang relevan.

Tabel I. 1 Nilai ACN dan PCN Bandara

No	Nama Bandara	Nilai PCN	Nilai ACN
1	Bandar Udara Internasional Soekarno Hatta	89 F/C/W/T 131 R/D/X/T	89
2	Bandar Udara Internasional Kualanamu	109 R/C/W/T	89
3	Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin	77 F/C/X/T	73
4	Bandar Udara Internasional Juanda	147 F/B/X/T	89

5	Bandar Udara Internasional Yogyakarta	89 F/C/X/T	89
---	---------------------------------------	------------	----

(Sumber: Kementerian Perhubungan Indonesia, 2025)

Sebagai contoh, pada Bandara Udara Internasional Soekarno-Hatta, nilai PCN tercatat sebesar 89, dengan nilai ACN yang setara, yaitu 89. Hal ini menunjukkan bahwa nilai ACN dan PCN di bandara ini sebanding, yang mencerminkan kesesuaian antara kemampuan struktural *taxiway* dengan jenis pesawat yang beroperasi. Sebaliknya, pada Bandara Udara Internasional Sultan Hasanuddin, meskipun keduanya merupakan bandara besar dengan tingkat operasional yang tinggi, terdapat perbedaan antara nilai PCN dan ACN, di mana nilai PCN tercatat 77, sedangkan nilai ACN tercatat 73. Kondisi tersebut menunjukkan adanya perbedaan kebutuhan daya dukung perkerasan yang dapat dipengaruhi oleh desain konstruksi serta jenis dan intensitas lalu lintas pesawat yang beroperasi pada area terkait. Dengan melihat data dari bandara-bandara besar yang memiliki kapasitas dan trafik tinggi ini, dapat disimpulkan bahwa meskipun perbedaan antara ACN dan PCN tidak selalu konsisten, penyesuaian gap antara keduanya tetap dilakukan berdasarkan kondisi spesifik bandara dan jenis pesawat yang dioperasikan, guna menjaga keselamatan dan efisiensi operasional (Alimin dkk., 2024).

Secara teoritis, perkerasan lentur (*flexible pavement*) pada *taxiway* dirancang untuk mendistribusikan beban pesawat melalui beberapa lapisan perkerasan mulai dari *surface course*, *base course*, *subbase course*, hingga tanah dasar (*subgrade*) (Sandekala & Nur, 2023). Menurut Apituley dkk., (2026) distribusi beban yang baik bertujuan agar tidak terjadi deformasi permanen yang melampaui batas izin. Kondisi ideal perkerasan *taxiway* ditandai dengan tidak adanya *rutting* (lendutan permanen) yang melebihi batas toleransi, tidak terdapat retak aktif, serta tidak terjadi genangan air (*standing water*) pada area *wheelpath*. Apabila kondisi tersebut tidak terpenuhi, maka akan terjadi penurunan kinerja struktural maupun fungsional perkerasan yang berpotensi mengganggu keselamatan operasional penerbangan (Yanti & Magfirona, 2021).

Selain faktor repetisi beban pesawat, temperatur permukaan perkerasan juga berpengaruh terhadap kinerja material aspal (Bulgis dkk., 2024). Berdasarkan hasil pengukuran temperatur lapangan, diperoleh suhu rata-rata permukaan

perkerasan lentur (*flexible pavement*) sebesar 58,1 °C, dengan suhu maksimum mencapai 67,7 °C. Temperatur tersebut mendekati bahkan melampaui batas kinerja optimal aspal dengan binder penetrasi 60/70 dengan suhu maksimum yang digunakan pada perkerasan bandar udara. Pada kondisi temperatur tinggi, modulus kekakuan campuran aspal cenderung menurun sehingga lapisan perkerasan menjadi lebih rentan terhadap deformasi plastis terutama ketika dikombinasikan dengan beban roda pesawat berbobot besar dan tekanan ban yang tinggi (Darmawan & Julainsyah, 2024).

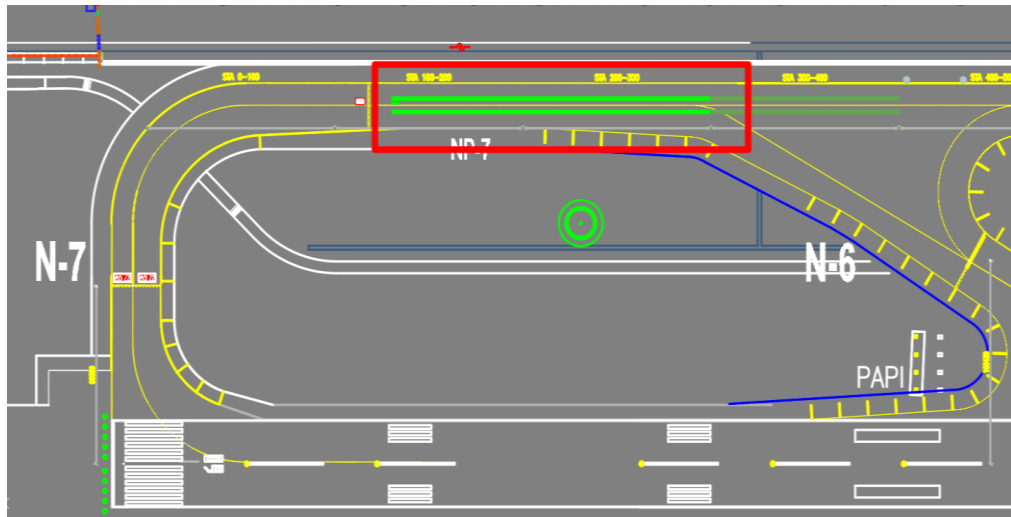
Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai Bali beroperasi selama 24 jam dengan intensitas lalu lintas pesawat yang tinggi. Repetisi beban pesawat secara terus-menerus terutama pada jalur *wheelpath* menyebabkan perkerasan *taxiway* menerima tekanan yang signifikan. Berdasarkan hasil observasi lapangan saat penulis melaksanakan *On the Job Training* (OJT) di Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai Bali pada 27 Oktober 2025 sampai dengan 26 Januari 2026 dan pemahaman mendalam pada data *Pavement Management System* (PMS) tahun 2023 dan 2024, *Taxiway* NP7 mengalami beberapa jenis kerusakan. Kerusakan yang teridentifikasi meliputi:

Tabel I. 2 Klasifikasi Kerusakan *Taxiway* NP7

NO	Kerusakan	Dimensi			Tingkat Kerusakan
		P	L	T	
1	Lendutan	200 m	0,2 m	0,25 m	Rusak Sedang
2	Retak Memanjang	280 cm	0,3 cm	0,2 cm	Rusak Sedang

(Sumber: Penulis, 2026)

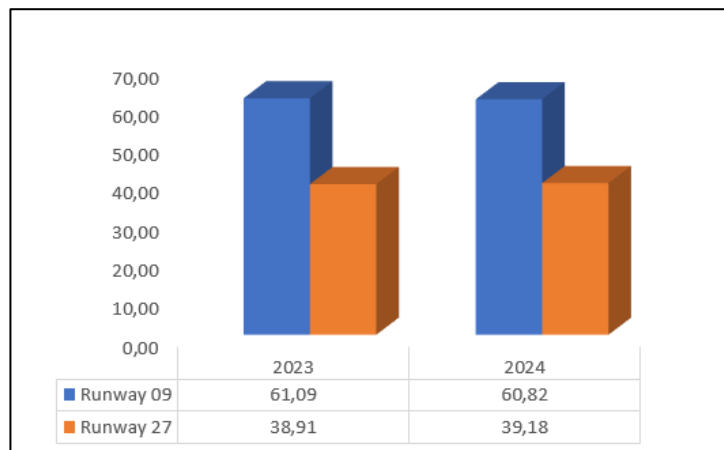
Kerusakan yang terjadi pada perkerasan *Taxiway* NP7 terdiri dari dua jenis, yaitu lendutan dengan kedalaman 0,25 m dan retak memanjang dengan panjang 280 cm. Berdasarkan *Advisory Circular* 150/5320-6G, kedua jenis kerusakan ini termasuk dalam kategori kerusakan sedang, yang membutuhkan perhatian lebih untuk perbaikan. Tindakan perbaikan yang tepat diperlukan agar kerusakan tidak berkembang menjadi kerusakan yang lebih parah, yang dapat mempengaruhi keselamatan dan kelancaran operasional pesawat. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi lebih lanjut dan tindakan perbaikan struktural segera.



Gambar I. 2 Lokasi *Taxiway* NP7 AutoCad
(Sumber: Penulis, 2026)

Gambar di atas menunjukkan *layout* dari *taxiway* NP7 yang digambarkan dalam aplikasi AutoCAD. Pada gambar tersebut, bagian yang ditandai dengan warna merah merupakan lokasi yang mengalami kerusakan. Kerusakan tersebut dikategorikan sebagai kerusakan sedang karena lendutan yang terjadi telah melebihi batas toleransi dan berpotensi menyebabkan akumulasi air pada permukaan perkerasan. Kondisi *standing water* tersebut berpotensi meningkatkan risiko *hydroplaning* pada roda pesawat yang dapat mempengaruhi keselamatan operasional penerbangan (Rumakiek dkk., 2025). Genangan air yang terjadi pada permukaan perkerasan dapat menginfiltrasi lapisan di bawahnya dan berpotensi menurunkan kualitas struktur perkerasan secara bertahap apabila tidak dilakukan penanganan yang sesuai (Mulyati & Anggraini, 2025). Oleh karena itu, kondisi kerusakan pada perkerasan *taxiway* yang ditandai dengan lendutan melebihi batas toleransi serta munculnya *standing water* dengan kedalaman yang sama, yaitu 2,5 cm, menjadi salah satu urgensi untuk dilakukannya penelitian ini. Kondisi tersebut berpotensi mempercepat degradasi struktur perkerasan akibat infiltrasi air ke dalam lapisan perkerasan. Selain itu, kondisi ini juga dapat meningkatkan risiko *hydroplaning* dan menurunkan stabilitas pergerakan pesawat di permukaan perkerasan yang tergenang, apabila tidak segera ditangani dengan metode perbaikan yang tepat (Mulyati & Anggraini, 2025).

Pada data operasional tahun 2023 dan 2024, terjadi ketidakseimbangan penggunaan *runway* yang signifikan, khususnya pada *Runway 09*. Penggunaan *runway* ini tercatat sebesar 61,09% pada tahun 2023 dan 60,82% pada tahun 2024, yang menunjukkan dominasi penggunaan yang cukup tinggi pada salah satu *runway*. Ketidakseimbangan ini menyebabkan konsentrasi beban kumulatif yang sangat tinggi pada area NP7 karena sebelum menggunakan *runway 09* untuk *take off* pesawat melakukan *taxiing* melalui *taxiway* NP7.



Gambar I. 3 Grafik Penggunaan *Runway 09* dan 27
(Sumber: Penulis, 2026)

Berdasarkan grafik yang ditampilkan, dapat dilihat bahwa dominasi penggunaan *Runway 09* secara signifikan mempengaruhi distribusi beban pada NP7. Akibat dari ketidakseimbangan penggunaan ini, NP7 mengalami peningkatan deformasi plastis (*rutting*) pada *wheelpath* yang dapat mempercepat kerusakan permukaan. Deformasi ini kemudian berkembang menjadi retak memanjang yang disebabkan oleh peningkatan tegangan tarik pada tepi alur lendutan tersebut. Kerusakan yang terjadi menandakan perlunya perhatian lebih dalam pemeliharaan dan perancangan perkerasan agar dapat mengatasi konsentrasi beban yang tidak merata dan mengurangi dampak kerusakan jangka panjang.



Gambar I. 4 Lendutan dan *Standing water* di *Taxiway* NP7
(Sumber: Penulis, 2026)

Pada tahun 2024 telah dilakukan perbaikan pada lokasi penelitian sebanyak dua kali, yaitu pada bulan Mei dan November 2024, dengan menggunakan metode *patching*. Selanjutnya, pada bulan Maret 2025 dilakukan kembali perbaikan pada lokasi yang sama menggunakan metode *patching*. Metode *patching* merupakan teknik perbaikan perkerasan jalan atau *taxiway* dengan cara menambal bagian yang mengalami kerusakan menggunakan material aspal atau beton baru (Reza dkk., 2025). *Patching* umumnya dilakukan pada area yang mengalami kerusakan lokal, seperti retakan atau lubang, untuk mengembalikan fungsi dan kestabilan permukaan perkerasan. Metode ini bersifat sementara dan lebih cocok untuk perbaikan cepat, meskipun tidak selalu efektif untuk menangani masalah struktural yang lebih besar. Namun dalam kurun waktu relatif singkat, kerusakan kembali muncul dengan pola yang serupa. Hal ini mengindikasikan bahwa permasalahan yang terjadi tidak hanya bersifat fungsional pada permukaan perkerasan, tetapi telah mengarah pada penurunan kapasitas struktural lapisan perkerasan (Saraswati & Dalimunthe, 2024). Oleh karena itu, metode *patching* yang bersifat lokal dan parsial dinilai kurang efektif untuk mengatasi permasalahan pada perkerasan *Taxiway* NP7.

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan analisis lebih lanjut untuk menentukan metode perbaikan yang lebih tepat pada perkerasan *Taxiway* NP7, dengan

mempertimbangkan kondisi operasional Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai yang beroperasi selama 24 jam serta keterbatasan *window time* dalam pelaksanaan pekerjaan pemeliharaan. Selain itu, pemilihan metode perbaikan juga perlu mempertimbangkan aspek *triple constraint* yang meliputi waktu pelaksanaan, biaya dan kualitas pekerjaan agar perbaikan yang dilakukan dapat memberikan hasil yang optimal. Dalam menangani kerusakan, bandara menerapkan SOP pemeliharaan yang dimulai dengan pencatatan kerusakan pada lembar observasi atau inspeksi. Setelah itu, kerusakan dilaporkan kepada kepala departemen untuk penanganan lebih lanjut. Jika kerusakan tergolong ringan, perbaikan dapat dilakukan pada malam hari tanpa mengganggu operasional penerbangan. Untuk kerusakan yang lebih besar, rapat koordinasi akan dilaksanakan untuk menentukan metode perbaikan yang tepat. Jika pekerjaan perbaikan memerlukan penutupan *taxiway* atau mengganggu penerbangan, NOTAM (*Notice to Airmen*) akan diterbitkan. SOP ini menjamin bahwa perbaikan dilakukan dengan efisien, mempertimbangkan waktu, biaya dan kualitas, serta meminimalkan gangguan pada operasional bandara.

Penelitian Ardiansyah dkk., (2021) membahas perencanaan *overlay* lapisan perkerasan menggunakan metode *Federal Aviation Administration* (FAA) serta bantuan perangkat lunak FAARFIELD dan COMFAA dalam menentukan tebal perkerasan yang diperlukan. Penelitian tersebut berfokus pada analisis teknis struktur perkerasan berdasarkan karakteristik pesawat rencana, lalu lintas pesawat, serta kondisi tanah dasar. Penelitian serupa juga dilakukan oleh Florendra Adefertana dkk., (2025) yang membahas perencanaan *overlay* perkerasan dengan metode FAA dan menggunakan aplikasi FAARFIELD serta COMFAA untuk menentukan tebal lapisan perkerasan yang sesuai dengan beban operasional pesawat. Namun demikian, kedua penelitian tersebut masih berfokus pada analisis teknis perkerasan, sehingga keputusan metode perbaikan yang dipilih belum mempertimbangkan keterbatasan operasional bandar udara yang memiliki tingkat aktivitas penerbangan tinggi. Pada bandar udara dengan operasional padat khususnya yang beroperasi selama 24 jam pemilihan metode perbaikan tidak hanya didasarkan pada hasil perhitungan teknis struktur perkerasan, tetapi juga perlu mempertimbangkan keterbatasan waktu

pelaksanaan pekerjaan (*window time*), efisiensi biaya, serta kualitas hasil pekerjaan agar tidak mengganggu kelancaran operasional penerbangan.

Oleh karena itu, penelitian ini mempertimbangkan keterbatasan operasional bandar udara melalui pendekatan *triple constraint* yang meliputi aspek waktu pelaksanaan, biaya dan mutu pekerjaan dalam menentukan metode perbaikan yang paling sesuai untuk diterapkan pada perkerasan *Taxiway* NP7.

Berdasarkan uraian tersebut, diperlukan penelitian untuk menganalisis kondisi kerusakan serta menentukan metode perbaikan yang tepat pada perkerasan *Taxiway* NP7 guna meningkatkan keselamatan operasional penerbangan. Oleh karena itu, penelitian ini disusun dalam bentuk tugas akhir dengan judul “Perencanaan Perbaikan Perkerasan *Taxiway* NP7 di Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai Bali.”

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi eksisting perkerasan serta menentukan metode perbaikan yang tepat dengan pendekatan *triple constraint* pada *Taxiway* NP7. Perencanaan perbaikan perkerasan ini diharapkan tidak hanya mampu meningkatkan kinerja struktural dan fungsional perkerasan *taxiway*, tetapi juga mendukung peningkatan keselamatan serta kelancaran operasional penerbangan pada Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai yang memiliki tingkat aktivitas penerbangan tinggi. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan teknis dalam pelaksanaan pekerjaan pemeliharaan perkerasan sisi udara pada masa mendatang.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan, maka peneliti merumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi kerusakan perkerasan pada *Taxiway* NP7 di Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai Bali, serta metode perbaikan yang paling tepat diterapkan dengan pendekatan *triple constraint*?
2. Bagaimana cara merencanakan tebal perkerasan pada *Taxiway* NP7 menggunakan metode FAARFIELD dan COMFAA?

C. Batasan Masalah

Supaya pembahasan dalam penelitian ini tetap fokus dan terarah, maka ditetapkan beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini tidak melakukan pengujian lapangan FWD, analisis drainase, pembahasan karakteristik aspal PG 82, serta pelaksanaan konstruksi secara detail.
2. Penelitian ini mencakup penyusunan RAB namun tidak dilakukan secara mendalam.

D. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menganalisis kondisi dan jenis kerusakan perkerasan pada *Taxiway* NP7 Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai Bali, serta menentukan metode perbaikan yang paling sesuai berdasarkan ketentuan *Advisory Circular* No. 150/5320-6G dengan pendekatan *triple constraint*.
2. Merencanakan tebal lapisan perkerasan menggunakan metode FAA melalui aplikasi FAARFIELD dan COMFAA.

E. Manfaat Penelitian

Penulisan ini diharapkan mampu memberikan manfaat, antara lain:

1. Bagi Mahasiswa

Memberikan pemahaman tentang analisis dan klasifikasi kerusakan perkerasan, serta perencanaan tebal lapisan perkerasan dengan mempertimbangkan keterbatasan operasional yang ada.

2. Bagi Lembaga Pendidikan

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi mahasiswa/i Politeknik Penerbangan Palembang untuk mempelajari penanganan kerusakan perkerasan dan perencanaan tebal perkerasan dengan kondisi operasional terbatas, namun tetap memenuhi standar keselamatan dan operasional yang diperlukan.

3. Bagi Bandara

Hasil penelitian ini dapat menjadi bahan pertimbangan bagi pihak bandara dalam menentukan metode perbaikan perkerasan yang tepat pada *Taxiway* NP7, serta sebagai referensi dalam perencanaan pemeliharaan dan

peningkatan kualitas perkerasan sisi udara guna mendukung keselamatan dan kelancaran operasional penerbangan.

F. Sistematika Penelitian

Adapun susunan penelitian Tugas Akhir ini terdiri dari beberapa variabel, yaitu :

BAB I PENDAHULUAN

Berisikan latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penelitian.

BAB II LANDASAN TEORI

Mencangkup deskripsi teoritis yang mendukung penelitian, hasil penelitian terdahulu yang relevan sebagai perbandingan dan kerangka berpikir yang menjadi dasar dalam penelitian ini.

BAB III METODE PENELITIAN

Uraian metode penelitian, subjek dan objek penelitian, teknik pengumpulan data, teknik analisis data, tempat dan waktu penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Membahas hasil dan analisis penyelesaian dan masukan berupa inovasi permasalahan yang ada berdasarkan hasil pengumpulan data dan penelitian.

BAB V SIMPULAN DAN SARAN

Uraian kesimpulan yang didapatkan peneliti berdasarkan analisa yang sudah dilaksanakan dan berupa saran yang berdampak pada penelitian untuk perbaikan yang perlu dikaji lebih lanjut.