

**ANALISIS PENINGKATAN KESELAMATAN OPERASI
PENERBANGAN PADA *SHOULDER TAXIWAY STRIP*
DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL KUALANAMU**

TUGAS AKHIR

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

Oleh:

EVANDRI PAULUS SILITONGA

NIT. 56192010006



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

**ANALISIS PENINGKATAN KESELAMATAN OPERASI
PENERBANGAN PADA *SHOULDER TAXIWAY STRIP*
DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL KUALANAMU**

TUGAS AKHIR

Oleh:

EVANDRI PAULUS SILITONGA

NIT. 56192010006



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

ABSTRAK

ANALISIS PENINGKATAN KESELAMATAN OPERASI PENERBANGAN PADA *SHOULDER TAXIWAY STRIP* DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL KUALANAMU

Oleh :

EVANDRI PAULUS SILITONGA
NIT: 56192010006

PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA BANDAR UDARA PROGRAM SARJANA TERAPAN

Penelitian ini berfokus pada peningkatan keselamatan operasi penerbangan di Bandara Internasional Kualanamu dengan mengidentifikasi dan penyesuaian *shoulder taxiway strip*. Mengacu *Doc ICAO 9157 Design Manual Part 2: Taxiways, Aprons, and Holding Bays*, Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Udara PR Nomor 21 Tahun 2023, lebar *strip taxiway* eksisting tidak memenuhi standar keselamatan yang ditetapkan untuk pesawat *code letter E*, minimal 43,5 meter. Dalam rangka sertifikasi bandara, penelitian ini menemukan bahwa kondisi eksisting lebar *strip taxiway* 32,5 meter dari sumbu *taxiway* terhadap *strip (obstacle/saluran drainase terbuka)* berpotensi meningkatkan risiko kecelakaan operasional, terutama dalam situasi darurat. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif pengumpulan data eksisting serta pendekatan observasi, wawancara, studi dokumensi, *gap analysis* serta *analysis study sheet safety management risk* dengan efektivitas solusi yang diusulkan dari perencanaan peningkatan *shoulder taxiway strip*. Dalam kajian teknis, dibahas penggunaan material *precast box culvert* untuk penutupan saluran terbuka pada *shoulder intersection taxiway*, untuk memenuhi daya dukung urgensi kendaraan *support* operasional bandara, dan efisiensi waktu meminimalkan mengganggu operasional bandara untuk memenuhi jarak *strip* yang memadai dan keandalan infrastruktur *taxiway*. Penelitian mengemukakan bahwa implementasi solusi tersebut secara signifikan dapat mengurangi risiko kecelakaan operasional pesawat serta penyesuaian infrastruktur dengan regulasi internasional dan nasional yang didukung data legal, administratif, dan teknis. Kesimpulan dari studi ini menegaskan pentingnya pemenuhan standar keselamatan yang ditetapkan, peran teknologi, solusi inovatif meningkatkan infrastruktur bandara. Rekomendasi kebijakan yang dihasilkan ditujukan untuk pengelola bandara dan regulator bahwa justifikasi perencanaan dan implementasi perbaikan infrastruktur bandara di masa mendatang sebagai investasi yang sangat diprioritaskan demi terwujudnya keamanan dan keselamatan operasi penerbangan.

Kata Kunci : Peningkatan *Shoulder Taxiway*, Bandara Kualanamu, Keselamatan Operasi Penerbangan, Analisis Risiko, *Precast Box Culvert*

ABSTRACT

ANALYSIS OF FLIGHT OPERATION SAFETY IMPROVEMENT ON THE SHOULDER TAXIWAY STRIP AT KUALANAMU INTERNATIONAL AIRPORT

By :

EVANDRI PAULUS SILITONGA

NIT: 56192010006

AIRPORT ENGINEERING TECHNOLOGY STUDIES PROGRAM APPLIED BACHELOR'S PROGRAM

This research focuses on improving the safety of flight operations at Kualanamu International Airport by identifying and adjusting the shoulder taxiway strip. Referring to Doc ICAO 9157 Design Manual Part 2: Taxiways, Aprons, and Holding Bays, Decree of the Director General of Civil Aviation PR Number 21 of 2023, the existing taxiway strip width does not meet the safety standards set for code letter E aircraft, a minimum of 43.5 meters. In the context of airport certification, this study found that the existing condition of the taxiway strip width of 32.5 meters from the axis of the taxiway to the strip (obstacle / open drainage channel) has the potential to increase the risk of operational accidents, especially in emergency situations. This research uses a qualitative descriptive method of collecting existing data as well as approaches to observation, interviews, documentary studies, gap analysis and safety management risk analysis to study the effectiveness of the proposed solution of planning to increase the shoulder taxiway strip. In the technical study, the use of precast box culvert material for open channel closure at the shoulder intersection taxiway is discussed, to meet the carrying capacity of airport operational support vehicle urgency, and time efficiency to minimize disrupting airport operations to meet adequate strip spacing and taxiway infrastructure reliability. The study suggests that the implementation of these solutions can significantly reduce the risk of aircraft operational accidents and infrastructure compliance with international and national regulations supported by legal, administrative, and technical data. The conclusions of this study emphasize the importance of meeting established safety standards, the role of technology, and innovative solutions to improve airport infrastructure. The resulting policy recommendations are aimed at airport managers and regulators that justify the planning and implementation of future airport infrastructure improvements as a highly prioritized investment for the realization of security and safety of flight operations.

Keywords : *Shoulder Taxiway Improvement, Kualanamu Airport, Flight Operation Safety, Risk Analysis, Precast Box Culvert*

PENGESAHAN PEMBIMBING

Tugas Akhir : “ANALISIS PENINGKATAN KESELAMATAN OPERASI PENERBANGAN PADA *SHOULDER TAXIWAY STRIP* DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL KUALANAMU” telah diperiksa dan disetujui untuk diuji sebagai salah satu syarat lulus pendidikan Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana Terapan Angkatan ke-1, Politeknik Penerbangan Palembang - Palembang.

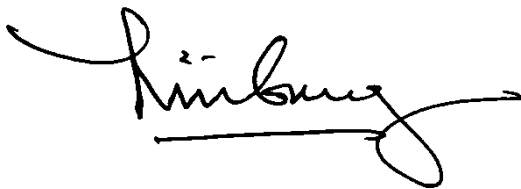


Nama : EVANDRI PAULUS SILITONGA

NIT : 56192010006

PEMBIMBING I

PEMBIMBING II



Ir. BAMBANG WIJAYA PUTRA, M.M

Pembina Tk.I (IV/b)

NIP. 19600901 198103 1 001



DWI CAHYONO, S.T., MS.ASM

Penata Muda (III/a)

NIP. 19831129 200604 1 004

KETUA PROGRAM STUDI



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

Pembina (IV/a)

NIP. 19810306 200212 1 001

PENGESAHAN PENGUJI

Tugas Akhir : “ANALISIS PENINGKATAN KESELAMATAN OPERASI PENERBANGAN PADA *SHOULDER TAXIWAY STRIP* DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL KUALANAMU” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Tugas Akhir Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana Terapan Angkatan ke-1, Politeknik Penerbangan Palembang - Palembang. Tugas akhir ini telah dinyatakan LULUS Program Sarjana Terapan pada tanggal 24 Juli 2024.

KETUA

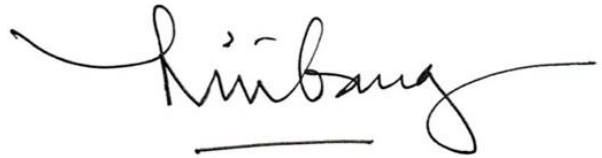


HERU KUSDARWANTO, S.E., M.T.

Pembina (IV/a)

NIP. 19790610 200012 1 004

SEKRETARIS



Ir. BAMBANG WIJAYA PUTRA, M.M

Pembina Tk.I (IV/b)

NIP. 19600901 198103 1 001

ANGGOTA



YETI KOMALASARI, S.Si.T., M.Adm.SDA.

Penata Tk.1 (III/d)

NIP. 19870525 200912 2 005

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : EVANDRI PAULUS SILITONGA

NIT : 56192010006

Program Studi : Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana Terapan

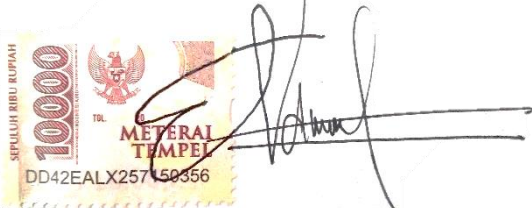
Menyatakan bahwa TA berjudul **“ANALISIS PENINGKATAN KESELAMATAN OPERASI PENERBANGAN PADA *SHOULDER TAXIWAY STRIP* DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL KUALANAMU”** merupakan karya asli saya bukan merupakan hasil plagiarisme.

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, 24 Juli 2024

Yang Membuat Pernyataan



EVANDRI PAULUS SILITONGA

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 :

Silitonga, E.P. (2024): *ANALISIS PENINGKATAN KESELAMATAN OPERASI PENERBANGAN PADA SHOULDER TAXIWAY STRIP DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL KUALANAMU*, Tugas Akhir Program Sarjana Terapan, Politeknik Penerbangan Palembang.

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

Dipersembahkan Kepada
Ayahanda Laurencius Silitonga dan Ibunda Netty Srianita Sinaga
Serta Keluarga Besar

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan kemudahan bagi penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini sehingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini tepat waktu yang telah ditentukan. Tugas Akhir **ANALISIS PENINGKATAN KESELAMATAN OPERASI PENERBANGAN PADA *SHOULDER TAXIWAY STRIP* DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL KUALANAMU**, disusun guna memenuhi salah satu syarat lulus pada Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana Terapan Angkatan 1 Politeknik Penerbangan Palembang.

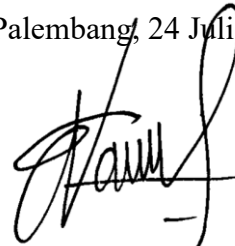
Dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis mendapat begitu banyak bantuan baik moral maupun materi dari berbagai pihak, maka dalam kesempatan ini penulis menyampaikan terimakasih yang tak terhingga kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan limpahan berkah dan rahmatnya serta selalu memberikan perlindungan kepada hamba-Nya;
2. Kedua Orang Tua yang telah memberikan doa, restu, dan bantuan serta dukungan penuh kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini;
3. Bapak Sukahir, S.Si.T., M.T., selaku Direktur Politeknik Penerbangan Palembang;
4. Bapak Achmad Rifai selaku *President Director of* PT. Angkasa Pura Aviasi;
5. Bapak Ir. M. Indra Martadinata, S.ST., M.Si., selaku Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana Terapan;
6. Bapak Ir. Bambang Wijaya Putra, M.M., selaku dosen Pembimbing 1 Tugas Akhir;
7. Bapak Dwi Cahyono, S.T., MS.ASM., selaku dosen Pembimbing 2 Tugas Akhir;
8. Ibu Direstu Amalia, S.T., MS.ASM., selaku dosen Pembimbing Akademik;
9. Bapak Fredho Perdana Putra selaku *Manager of Infrastructure* Bandara Internasional Kualanamu;

10. Ibu Melpa R. Silaban, S.T., selaku *Junior Manager of Runway and Airfield*;
11. Senior Bapak Pandapotan Lubis, A.md., selaku OJT *Instructure* pembimbing *Runway and Airfield Supervisor*;
12. Senior Bapak Andreas Simamora, S.ST., selaku *Inspector* Kantor Otoritas Bandar Udara Wilayah II – Medan.
13. Seluruh Personil Divisi *Infrastructure of Airport* Bandar Udara Internasional Kualanamu;
14. Seluruh rekan-rekan Taruna TRBU 01 Politeknik Penerbangan Palembang.
15. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu memberikan dukungan kepada penulis.

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, 24 Juli 2024



EVANDRI PAULUS SILITONGA

DAFTAR ISI

ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
PENGESAHAN PEMBIMBING.....	v
PENGESAHAN PENGUJI.....	vi
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	vii
PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR	viii
KATA PENGANTAR.....	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR DAN ILUSTRASI	xv
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG.....	xx
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Batasan Masalah	4
D. Tujuan Penelitian	4
E. Manfaat Penelitian.....	4
F. Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Teori Penunjang	6
1. Pengertian Analisis	6
2. Bandar Udara.....	6
3. Fasilitas Sisi Udara	8
4. <i>Shoulder</i> Taxiway	9

5.	Keselamatan Operasi Penerbangan di Bandar Udara	11
6.	<i>Safety Risk Management</i> (Manajemen resiko keselamatan)	14
7.	Program Penyusunan <i>Safety Plan</i>	17
8.	Kegiatan Inspeksi, Pemeliharaan Prasarana Sisi Udara	18
9.	Perbaikan dan Peningkatan Infrastruktur Sisi Udara	20
10.	Perencanaan Perbaikan Drainase Sisi Udara	21
11.	Rencana Anggaran Biaya	25
B.	Kajian Penelitian Terdahulu.....	27
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		29
A.	Desain Penelitian	29
B.	Teknik Pengumpulan Data.....	31
C.	Teknik Analisis Data.....	33
1.	Analisis Data Kualitatif	33
2.	<i>Gap Analysis</i>	34
D.	Lokasi dan Waktu Penelitian	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		36
A.	Kondisi Eksisting <i>Taxiway</i> Bandara Internasional Kualanamu	36
1.	Kondisi Fasilitas <i>Taxiway</i>	36
2.	Operasi Bandara Kualanamu	38
B.	Hasil Observasi dan Wawancara.....	40
C.	<i>Gap Analysis Shoulder Taxiway Strip</i>	41
1.	Penyusunan <i>Safety Plan</i>	43
2.	Penerapan <i>Safety Plan</i>	43
D.	Penilaian Risiko (<i>Risk Assessment</i>)	44
1.	Identifikasi Gangguan (<i>Hazard Identification</i>)	44
2.	Penilaian Resiko	44
3.	Mitigasi Risiko	47
E.	Indeks Resiko Setelah Mitigasi	49
F.	Perencanaan Peningkatan <i>Strip Taxiway Precast Box Culvert</i>	51
1.	Metode <i>Precast</i>	51
2.	Metode <i>Cast in Situ</i>	51

3. Desain Perencanaan <i>Box Culvert</i>	52
4. Perhitungan <i>Volume Box Culvert</i>	59
5. Standar Mutu Beton.....	61
6. Uraian Pekerjaan Peningkatan <i>Shoulder Taxiway Strip (Box Culvert)</i> ..	62
G. Rencana Anggaran Biaya.....	63
1. Penyusunan Daftar Item Pekerjaan	64
2. Penyusunan Daftar Analisa Harga Satuan Pekerjaan	64
3. Daftar Volume Pekerjaan.....	67
4. Rekapitulasi RAB Proyek Peningkatan <i>Shoulder Taxiway Strip</i>	68
BAB V.....	71
SIMPULAN DAN SARAN	71
A. Simpulan.....	71
B. Saran	72
DAFTAR PUSTAKA.....	74
LAMPIRAN.....	79

DAFTAR GAMBAR DAN ILUSTRASI

Gambar I. 1 <i>Layout Intersection Strip Taxiway</i> Belum Terpenuhi	2
Gambar I. 2 Bagan Alir Pemeliharaan Prasarana Sisi Udara.....	20
Gambar II. 1 Ilustrasi 4 Pilar SMS Komponen	13
Gambar II. 2 Matriks Penilaian Risiko).....	16
Gambar II. 3 <i>Safety Risk Tolerability Matrix</i>	17
Gambar II. 4 <i>Alternate Safety Risk Tolerability Matrix</i>	17
Gambar II. 5 Bagan Alur Kegiatan Pemeliharaan Prasarana Sisi Udara.....	18
Gambar II. 6 Tampak Melintang <i>Box Culvert</i>	22
Gambar II. 7 Tinggi Jagaan Untuk Saluran Drainase	22
Gambar II. 8 Bentuk Gorong-Gorong Persegi (<i>Box Culvert</i>).....	23
Gambar III. 1 Alur Penelitian	30
Gambar IV. 1 <i>Layering Struktur Taxiway</i> Bandara Kualanamu	37
Gambar IV. 2 Pengukuran <i>Benchmark</i> dan <i>Strip Intersection Taxiway</i>	37
Gambar IV. 3 <i>Layering Taxiway</i> dan Saluran Drainase Strip	37
Gambar IV. 4 Observasi Parsipatif	38
Gambar IV. 5 Tampak Depan Pesawat Udara B777-300ER.....	39
Gambar IV. 6 Tampak Samping Pesawat Udara B777-300ER.....	39
Gambar IV. 7 Grafik Risiko Eksisting.....	46
Gambar IV. 8 <i>Aerodrome Ground Movement – Landing Rwy 23</i>	47
Gambar IV. 9 <i>Aerodrome Ground Movement – Take Off Rwy 23</i>	48
Gambar IV. 10 <i>Aerodrome ground movement – landing Rwy 05</i>	48
Gambar IV. 11 <i>Aerodrome Ground Movement – Landing Rwy 05</i>	48
Gambar IV. 12 Peta Risiko Setelah Mitigasi	50
Gambar IV. 13 Tampak Depan Perencanaan <i>Box Culvert</i>	52
Gambar IV. 14 Detail Tulangan Bawah.....	53
Gambar IV. 15 Detail Tulangan Samping.....	53
Gambar IV. 16 <i>Geometry Box Culvert Indicator</i>	55
Gambar IV. 17 Beban Kendaraan Kritis PK- PKP Bandara KNO	56
Gambar IV. 18 Formulasi Perhitungan	56
Gambar IV. 19 Detail Perencanaan Penulangan <i>Box Culvert</i>	59
Gambar IV. 20 Detail Tulangan <i>Box Culvert</i>	59
Gambar IV. 21 Uraian Pekerjaan Peningkatan <i>Shoulder Taxiway Strip</i>	63

DAFTAR TABEL

Tabel I. 1 Jarak Pemisah Minimal <i>Taxiway</i>	1
Tabel II. 1 <i>Design Criteria For A Taxiway</i>	9
Tabel II. 2 Jarak Pemisah Minimal <i>Taxiway</i>	10
Tabel II. 3 <i>Taxiway Pavement And Shoulder</i>	11
Tabel II. 4 Jarak Aman Roda Terluar Pesawat Terhadap Tepi <i>Taxiway</i>	11
Tabel II. 5 <i>Risk Indeks</i> Penilaian Probabilitas Kejadian	15
Tabel II. 6 Penilaian Keparahan Risiko Suatu Peristiwa.....	15
Tabel II. 7 Kriteria Penilaian Resiko.....	16
Tabel II. 8 Jenis Inspeksi dan Kegiatannya	19
Tabel II. 9 Standar Dimensi Gorong-Gorong.....	23
Tabel II. 10 Spesifikasi Penggunaan Beton Sisi Udara.....	24
Tabel II. 11 Perbandingan Mutu Beton Berdasarkan Bentuk.....	24
Tabel II. 12 Standar mutu beton Departemen Pekerjaan Umum	25
Tabel II. 13 Penelitian Relevan	28
Tabel III. 1 Tahapan Hasil yang Diharapkan Penelitian.....	31
Tabel III. 2 Jadwal Waktu Penelitian.....	35
Tabel III. 3 Justifikasi Hasil (Peningkatan <i>Shoulder Taxiway Strip</i>)	40
Tabel IV. 1 Karakteristik <i>Taxiway</i> Bandara Kualanamu	36
Tabel IV. 2 <i>Intersection Taxiway</i> Belum Memenuhi <i>Code Letter “E”</i>	38
Tabel IV. 3 Penentuan Kode Klasifikasi Bandara	39
Tabel IV. 4 Karakteristik Pesawat Udara B777-300ER	40
Tabel IV. 5 <i>Gap Analysis</i>	42
Tabel IV. 6 Matriks Penilaian Kemungkinan	45
Tabel IV. 7 Tabel Dampak.....	45
Tabel IV. 8 Tingkat Kategori Risiko.....	46
Tabel IV. 9 Panduan Perlakuan Risiko	47
Tabel IV. 10 Penilaian Risiko	49
Tabel IV. 11 Keuntungan dan Kekurangan Metode <i>Precast</i> dan <i>Cast In Situ</i>	51
Tabel IV. 12 List Elemen Struktur Beton	54
Tabel IV. 13 Perhitungan Tulangan Dinding <i>Box Culvert</i>	57
Tabel IV. 14 Perhitungan Tulangan <i>Slab Box Culvert</i>	58

Tabel IV. 15 Perhitungan Kekurangan Dimensi <i>Strip Taxiway Intersection</i>	60
Tabel IV. 16 Jumlah Kebutuhan <i>Box Culvert</i>	60
Tabel IV. 17 <i>Standart</i> Peraturan Material Kontruksi.....	62
Tabel IV. 18 Dimesi <i>Box Culvert</i>	62
Tabel IV. 19 Daftar Peralatan Pekerjaan	63
Tabel IV. 20 Uraian Pekerjaan.....	64
Tabel IV. 21 Harga Satuan Upah	64
Tabel IV. 22 Harga Satuan Material	65
Tabel IV. 23 Harga Sewa Peralatan	65
Tabel IV. 24 Daftar Analisa Harga Satuan Pekerjaan.....	65
Tabel IV. 25 Volume Pekerjaan Peningkatan <i>Shoulder Taxiway Strip</i>	67
Tabel IV. 26 Rancangan Anggaran Biaya.....	68
Tabel IV. 27 Rekapitulasi RAB Peningkatan <i>Shoulder Taxiway Intersection</i>	70

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Surat Pengajuan Pengambilan Data PT. Angkasa Pura Aviiasi.....	80
Lampiran B Surat Pengajuan Pengambilan Data PT. Karya Vany Konstruksi	81
Lampiran C Berita Acara Sertifikasi Bandara Kualanamu – DBU.....	82
Lampiran D Hasil Inspeksi Belum Terpenuhinya <i>Strip Taxiway Intersection</i>	83
Lampiran E Auditor Direktorat Jenderal Perhubungan Udara.....	84
Lampiran F Tim ORAT Bandar Udara Kualanamu	85
Lampiran G Observasi Masalah.....	86
Lampiran H Dokumentasi Pengukuran <i>Shoulder Taxiway Strip</i> dan Wawancara	87
Lampiran I Uji Laboratorium Mutu Beton dan <i>Working In Progress</i>	88
Lampiran J Contoh <i>Logbook Inspection Runway and Airfield</i> dan <i>LOCA Logbook Inspection Runway & Airfield</i>	90
Lampiran K Contoh <i>Check List</i> Inspeksi Daerah Pergerakan Pesawat Udara.....	91
Lampiran L Nota Dinas ST <i>Infrastructure</i> Peningkatan <i>Shoulder Taxiway Strip</i> .	92
Lampiran M Wawancara, <i>Cheklis</i> Pengelolaan Keselamatan dan <i>Study Sheet</i> ...	93
M. 1 Transkrip Wawancara Narasumber I.....	93
M. 2 Transkrip Wawancara Narasumber II.....	94
M. 3 Validasi Wawancara Narasumber 1	96
M. 4 Validasi Wawancara Narasumber 2.....	98
M. 5 Validasi Wawancara Narasumber 3	100
M. 6 Lembar <i>Cheklis</i> Pengelolaan Keselamatan.....	102
M. 7 <i>Analysis Study Sheet Expert 1</i>	103
M. 8 <i>Analysis Study Sheet Expert 2</i>	106
M. 9 <i>Analysis Study Sheet Expert 3</i>	108
M. 10 <i>Approval Of Voluntary Report Analysis</i>	110
Lampiran N Penerbitan Notam Peningkatan <i>Shoulder Taxiway Strip</i>	111
Lampiran O Jarak Pemisah Taxiway Terhadap Objek	112
Lampiran P Potongan Layering dan Strip Taxiway	113
P. 1 Detail Tampak Eksisting Lokasi Taxiway Alpha Paralel.....	114
P. 2 Detail Tampak Eksisting Lokasi Taxiway Charlie A-B	115
P. 3 Detail Tampak Eksisting Lokasi Taxiway Juliet.....	116
P. 4 Detail Tampak Eksisting Lokasi Taxiway Sierra dan Tango	117

P. 5 Detail Tampak Eksisting Lokasi Taxiway Uniform.....	118
P. 6 Detail Tampak Eksisting Lokasi Taxiway Zulu.....	119
Lampiran Q Hazard Log (SKEP 39/III/2010).....	120
Lampiran R Lokasi Peningkatan <i>Shoulder Taxiway Strip</i>	121
Lampiran S Detail <i>Box Culvert</i>	122
Lampiran T Tampak Atas Satu Sisi <i>Volume Box Culvert</i>	123
Lampiran U Perhitungan <i>Volume</i> RAB, Harga Satuan	124
U. 1 <i>Back Up</i> Data Perhitungan Volume	124
U. 2 Harga Satuan <i>Box Culvert</i>	127
Lampiran V Laporan Pengujian <i>Job Mix</i> Desain Beton	128
V. 1 <i>Resume Job Mix</i> Desain F'c 42 MPa	129
V. 2 Daftar Isian Campuran Beton F'C Mpa	130
V. 3 Pemeriksaan Kuat Tekan Beton Campuran.....	131
Lampiran W Lembar Bimbingan Tugas Akhir.....	132
Lampiran X Lembar <i>Check Plagiarism</i>	134

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

SINGKATAN	Nama	Pemakaian pertama kali pada halaman
APMS	<i>Airport Pavement Management System</i>	36
DBU	Direktorat Bandar Udara	1
DJPU	Direktorat Jenderal Perhubungan Udara	1
<i>Doc</i>	<i>Document</i>	1
ICAO	<i>International Civil Aviation Organization</i>	1
NOTAM	<i>Notice to Airmen</i>	48
OLS	<i>Obstacle Limitation Surface</i>	10
ORAT	<i>Operation Readiness Activation and Transition</i>	85
PCN	<i>Pavement Code Number</i>	36
RAB	Rencana Anggaran Biaya	4
SMS	<i>Safety Management System</i>	12
WIP	<i>Working In Progress</i>	88
 LAMBANG		
E_c	<i>Modulus of Elasticity of Concrete</i>	54
E_s	<i>Modulus of Elasticity of Steel</i>	54
f'_c	Mutu Beton	24
F_{ctd}	<i>Design Tensile Strength of Concrete</i>	54
F_y	<i>Yield Strength of Steel</i>	54
Q	Beban kN/m	55
γ_c	<i>Unit Weight of Concrete</i>	54
γ_s	<i>Unit Weight of Soil</i>	54
γ_w	<i>Unit Weight of Water</i>	54
ϕ	<i>Angle of Internal Friction</i>	54

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Bandar Udara Internasional Kualanamu, salah satu bandara hub utama di Indonesia, tentunya memegang peranan vital dalam mendukung mobilitas dan logistik nasional dan internasional (Sefrus, 2020). Keselamatan dan efisiensi operasional menjadi prioritas utama dalam pengelolaan bandara ini. Berdasarkan UU No. 1 Tahun 2019 tentang penerbangan Pasal 217 ayat 3 huruf d menyatakan persyaratan teknis untuk memperoleh sertifikat bandara diterapkannya sistem manajemen keselamatan operasi bandara. Namun, terdapat temuan kritikal pada saat Audit Sertifikasi Bandar Udara yang dilaksanakan oleh Direktorat Jenderal Perhubungan Udara melalui Direktorat Bandar Udara (DBU) dan Kantor Otoritas Bandara Wilayah II – Medan pada Juni 2022, dikarenakan Bandara Internasional Kualanamu menyatakan melayani pesawat udara terkritis *Boeing 777-300ER* dengan *code letter* “4E”, sehingga ditemukenal bahwa lebar *strip taxiway* di bandara ini tidak memenuhi standar minimal yang ditetapkan oleh Peraturan Direktorat Jenderal Perhubungan Udara PR Nomor 21 Tahun 2023 berdasar dari ICAO *Doc 9157 Design Manual Part 2: Taxiways, Aprons, and Holding Bays*, dimana lebar minimum bahu *strip taxiway* dari sumbu terhadap objek 43,5 meter atau lebar keseluruhan 87 meter.

Tabel I. 1 Jarak Pemisah Minimal *Taxiway*

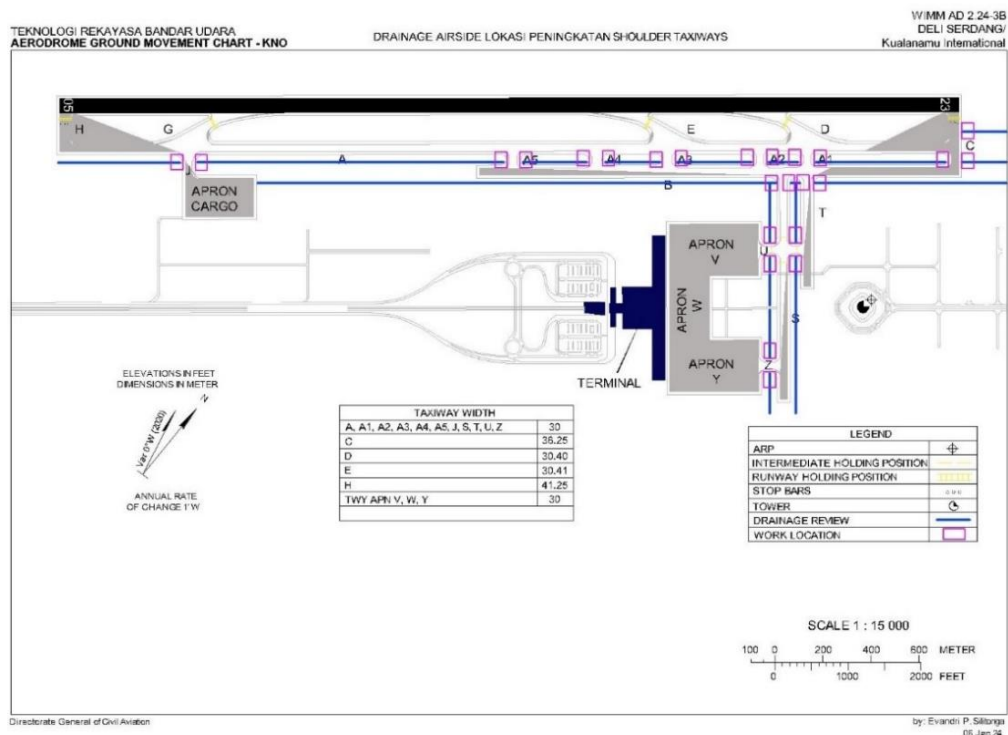
<i>Code Letter</i>	T/W <i>centre line</i> ke T/W <i>centre line</i> (m)	T/W, selain <i>Aircraft Stand taxi lane, centre line</i> ke objek (m)	<i>Aircraft Stand taxi lane centre line</i> ke <i>Aircraft Stand taxi lane centre line</i> (m)	<i>Aircraft Stand taxi lane centre line</i> ke objek (m)
A	23	15,5	19,5	12
B	32	20	28,5	16,5
C	44	26	40,5	22,5
D	63	37	59,5	33,5
E	79	43,5	72,5	40
F	91	51	87,5	47,5

(Sumber : DJPU PR No 21 Tahun 2023)

Kondisi eksisting lebar *strip taxiway* rata-rata 32,5 meter dari sumbu *taxiway* atau 65 meter lebar keseluruhan. *Strip taxiway* hendaknya bebas dari benda atau objek

yang dapat membahayakan pesawat udara saat bergerak atau *taxiing* termasuk terbebas dari drainase yang dikategorikan sebagai *obstacle* pada operasional keselamatan penerbangan. Lokasi dan desain drainase terbuka *crossing* terhadap *taxiway* tersebut perlu dipertimbangkan untuk mencegah kerusakan terhadap pesawat udara yang keluar dari *taxiway* (*runway incursion*). Hal ini menjadi urgensi dalam peningkatan *shoulder taxiway strip* sebagai aspek keselamatan operasi penerbangan.

Fokus penelitian ini adalah evaluasi perencanaan dan peningkatan keselamatan operasi pada *shoulder taxiway strip* di beberapa *taxiway* yang ditemukenali *taxiway intersection* J, A5, A4, A3, A2, A1, S, T, U, dan Z belum terpenuhi *standart*. Setiap *taxiway* ini memiliki peran strategis dalam operasi bandara sebagai jalur pesawat udara dari dan menuju *runway/apron*.



Gambar I. 1 *Layout Intersection Strip Taxiway* Belum Terpenuhi
(Sumber : Penulis, 2024)

Tidak terpenuhinya lebar *strip* pada lokasi *intersection taxiway* tersebut maka dilakukan penyesuaian untuk menutup objek saluran drainase terbuka yang dapat mengganggu operasional penerbangan. Sesuai dengan KP 14 Tahun 2021 tentang spesifikasi teknis pekerjaan fasilitas sisi udara bandara, pemilihan material dan metode konstruksi disesuaikan dengan kebutuhan untuk mengurangi gangguan

operasional dan mengedepankan efisiensi waktu dan kekuatan material.

Sebagai solusi dari tidak terpenuhinya hal tersebut, *box culvert* sebagai beton bertulang pra cetak berbentuk segi empat yang memiliki *spigot* dan *socket* kedap terhadap masuknya air tanah (*eksfiltrasi*) dan tetap menyatu saat terjadi pergeseran tanah (Utama, 2024), serta kekuatan yang lebih didesain untuk mendukung kendaraan PK-PPK dan operasional lainnya, maka *box culvert* ini dipilih dengan *workability* dalam aplikasi dan mutu beton yang terjaga dibandingkan dengan pengecoran di tempat serta mempersingkat waktu pengerjaan, operasional bandara tetap berlangsung dengan normal dan tidak terganggu selama proses peningkatan berlangsung.

Berdasarkan uraian yang telah dijelaskan untuk menganalisis peningkatan *shoulder taxiway strip* terhadap keselamatan operasi penerbangan maka penulis menuangkan dalam penulisan tugas akhir dengan judul “**ANALISIS PENINGKATAN KESELAMATAN OPERASI PENERBANGAN PADA *SHOULDER TAXIWAY STRIP* DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL KUALANAMU**”. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang mendalam mengenai pengaruh dan pelaksanaan peningkatan dimensi *shoulder taxiway strip* terhadap keselamatan operasional penerbangan, melalui studi komparatif antara kondisi eksisting dan yang direncanakan. Rencana peningkatan ini tidak hanya akan membantu meningkatkan keselamatan tetapi juga efisiensi operasional bandara dengan kapasitas meningkat, investasi di masa depan Bandara Internasional Kualanamu sebagai bandara hub penerbangan internasional di Indonesia.

B. Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana kondisi eksisting *shoulder taxiway strip* di Bandar Udara Internasional Kualanamu berdasarkan standar keselamatan operasi penerbangan yang ditetapkan oleh ICAO Doc 9157 *Design Manual Part 2* dan Peraturan Dirjen Hubud No. PR 21 Tahun 2023 tentang standar teknis dan operasional peraturan keselamatan penerbangan sipil ?
2. Apa pengaruh peningkatan lebar *shoulder taxiway strip* terhadap keselamatan operasi penerbangan di Bandara Internasional Kualanamu ?

3. Bagaimana perencanaan dan implementasi peningkatan *shoulder taxiway strip* dapat dilakukan untuk memenuhi standar yang ditetapkan ?

C. Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada analisis peningkatan lebar *shoulder taxiway strip* di Bandara Internasional Kualanamu dengan fokus pada :

1. Pengukuran dan evaluasi kondisi eksisting *shoulder taxiway strip*.
2. Analisis dampak peningkatan keselamatan berdasarkan *safety plan* tidak terpenuhinya *shoulder taxiway strip*.
3. Perhitungan RAB berdasarkan analisis penulis dari pengumpulan data dan matematis sistem manajemen proyek.
4. Pembatasan studi tidak mendetail pada perancangan tulangan *precast box culvert* detail penulangan.

D. Tujuan Penelitian

Mengidentifikasi dan mengevaluasi kondisi eksisting *shoulder taxiway strip* di Bandar Udara Internasional Kualanamu.

1. Mengidentifikasi temuan yang didapatkan tidak terpenuhinya *shoulder taxiway strip* untuk pesawat *code letter E*.
2. Menganalisis pengaruh peningkatan lebar *shoulder taxiway strip* terhadap keselamatan operasi penerbangan.
3. Analisa perencanaan dan implementasi untuk peningkatan *shoulder taxiway strip* yang memenuhi standar keamanan dan keselamatan.

E. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan manfaat dalam beberapa aspek, antara lain :

1. Bagi Operator Penyelenggara Bandara : Sebagai data dan analisis yang mendukung keputusan strategis dalam perencanaan infrastruktur yang berfokus pada peningkatan keselamatan dan investasi bandara.
2. Bagi Peneliti dan Akademisi : Menambah literatur dalam studi perencanaan dan keselamatan operasi penerbangan infrastruktur bandar udara.

3. Bagi Regulator dan Pembuat Kebijakan: Membuktikan regulasi empiris yang dapat dijadikan pendukung dalam pengawasan regulasi dan kebijakan keselamatan penerbangan.

F. Sistematika Penulisan

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

BAB I : PENDAHULUAN

Mencakup latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, sistematika penulisan penelitian.

BAB II : LANDASAN TEORI

Berisi teori penunjang, kajian penelitian terdahulu yang relevan.

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.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Teori Penunjang

1. Pengertian Analisis

Analisis merupakan tahapan sistematis untuk mengidentifikasi informasi secara detail atau mereduksi data menjadi komponen yang lebih kecil untuk memperoleh pemahaman yang mendalam tentangnya (Adhi Kusumastuti, 2016). Melalui proses tersebut peneliti dapat mengidentifikasi hubungan antar elemen dan menarik kesimpulan berbasis data. Analisis membantu dalam menginterpretasi fenomena kompleks, menguji teori atau mengembangkan pemahaman yang lebih luas tentang topik tertentu, dengan berbentuk analisis kuantitatif dan kualitatif.

a. Analisis Kualitatif

Analisis fokus pada data non-numerik yang diperoleh melalui wawancara, observasi, atau dokumen (Hamali et al., 2023). Metode ini menggunakan teknik seperti analisis tematik, analisis konten, atau analisis dikhususkan untuk memahami pola, tema, atau konsep dalam data. Analisis dalam penelitian tidak hanya terbatas pada penggunaan alat dan metode, tetapi juga melibatkan interpretasi peneliti tentang data yang dikumpulkan, memungkinkan pemahaman yang lebih dalam tentang konteks dan nuansa subjek yang diteliti.

b. Analisis Kuantitatif

Metode yang melibatkan pengolahan data numerik menggunakan teknik statistik untuk menguji hipotesis atau memprediksi fenomena yang diteliti (Ardyan et al., 2023). Teknik yang umumnya digunakan meliputi analisis varians, regresi, dan uji signifikansi statistik.

2. Bandar Udara

Berdasarkan ketentuan yang tercantum dalam *Annex 14* mengenai desain dan operasional *aerodrome*, bandara didefinisikan sebagai suatu kawasan yang terletak di daratan maupun perairan yang meliputi infrastruktur, instalasi dan peralatan baik secara keseluruhan dan parsial untuk mendukung kedatangan,

keberangkatan dan pergerakan pesawat udara (ICAO, 2022). Definisi tersebut menekankan pentingnya infrastruktur dan fasilitas yang memadai untuk memastikan kelancaran dan keselamatan operasi penerbangan di bandara. Oleh karena itu, perencanaan dan pengelolaan bandar udara harus dilakukan dengan cermat untuk memenuhi standar internasional yang telah ditetapkan oleh ICAO. UU Nomor 1 Tahun 2009 Tentang Penerbangan, keamanan dan keselamatan operasi penerbangan memiliki peran strategis dan penting yang dicantumkan dalam peraturan tersebut dan dimana penyelenggaraan dan pembinaan penerbangan dikuasai oleh negara, dengan pelaksanaannya dilakukan oleh pemerintah dalam satu sistem pelayanan keamanan dan keselamatan penerbangan sipil (Republik Indonesia, 2009).

Fungsi bandara telah diatur berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 70 tahun 2001 tentang Kebandarudaraan, yang mengatur tentang fungsi bandara dalam jaringan transportasi udara sesuai dengan hierarki fungsinya. Fungsi bandara meliputi: Simpul dalam jaringan transportasi udara, sesuai dengan peran dan fungsinya; Pintu gerbang kegiatan perekonomian nasional dan internasional; Tempat kegiatan alih moda transportasi. Undang-Undang No. 1 Tahun 2009 mengklasifikasikan bandara menjadi enam jenis antara lain : Bandara umum, memberikan pelayanan kepentingan publik; Bandara khusus, memberikan pelayanan kegiatan pribadi yang bertujuan menunjang kegiatan tertentu; Bandara domestik, memberikan pelayanan jalur penerbangan dalam negeri; Bandara internasional, ditujukan untuk memberikan pelayanan rute penerbangan dalam negeri maupun penerbangan dari dan ke luar negeri. Bandara internasional umumnya dilengkapi dengan fasilitas bea cukai, imigrasi dan karantina. Bandara pengumpul (*hub*), jangkauan pelayanan yang luas dari bandara lain, menyediakan pelayanan penumpang atau kargo dalam kapasitas besar, dan memberikan pengaruh terhadap perkembangan ekonomi secara nasional atau di daerah tertentu. Bandara pengumpan (*spoke*), menunjang atau menyediakan layanan kegiatan lokal, dengan jangkauan pelayanan yang terbatas. Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor PR 21 Tahun 2023 tentang Standar Teknis dan Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139 (*Manual of Standard CASR – Part 139*) Volume

I Bandar Udara (*Aerodrome*) merupakan peraturan yang diterbitkan oleh Direktur Jenderal Perhubungan Udara sebagai pedoman dalam mengatur standar teknis dan operasional untuk bandar udara. Dalam peraturan ini, diatur mengenai sistem sertifikasi dan registrasi bandar udara, serta memberikan *guideline* dalam melaksanakan operasional bandar udara dengan mematuhi standar keselamatan penerbangan sipil. Berdasarkan Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara KP 216 Tahun 2017 tentang pedoman teknis operasional peraturan keselamatan penerbangan sipil bagian 139 – 05, sertifikasi dan registrasi bandar udara /*Advisory Circular 139 - 05* (DJPU, 2017) merupakan pedoman yang diterbitkan oleh Direktur Jenderal Perhubungan Udara sebagai acuan dalam mengatur proses sertifikasi dan registrasi bandara sesuai dengan standar keselamatan penerbangan sipil.

3. Fasilitas Sisi Udara

Infrastruktur sisi udara sebagai layanan yang tersedia di bandara untuk mendukung kegiatan penerbangan, mencakup landasan pacu, apron, terminal ruang tunggu penumpang, gedung dan fasilitas pendukung lainnya yang dibutuhkan untuk operasional pesawat dan penumpang serta cargo.

a. Landas pacu/*runway*

Runway merupakan sebuah area khusus yang didesain dan dibangun untuk pesawat udara melakukan manuver pendaratan dan lepas landas (Horonjeff, 2010). *Runway* dirancang dengan panjang dan lebar yang memadai untuk memastikan pesawat dapat melakukan operasi dengan aman dan efisien. Desain landas pacu juga memperhatikan kondisi permukaan, kemiringan, dan pencahayaan yang sesuai dengan standar keselamatan penerbangan. Perawatan rutin dan pemeliharaan landas pacu sangat penting untuk menjaga kondisi fisiknya agar tetap aman dan berfungsi dengan baik.

b. Apron

Apron merupakan sebuah area yang digunakan oleh pesawat udara untuk menurunkan penumpang atau cargo, mengisi bahan bakar dan *support* lainnya (Ashford, 1996). Apron dirancang dengan memperhatikan ukuran dan kebutuhan pesawat yang beroperasi di bandara. Perancangan apron juga harus mempertimbangkan faktor seperti drainase yang baik, pencahayaan yang

memadai, dan pengelolaan limbah yang sesuai. Pemeliharaan dan pengelolaan rutin di apron juga penting untuk memastikan kelancaran dan keselamatan operasional pesawat.

c. *Taxiway*

Taxiway merupakan sebuah area yang berfungsi sebagai penghubung serta akses antara *runway* dengan apron, *taxiway* harus didesain dengan memperhatikan ukuran dan jenis pesawat yang beroperasi di bandara tersebut. Perencanaan struktur yang tahan terhadap beban berat dan cuaca ekstrem juga merupakan hal yang sangat penting dalam perencanaan *taxiway*. Kedisiplinan dan penerapan standar keselamatan pesawat udara dan personel darat juga penting dalam mengatur dan mengelola lalu lintas pesawat di *taxiway*.

4. *Shoulder Taxiway*

Taxiway sebagai jalur pergerakan dari/ke menuju landasan pacu atau apron di bandar udara (Horonjeff, 2010). *Taxiway* harus dapat menampung kendaraan PKP-PK untuk melakukan pergerakan (intervensi) dua arah untuk mencapai *response time* bagi pesawat udara terbesar sesuai peruntukan dari *taxiway* tersebut (PR 21 Tahun 2023). Dengan klasifikasi *code letter* pada *taxiway* berikut bagian penuh harus memiliki lebar dan tidak boleh kurang pada tabel II.1 :

Tabel II. 1 *Design Criteria For A Taxiway*

<i>Physical Characteristics</i>	<i>Code Letter</i>					
	A	B	C	D	E	F
	7,5	10,5	18	23	23	25
<i>Taxiway</i>	m	m	m ^a	m ^c	m	m
<i>Pavement</i>			15 m ^b	18 m ^d		

(Sumber : Kazda & Caves, 2017)

Berdasarkan ICAO *Doc 9157 Part 2*, *Shoulder taxiway strip* diperuntukkan bagi pesawat udara yang menggunakan mesin turbin, permukaan bahu *taxiway* harus mampu menahan erosi dan tertariknya (*ingestion*) material permukaan *taxiway* oleh mesin pesawat udara (ICAO, 2020). Strip *taxiway* hendaknya membentang secara simetris di kedua sisi dari sumbu *taxiway* sepanjang *taxiway* tersebut hingga jarak dari sumbu setidaknya seperti yang diberikan pada tabel II.2 :

Tabel II. 2 Jarak Pemisah Minimal *Taxiway*

<i>Code Letter</i>	T/W <i>centre line</i> ke T/W <i>centre line</i> (m)	T/W, selain <i>Aircraft Stand taxi lane,</i> <i>centre line</i> ke objek (m)	<i>Aircraft Stand taxi lane</i> <i>centre line</i> ke <i>Aircraft Stand taxi lane</i> <i>centre line</i> (m)	<i>Aircraft Stand taxi lane</i> <i>centre line</i> ke objek (m)
A	23	15,5	19,5	12
B	32	20	28,5	16,5
C	44	26	40,5	22,5
D	63	37	59,5	33,5
E	79	43,5	72,5	40
F	91	51	87,5	47,5

(Sumber : Direktur Jenderal Perhubungan Udara, 2023)

Objek apapun yang berada di atas atau berdiri di atas permukaan area pembatasan *obstacle* yang telah ditentukan meliputi *runway strip*, *runway end safety area*, *clearway* dan *taxiway strip* dan objek apapun yang memasuki permukaan batas *obstacle limitation surface/OLS* (KP 39 Tahun 2015). Ketersediaan *strip taxiway* di bandara merupakan suatu ketentuan yang harus dipenuhi sesuai dengan regulasi internasional dan nasional. Sehingga dalam pelayanan pesawat udara dengan *code letter* yang ditetapkan agar risiko kecelakaan dalam pengoperasian dapat diturunkan pada tingkat yang dapat diterima akibat tidak terpenuhinya ketentuan persyaratan suatu fasilitas.

Jarak pemisah dari sumbu *taxiway* terhadap objek tersebut harus sesuai dengan peraturan yang sudah ditetapkan untuk memenuhi aspek keamanan dan keselamatan operasional bandar udara sesuai dengan klasifikasi atau *code letter* bandara tersebut. ICAO 9157 *Design Manual Part 2: Taxiways, Aprons, and Holding Bays* dan Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara PR No. 21 Tahun 2023 tentang standar teknis untuk keselamatan operasional penerbangan sipil, merupakan regulasi yang menyatakan bahwa *shoulder taxiway strip* harus memiliki lebar yang cukup untuk mencegah kerusakan pada permukaan *taxiway* jika pesawat secara tidak sengaja melenceng dari jalur utama tidak memenuhi standar dapat meningkatkan risiko kecelakaan.

Taxiway shoulder dengan *code letter* C, D, E, dan F harus disediakan *shoulder* (bahu dengan perkerasan) yang diperpanjang secara simetris di masing-masing

sisi *taxiway* sehingga lebar total *taxiway* dan *shoulder* pada bagian penuh tidak kurang dari :

Tabel II. 3 *Taxiway Pavement And Shoulder*

<i>Physical Characteristics</i>	<i>Code Letter</i>					
	A	B	C	D	E	F
<i>Taxiway</i>	-	-	25	38	44	60
<i>Pavement and Shoulder</i>			m	m	m	m

(Sumber : PR 21 Tahun 2023)

Dimensi *taxiway* sesuai dengan *Aerodrome Reference Code* (ARC) pesawat rencana masuk kode angka dan kode huruf. Desain *taxiway* harus sedemikian rupa, ketika pesawat udara berada di atas marka garis tengah *taxiway*, maka jarak aman antara roda terluar pesawat dan tepi *taxiway* tidak kurang dari ketentuan yang tercantum di dalam tabel berikut :

Tabel II. 4 Jarak Aman Roda Terluar Pesawat Terhadap Tepi *Taxiway*

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

(Sumber : ICAO, 1999)

5. Keselamatan Operasi Penerbangan di Bandar Udara

Keselamatan penerbangan adalah kondisi dimana semua persyaratan keselamatan dalam pengelolaan wilayah udara, pesawat udara, bandara, navigasi penerbangan, angkutan udara dan fasilitas pokok dan penunjang operasional penerbangan (Republik Indonesia, 2009). Berdasarkan Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2009 tentang Penerbangan, keamanan dan keselamatan operasi penerbangan memiliki peran strategis dan penting dalam penyelenggaraan dan pembinaannya, yang dikuasai oleh negara/pemerintah dalam integrasi sistem

pelayanan keamanan dan keselamatan penerbangan sipil di Indonesia.

Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 95 Tahun 2021 tentang Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139 tentang Aerodrome menekankan bahwa pelayanan bandara harus dipertimbangkan dari segi kualitas, kelancaran, keamanan, keselamatan, dan kenyamanannya (Mahyudin, 2021), dalam hal ini bandara merupakan industri yang mengutamakan keamanan dan keselamatan operasi penerbangan.

a. *Safety Management System*

Berdasarkan panduan dari ICAO, sistem manajemen keselamatan atau *Safety Management System* (SMS) di bandara adalah suatu pendekatan sistematis yang bertujuan untuk mengelola keselamatan penerbangan secara menyeluruh (McKinnon, 2016). Keselamatan operasi penerbangan adalah prioritas utama yang mencakup berbagai aspek, mulai dari desain infrastruktur hingga prosedur operasional yang harus dipenuhi oleh penyelenggara bandara (Kusumaningrum, 2019). Menurut Peraturan Menteri Perhubungan No. PM 62 tahun 2017 tentang Sistem Manajemen Keselamatan, SMS meliputi kebijakan, prosedur, dan praktik operasional yang diperlukan untuk mencapai standar keselamatan yang lebih tinggi (Abdi, 2022). Sistem ini mengintegrasikan manajemen keselamatan ke dalam aspek operasional bandara dengan tujuan utama mengidentifikasi dan mengelola risiko secara efektif sesuai dengan standar internasional dan regulasi nasional (Sulthan, 2022). Proses pengelolaan risiko dalam SMS dijelaskan melalui Standar Operasional Prosedur (SOP) yang meliputi langkah-langkah seperti identifikasi bahaya, analisis risiko, evaluasi risiko, dan mitigasi risiko (Soetjipto, 2023). Dengan demikian, penerapan dan peninjauan SMS yang menyeluruh sangat penting untuk memastikan keamanan dan keselamatan operasional di bandara sesuai dengan ketentuan yang berlaku dan keselamatan penerbangan terwujud karena kolaborasi setiap stakeholder penerbangan (Oka, Dwi Cahyono, 2020), Personil tersebut berkontribusi dan bertanggung jawab terhadap keselamatan operasi penerbangan.

b. *Safety Management System Components*

Dalam Annex 19 tentang *Safety Management, framework Safety Management System* terdiri dari empat komponen utama :



Gambar II. 1 Ilustrasi 4 Pilar SMS Komponen
(Sumber : www.beca.be)

1) *Safety Policy and Objectives*

Kebijakan dan tujuan keselamatan, mencakup komitmen manajemen dan tanggung jawab untuk keselamatan. Kebijakan keselamatan menetapkan standar keselamatan yang harus dipatuhi oleh organisasi. Sistem harus menerapkan kebijakan, prosedur, dan struktur organisasi untuk mencapai tujuannya, dengan kebijakan kerangka yang mencakup : *Safety* dan *Quality*; Peran, tanggung jawab dan hubungan; Keterlibatan manajemen eksekutif; *Procedure* dan *control*.

2) *Safety Risk Management*

Manajemen risiko keselamatan, melibatkan identifikasi bahaya (*hazard*) dan mitigasinya. Proses ini meliputi langkah-langkah seperti analisis risiko, evaluasi risiko, dan mitigasi risiko untuk mengurangi atau menghilangkan bahaya yang mungkin terjadi.

3) *Safety Assurance*

Jaminan keselamatan, mencakup pengawasan kinerja keselamatan. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa organisasi tetap berada dalam batas keselamatan yang ditetapkan. Ini melibatkan pengumpulan data keselamatan, analisis, dan tindakan korektif jika diperlukan.

4) *Safety Promotion*

Promosi keselamatan, melibatkan pelatihan dan edukasi untuk meningkatkan kesadaran keselamatan di antara personel. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa semua personel memiliki pemahaman yang baik tentang keselamatan dan prosedur keselamatan yang harus diikuti.

6. *Safety Risk Management (Manajemen resiko keselamatan)*

Manajemen risiko adalah proses yang sistematis untuk mengidentifikasi, menganalisa, dan mengendalikan risiko yang mengancam operasional bandar udara. Proses ini meliputi lima tahapan utama, yaitu identifikasi *hazard*, penilaian risiko, kriteria risiko, mitigasi risiko, dan pemantauan risiko.

a. **Identifikasi Hazard**

Identifikasi hazard melibatkan pencatatan setiap kondisi, kejadian, dan situasi yang dapat menimbulkan suatu kecelakaan. Ini termasuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi risiko dan mencatat setiap potensi bahaya yang mungkin terjadi.

b. **Penilaian Risiko**

Penilaian risiko dilakukan melalui dua tahap yaitu : Penilaian probabilitas kejadian dan penilaian keparahan risiko kejadian.

1) Penilaian Probabilitas Kejadian

Penilaian probabilitas kejadian melibatkan penilaian kemungkinan terjadinya suatu kejadian. Probabilitas kejadian dibagi menjadi lima tingkat, yaitu ;

Sering	: Kemungkinan tinggi kejadian terjadi.
Terkadang	: Kemungkinan sedang kejadian terjadi.
Jarang	: Kemungkinan rendah kejadian terjadi.
Mustahil	: Kemungkinan sangat rendah terjadi.
Sangat Mustahil	: Kemungkinan sangat sangat rendah terjadi.

Tabel II. 5 *Risk Indeks* Penilaian Probabilitas Kejadian

Likelihood of Occurrence (L)		
Level	Definition	Value
Extremely Improbable	Almost inconceivable that the event will occur	1
Improbable	Very unlikely to occur (<i>not known to have occurred</i>)	2
Remote	Unlikely to occur, but possible (<i>has occurred rarely</i>)	3
Occasional	Likely to occur sometimes (<i>has occurred infrequently</i>)	4
Frequent	Likely to occur many times (<i>has occurred frequently</i>)	5

(Sumber : SMM ICAO, 2018)

2) Penilaian Keparahan Risiko Kejadian

Penilaian keparahan risiko kejadian melibatkan penilaian dampak atau konsekuensi dari kejadian yang mungkin terjadi, Penilaian keparahan suatu peristiwa dibagi kedalam lima tingkat nilai yaitu diuraikan pada tabel berikut :

Tabel II. 6 Penilaian Keparahan Risiko Suatu Peristiwa

Defenisi penerbangan	Arti	Nilai
<i>Catastrophic</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Peralatan hancur. ▪ Banyak kematian. 	A
<i>Hazardous</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Penurunan besar dari batas keselamatan, tekanan fisik atau beban kerja sedemikian rupa sehingga penyelenggara tidak dapat diandalkan untuk dapat melaksanakan tugas dengan akurat dan paripurna. ▪ Cedera serius atau kematian bagi sejumlah orang. ▪ Kerusakan besar pada peralatan. 	B
<i>Major</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Penurunan signifikan dari batas keselamatan, berkurangnya kemampuan penyelenggara dalam menghadapi kondisi operasi yang sulit sebagai akibat dari kondisi yang mempengaruhi efisiensi penyelenggara tersebut. ▪ Insiden serius. ▪ Cidera pada manusia. 	C
<i>Minor</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gangguan. ▪ Keterbatasan operasi. ▪ Penggunaan prosedur darurat. ▪ Insiden kecil. 	D
<i>Negligible</i>	Konsekuensi kecil	E

(Sumber : SMM ICAO, 2018)

c. Kriteria Risiko

Kriteria risiko digunakan untuk menentukan tingkat risiko berdasarkan probabilitas dan keparahan. Risiko dapat dikategorikan menjadi :

Extreme high risk (E) sangat berisiko, dibutuhkan tindakan secepatnya ; *High risk* (H) risiko tinggi, dibutuhkan perhatian dari manajemen puncak; *Medium risk* (M) risiko sedang, tanggung jawab manajemen harus spesifik; *Low risk* (L) risiko rendah, ditangani dengan prosedur rutin. Penilaian probabilitas resiko dan penilaian keparahan resiko tersebut dikalkulasikan ke dalam matriks penilaian resiko, sebagai berikut :

Saverirty (S) \ Likelihood (L)	Extremely Improbable	Improbable	Remote	Occasional	Frequent
	1	2	3	4	5
Catastrophic A	Moderate	Moderate	High	High	High
Hazardous B	Low	Moderate	Moderate	High	High
Major C	Low	Moderate	Moderate	Moderate	High
Minor D	Low	Low	Moderate	Moderate	Moderate
Negligible E	Low	Low	Low	Moderate	Moderate

Gambar II. 2 Matriks Penilaian Risiko)

(Sumber : SMM ICAO 2018)

d. Mitigasi/Pengendalian Risiko

Mitigasi risiko sebagai tahapan untuk menurunkan dan/atau menjaga besaran dan/atau level risiko utama hingga mencapai Risiko Residual Harapan. Kriteria untuk setiap nilai resiko dalam matriks penilaian resiko dipergunakan untuk menentukan bisa atau tidaknya suatu resiko dapat diterima atau tindakan yang diperlukan untuk mengendalikan resiko tersebut.

Tabel II. 7 Kriteria Penilaian Resiko

Indeks penilaian resiko	Usulan kriteria
5A, 5B, 5C, 4A, 4B, 3A	Tidak dapat diterima pada kondisi yang ada
5D, 5E, 4C, 4D, 4E, 3B, 3C, 3D, 2A, 2B, 2C, 1A, 1B	Pengendalian resiko/mitigasi memerlukan keputusan manajemen.
3E, 2D, 2E, 1C, 1D, 1E	Dapat diterima

(Sumber : SMM ICAO 2018)

Memilih opsi mitigasi, menyusun rencana aksi, menentukan level residual harapan, menjalankan rencana aksi, memantau risiko tersisa.

Manajemen risiko keselamatan mencakup penilaian dan mitigasi risiko keselamatan. Tujuan manajemen risiko keselamatan adalah untuk menilai risiko yang terkait dengan bahaya yang diidentifikasi serta menerapkan mitigasi yang efektif dan tepat.

Tolerability description	Assessed risk index	Suggested criteria
Intolerable region	5A, 5B, 5C, 4A, 4B, 3A	Unacceptable under the existing circumstances
Tolerable region	5D, 5E, 4C, 4D, 4E, 3B, 3C, 3D, 2A, 2B, 2C, 1A	Acceptable based on risk mitigation. It may require management decision.
Acceptable region	3E, 2D, 2E, 1B, 1C, 1D, 1E	Acceptable

Gambar II. 3 *Safety Risk Tolerability Matrix*
(Sumber : SMM ICAO 2018)

Risk index range	Description	Recommended action
5A, 5B, 5C, 4A, 4B, 3A	High risk	Cease or cut back operation promptly if necessary. Perform priority risk mitigation to ensure that additional or enhanced preventive controls are put in place to bring down the risk index to the moderate or low range.
5D, 5E, 4C, 4D, 4E, 3B, 3C, 3D, 2A, 2B, 2C, 1A	Moderate risk	Schedule performance of a safety assessment to bring down the risk index to the low range if viable.
3E, 2D, 2E, 1B, 1C, 1D, 1E	Low risk	Acceptable as is. No further risk mitigation required.

Gambar II. 4 *Alternate Safety Risk Tolerability Matrix*
(Sumber : SMM ICAO 2018)

e. Pemantauan Risiko

Pemantauan risiko dilakukan untuk memastikan bahwa implementasi manajemen risiko berjalan secara efektif sesuai dengan rencana dan memberikan umpan balik bagi penyempurnaan sistem manajemen risiko. Pemantauan ini dilakukan minimal setiap tiga bulan untuk mengetahui efektivitas dan berbagai perubahan yang dapat terjadi. Dengan mengikuti proses manajemen risiko ini, bandara dapat mengurangi risiko kecelakaan dan meningkatkan keselamatan operasionalnya.

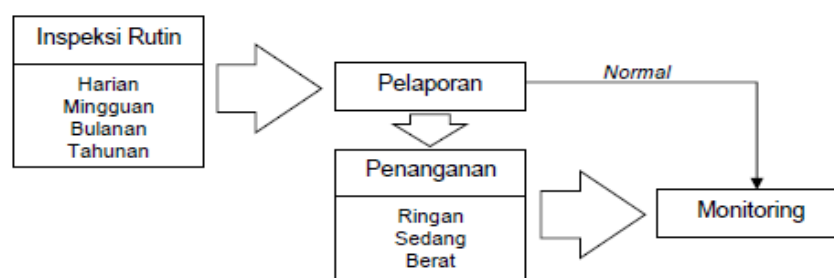
7. Program Penyusunan *Safety Plan*

Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor : SKEP 39 /III/2010 Tentang Petunjuk dan Tata Cara Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139-02 Pembuatan Program Pengelolaan Keselamatan Operasi Bandar

Udara (*Advisory Circular CASR 139-02, Safety Plan For Airport*). Penyusunan program keselamatan bandar udara harus dilakukan dengan mempertimbangkan berbagai risiko dan faktor yang dapat mempengaruhi keselamatan operasi. Peraturan dan petunjuk yang ada harus diikuti dengan seksama, dan analisis risiko harus dilakukan secara teratur untuk mengidentifikasi dan mengendalikan risiko yang dominan. Peraturan Menteri Perhubungan No. PM 2 Tahun 2020 Tentang Pengecualian dari Kewajiban Pemenuhan Standar Keselamatan Penerbangan Sipil;

8. Kegiatan Inspeksi, Pemeliharaan Prasarana Sisi Udara

UU No. 1 Tahun 2009 pasal 217 bandara yang beroperasi, wajib memenuhi ketentuan keselamatan, keamanan, pelayanan jasa bandara. Setiap bandara yang dioperasikan wajib memenuhi ketentuan Keselamatan Penerbangan, Keamanan Penerbangan, dan pelayanan jasa kebandarudaraan. Inspeksi area pergerakan *aerodrome* daratan diperlukan untuk memastikan bahwa bahaya terhadap Pesawat Udara dapat diminimalkan dan operasi yang selamat dan efisien. Area pergerakan Aerodrome Daratan sangat kompleks dan harus dipertahankan dalam kondisi yang optimal untuk keselamatan tergantung pada sejumlah besar variabel yang berkaitan dengan operasional Pesawat Udara, material perkerasan dan kondisi lingkungan di setiap Aerodrome Daratan. Prosedur inspeksi merupakan bagian yang tidak terpisahkan untuk memastikan *serviceability Aerodrome* dan pendeteksian *Foreign Object Debris (FOD)*.



Gambar II. 5 Bagan Alur Kegiatan Pemeliharaan Prasarana Sisi Udara
(Sumber : KP 94 Tahun 2015)

Tujuan pemeliharaan perkerasan prasarana sisi udara untuk menghilangkan penyebab kerusakan perkerasan prasarana dan melaksanakan tahapan pencegahan, serta kontrol lokasi kerusakan pada tahap sedini mungkin, untuk dilakukan penanganan sementara atau merencanakan perbaikan permanen

secepat mungkin. Dalam kegiatan Inspeksi sisi udara dibagi menjadi 2 yaitu : inspeksi rutin dan non-rutisn.

a. Inspeksi Rutin

Inspeksi secara rutin merupakan tanggung jawab pimpinan operasi bandara, dilaksanakan oleh personil infrastruktur bandara yang memiliki kompetensi di bidang landasan, atau teknisi ahli lain yang ditunjuk oleh pimpinan operasi bandara. Kegiatan inspeksi di bandara terbagi dalam kegiatan harian, kegiatan mingguan, kegiatan bulanan dan kegiatan tahunan.

Tabel II. 8 Jenis Inspeksi dan Kegiatannya

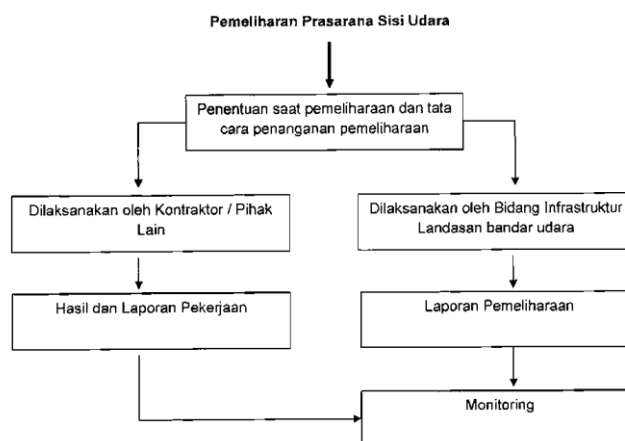
Jenis Inspeksi	Kegiatan
Harian	Kegiatan pengamatan pada konstruksi perkerasan guna mengamati sekaligus membersihkan bila terdapat benda asing/genangan air yang mengganggu keselamatan penerbangan dan membuat catatan untuk pelaporan bila terdapat kerusakan/potensi kerusakan pada perkerasan.
Mingguan	Melakukan rekapitulasi dan analisa laporan harian sebagai bagian dari program pemeliharaan konstruksi perkerasan untuk mengamati daerah-daerah yang sering terdapat benda asing/genangan air dan daerah-daerah yang dilakukan perbaikan. Inspeksi ini fokus pada area dimana terdapat potensikerusakan atau pada area dimana kerusakan mulai terjadi sesuai yang tercatat dalam laporan harian.
Bulanan	Pemeriksaan dilakukan secara menyeluruh untuk perkerasan prasarana sisi udara. Hasil evaluasi dapat dilakukan sebagai bagian dari perencanaan penanganan kerusakan.
Tahunan	Review komprehensif dari pengamatan dan perbaikan yang dilakukan dari tahun anggaran terbaru berikut biaya yang dikeluarkan. <i>Review</i> juga dilakukan terhadap tahun anggaran sebelumnya.

(Sumber : KP 94 Tahun 2015)

b. Inspeksi Non-Rutin

Apabila terjadi bencana seperti gempa bumi atau kejadian khusus yang dapat mempengaruhi infrastruktur perkerasan, *Stakeholder* akan melakukan inspeksi menyeluruh secara tambahan. Hal yang sama juga berlaku dalam situasi-situasi tertentu, contohnya saat ada risiko terjadinya genangan air setelah hujan deras, ataupun setelah penyelesaian pekerjaan di area udara

sebelum fasilitas dapat kembali dioperasikan Semua inspeksi harus dicatat dengan baik dan disimpan dalam *file*, menggunakan sistem aplikasi ARMS dan dilaporkan kepada pimpinan Bandara Internasional Kualanamu dan ATS *Coordinator* Airnav Kualanamu secara rutin.



Gambar I. 2 Bagan Alir Pemeliharaan Prasarana Sisi Udara
(Sumber : KP 94 Tahun 2015)

9. Perbaikan dan Peningkatan Infrastruktur Sisi Udara

Pertimbangan perencanaan fasilitas sisi udara, sangatlah penting untuk meninjau faktor-faktor yang mempengaruhi seperti *demand*, ketersediaan lahan, pesawat yang akan beroperasi dan sebagainya. Studi lebih lanjut perlu dilakukan untuk mengetahui pesawat yang akan beroperasi pada bandara rencana, sehingga sangatlah penting untuk mengetahui spesifikasi dan karakter dari pesawat yang akan beroperasi. Hal ini dilakukan agar perencanaan yang dilakukan sesuai dan optimal.

a. Pekerjaan Konstruksi

Landasan teori yang digunakan dalam pekerjaan di sisi udara berdasarkan SKEP 78/VI/2005 pada bab I pasal 1, bab II pasal 9,10 tentang petunjuk pelaksanaan pemeliharaan konstruksi landas pacu, landas hubung, dan Landas Parkir serta fasilitas penunjang di bandara (Dirjen Hubud, 2005). Pemeliharaan fasilitas penunjang seperti bahu landasan, daerah henti, daerah RESA, daerah bebas, daerah strip, saluran drainase terbuka/tertutup, *box culvert*, gorong-gorong, jalan inspeksi, pagar, dan helipad juga perlu diperhatikan. Untuk pemeliharaan saluran drainase terbuka/tertutup, *box culvert*, dan gorong-gorong, diperlukan pembersihan periodik dan perbaikan

konstruksi yang rusak untuk memastikan aliran air yang lancar dan mencegah banjir di sekitarnya.

Mutu beton untuk struktur prasarana sisi udara, seperti saluran, culvert, dinding penahan tanah, dan fasilitas lainnya, harus memenuhi standar ASTM C31 dan diuji sesuai ASTM C39 (Ferdiana, 2023) berdasarkan KP 14 Tahun 2021 tentang Spesifikasi Teknis Pekerjaan Fasilitas Sisi Udara Bandar Udara. Selain itu, Keputusan Menteri Perhubungan Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139 tentang Bandara Udara juga mengharuskan penyelenggara Bandar Udara untuk melakukan pengawasan terhadap ruang sekitar Bandar Udara guna mencegah potensi pelanggaran terhadap Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan.

10. Perencanaan Perbaikan Drainase Sisi Udara

a. Gorong-Gorong

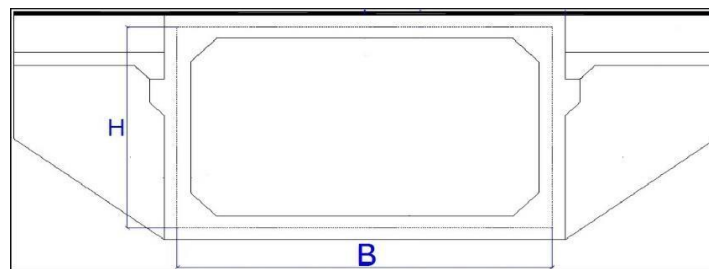
Diproduksi sesuai dengan ASTM C1433, menurut standar yang diterbitkan oleh *American Society for Testing and Materials* (ASTM) berhubungan dengan uji kekuatan dan kekerasan beton. Standar ini memberikan petunjuk tentang cara menguji kekuatan kompresi dan kekerasan beton, serta cara menghitung nilai kekuatan dan kekerasan yang dihasilkan dari uji tersebut.

b. Pemasangan Drainase *Intersection* Terhadap Perkerasan

Item ini meliputi pembangunan dari *slotted* drain baja atau *vane* drain besi cetak yang di desain untuk *system* drainase dengan beban mampu mengakomodir *single wheel load* pesawat terbesar yang beroperasi, peralatan maintenance, kendaraan PKP-PK, beban timbunan dan lain sebagainya (DJPU, 2021). Dalam KP 14 Tahun 2021 tersebut mengatur standar spesifikasi teknis pekerjaan fasilitas sisi udara bandara.

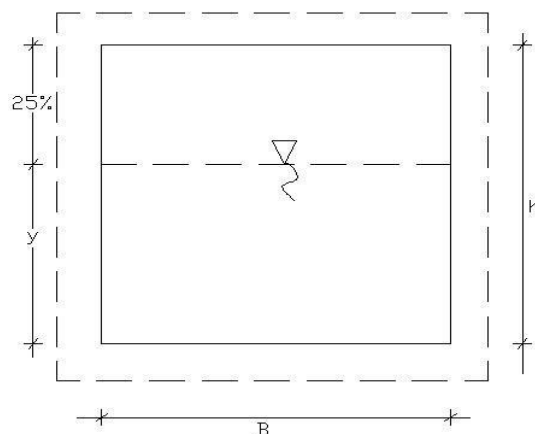
Box culvert merupakan konstruksi bangunan air beton bertulang pra cetak (*precast*) berbentuk segi empat yang memiliki spigot dan socketnya yang menjadikan *box culvert* ini kedap terhadap masuknya air tanah (eksfiltrasi) dan tetap menyatu saat terjadi pergeseran tanah. Setiap konstruksi berdasarkan prinsip-prinsip teori keruntuhan hanya dapat digunakan pada konstruksi-konstruksi beton bertulang yang akan dilaksanakan dengan mutu beton $K \geq 225$ (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2017).

Box culvert digunakan sebagai perangkat untuk menyalurkan air yang mengalir dari saluran untuk melewati *taxiway*. Sehingga bagian atasnya dapat dimanfaatkan sebagai jembatan untuk pesawat udara serta mengalirkan aliran air dari drainase sisi udara. Tujuan *box culvert* pada bandara untuk meneruskan aliran air saluran seluruh sisi udara serta menjamin kekuatan konstruksi sisi udara. Dimensi *box culvert* mempunyai standar dalam desainnya, berikut merupakan spesifikasi dalam pengadaan *box culvert precast* :



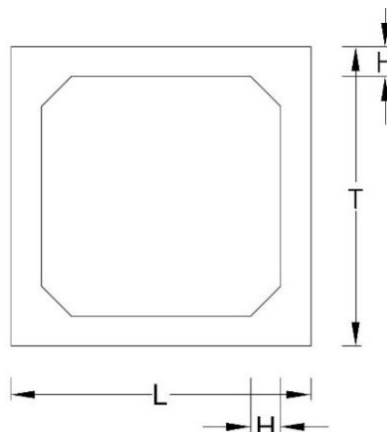
Gambar II. 6 Tampak Melintang *Box Culvert*
(Sumber : Rakasiwi, 2021)

Untuk tinggi jagaan dari *box culvert* harus 25 % dari kapasitas tinggi *volume precast* tersebut.



Gambar II. 7 Tinggi Jagaan Untuk Saluran Drainase
(Sumber : Rakasiwi, 2021)

Penentuan *layout box culvert* permukaan didesain berdasarkan hasil akhir peta kontur landas pacu (*runway*). Saluran *box culvert* harus didesain untuk menjamin kecepatan aliran tidak kurang dari kecepatan minimum sehingga tidak terjadi pengendapan.

1) Tebal Konstruksi *Box Culvert*

Gambar II. 8 Bentuk Gorong-gorong Persegi (*Box Culvert*)
(Sumber : Effendi, 2022)

Berikut standar dimensi gorong-gorong persegi beton bertulang yang ditetapkan Kementerian PUPR:

Tabel II. 9 Standar Dimensi Gorong-gorong

<i>Tipe Single</i>		
Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)
100	100	16
100	150	17
100	200	18
200	100	22
200	150	23
200	200	25
200	250	26
200	300	28
300	150	28
300	200	30
300	250	30
300	300	30

(Sumber : SKBI-1.3.28.1987)

2) Mutu Beton yang Digunakan

Beton merupakan bagian dari konstruksi yang dibuat dari campuran beberapa material sehingga mutunya akan bergantung dari material pembentuk maupun saat proses pembuatannya.

Standar mutu beton sangat penting untuk diperhatikan karena sebagai

parameter untuk mengontrol mutu dalam mencapai kualitas beton yang diinginkan, juga sebagai analisis perencanaan sebuah konstruksi. Mutu yang digunakan sesuai KP 14 Tahun 2021 tentang spesifikasi teknis pekerjaan fasilitas sisi udara bandara adalah sebagai berikut :

Tabel II. 10 Spesifikasi Penggunaan Beton Sisi Udara

Jenis Beton	F'c (Mpa)	Penggunaan
Mutu Tinggi	f'c minimum 45	Tiang pancang pratekan, gelagar pratekan dan sejenisnya
Mutu sedang	20 maksimum f'c < 45	Beton bertulang seperti pelat lantai jembatan, gorong-gorong beton bertulang (<i>culvert</i>) dan sejenisnya
Mutu Rendah	15 maksimum f'c < 20	Beton siklop, beton tanpa tulangan, fondasi pagar pengaman dll
	f'c < 15	Tidak rekomendasikan

(Sumber : KP 14 Tahun, 2021)

Beton harus mengandung tidak lebih dari 470 pounds material semen 280 kg/m³. Rasio berat air semen tidak boleh melebihi 0.45 untuk beton mutu K 300 ke atas. Kandungan udara pada beton harus 5% +/- 1,2% sesuai dengan yang ditentukan dalam ASTM C231 dan harus memiliki *slump* tidak lebih dari 10 cm sebagaimana ditentukan dalam ASTM C143.

Untuk mengetahui kualitas beton, dilakukan uji mutu beton dengan beton diameter 15 cm, tinggi 30 cm terhadap kuat tekan beton apakah sesuai standar ataupun tidak sesuai (SNI 2847, 2013). Perbandingan mutu beton berdasarkan (PBI, 1971) adalah sebagai berikut :

Tabel II. 11 Perbandingan Mutu Beton Berdasarkan Bentuk

Sampel	Nilai Konversi Mutu Beton
Kubus 15 cm x 15 cm x 15 cm	1,00
Kubus 20 cm x 20 cm x 20 cm	0,95
Silinder 15 cm x 30 cm	0,83

(Sumber : Hamdi et al., 2022)

Berikut merupakan standar mutu beton dari Kementerian Pekerjaan Umum Pd T-07-2005-B (PUPR, 2005).

Tabel II. 12 Standar mutu beton Departemen Pekerjaan Umum

Jenis beton	Mutu Beton		Kuat Tekan Minimum (MPa) Benda Uji Silinder ϕ 15 - 30 cm	
	F_c' (MPa)	σ_{bk}' (Kg/cm ²)	7 hari	28 hari
Mutu Tinggi	50	K600	32,5	50,0
	45	K500	26,0	40,0
	35	K400	24,0	33,0
Mutu Sedang	30	K350	21,0	29,0
	25	K300	18,0	25,0
	20	K250	15,0	21,0
Mutu rendah	15	K175	9,5	14,5
	10	K125	7,0	10,5

Catatan : percepatan gravitasi (g) yang diambil sebesar 10 m/def²

(Sumber : PUPR, 2005)

11. Rencana Anggaran Biaya

John W. Niron dalam bukunya Pedoman Praktis Anggaran dan Borongan Rencana Anggaran Biaya Bangunan (1992), Rencana Anggaran Biaya (RAB) mempunyai pengertian sebagai berikut : Rencana sebagai himpunan *planning* termasuk detail dan tata cara pelaksanaan suatu pengadaan, Anggaran sebagai perhitungan biaya berdasarkan gambar bestek (gambar rencana) pada suatu pengadaan, dan Biaya sebagai besarnya pengeluaran yang ada hubungannya dengan borongan yang tercantum dalam persyaratan yang ada. Oleh karena itu, dapat disimpulkan Rencana Anggaran Biaya adalah perkiraan nilai biaya dari suatu kegiatan yang telah memperhitungkan gambar-gambar bestek serta rencana kerja, daftar upah, daftar harga bahan, buku analisis, daftar susunan rencana biaya, serta daftar jumlah tiap jenis pekerjaan (J. A. Mukomoko, 1987).

a. Daftar Analisa Pekerjaan

Dalam penyusunan Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP), dibutuhkan beberapa komponen data yang penting untuk dijadikan acuan dalam perhitungan harga pekerjaan. Berikut adalah penjelasan untuk masing-masing komponen tersebut :

1) Harga Bahan dan Upah

Harga bahan dan upah merupakan komponen yang menentukan biaya langsung untuk menyelesaikan suatu pekerjaan. Harga bahan mencakup semua material yang digunakan dalam proyek, sedangkan upah mencakup

biaya upah tenaga kerja yang diperlukan untuk mengerjakan pekerjaan tersebut. Data harga bahan dan upah ini sangat dibutuhkan untuk menentukan nilai anggaran pekerjaan baik barang maupun jasa. Harga satuan dasar (*basic price*) bahan, upah tenaga kerja, dan sewa peralatan harus dihitung dengan tepat agar anggaran proyek dapat diatur dengan baik.

2) Harga Sewa Peralatan

Harga sewa peralatan adalah biaya yang diperlukan untuk menyewa alat berat atau peralatan lain yang diperlukan dalam proyek. Sewa peralatan ini sangat bergantung pada jenis peralatan, kualitasnya, dan waktu penyewaan. Sewa peralatan *excavator* atau *crane* dapat berbeda-beda tergantung pada ukuran dan kualitas alat tersebut dan dapat berubah-ubah setiap tahunnya sesuai dengan kondisi yang dapat mempengaruhinya, seperti inflasi, suku bunga, mobilisasi, atau jarak tempuh.

3) Analisa Satuan Pekerjaan

Analisa satuan pekerjaan (ASP) adalah metode yang digunakan untuk menentukan harga satuan pekerjaan berdasarkan rincian komponen tenaga kerja, bahan, dan peralatan yang dibutuhkan. ASP digunakan untuk menghitung harga pekerjaan berdasarkan kuantitas pekerjaan yang harus dikerjakan. Analisa ini sangat penting untuk menentukan biaya pekerjaan yang sesuai dengan kuantitas pekerjaan yang dikerjakan.

Penyusunan AHSP harus dilakukan dengan baik dan dapat dipertanggungjawabkan. Hal ini karena AHSP digunakan sebagai acuan dalam perhitungan pekerjaan perencanaan dan konstruksi. AHSP harus disusun berdasarkan data yang akurat dan dapat diandalkan, seperti harga bahan dan upah yang diperoleh dari sumber-sumber yang dapat dipercaya. Penyusunan AHSP juga tidak terlepas dari komunikasi dan koordinasi dengan dinas atau lembaga pemerintah yang berwenang untuk mengeluarkan harga satuan dasar (*basic price*) bahan, upah tenaga kerja, dan sewa peralatan.

b. Daftar Harga Bahan Dan Upah

Daftar harga bahan mencakup semua biaya yang diperlukan untuk membeli atau mengakses bahan-bahan yang digunakan dalam proses pembuatan atau

penyelesaian proyek. Ini termasuk harga bahan bangunan, peralatan, dan lain-lain yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan konstruksi.

Upah mencakup semua biaya yang diperlukan untuk membayar tenaga kerja yang terlibat dalam proses pembuatan atau penyelesaian proyek. Ini termasuk upah pekerja, upah manajer proyek, dan upah karyawan lain yang berkontribusi langsung atau tidak langsung dalam proyek.

B. Kajian Penelitian Terdahulu

Dalam penelitian ilmiah, pendekatan penelitian terdahulu atau studi literatur sangat penting dilakukan untuk memperoleh informasi dan pemahaman yang luas mengenai topik yang diteliti serta untuk memperkaya kerangka teori yang digunakan. Studi literatur ini juga dapat membantu mengidentifikasi kekurangan atau kelemahan pada penelitian terdahulu yang dapat dihindari dalam penelitian saat ini. Selain itu, studi literatur juga dapat memunculkan ide-ide atau gagasan inovatif untuk dikembangkan dalam penelitian saat ini. Dari penelitian terdahulu, penulis tidak menemukan penelitian sebelumnya yang memiliki judul yang sama dengan penulis. Namun penulis menggunakan beberapa penelitian terdahulu sebagai referensi dalam memperkaya bahan kajian pada penelitian yang dilakukan. Referensi tersebut membantu penulis untuk memperdalam teori dan konsep yang relevan dengan penelitian serta membandingkan hasil penelitian terdahulu dengan penelitian penulis. Berikut ini merupakan penelitian terdahulu berupa beberapa jurnal terkait dengan penelitian yang dilakukan oleh penulis. Berikut ini beberapa hasil penulisan yang dijadikan bahan telaah bagi penulis.

Tabel II. 13 Penelitian Relevan

No.	Referensi	Topik Masalah	Hasil dan Identifikasi Terhadap Penelitian
1.	Perencanaan penggunaan konstruksi <i>box culvert</i> terhadap perpanjangan <i>runway</i> 15 di bandar udara Mutiara Sis Al-Jufri Palu Abdul Wahid Bangun (2015)	Daerah perpanjangan landas pacu terdapat aliran air sungai Kawatuna dengan lebar ± 30 m, sehingga dibutuhkan suatu konstruksi yang dapat meneruskan aliran air sungai.	Hasil menggunakan konstruksi <i>box culvert</i> sehingga tidak perlu pengalihan aliran air sungai yang terletak dibawah tanah perpanjangan landas pacu (<i>runway</i>) 15 di Bandar Udara Mutiara Sis Al-Jufri Palu. Kesamaan penelitian menggunakan <i>precast box culvert</i> dalam pemecahan masalah. Perbedaan terdapat pada perencanaan kontruksi yang didesain dengan mempertimbangkan hidrologi dan debit aliran sungai tersebut.
2.	Perencanaan <i>Box Culvert</i> Untuk Penanganan Kerusakan Jembatan Citepus pada Ruas Jalan Padjadjaran Kota Bandung Muhammad Iqbal (2012)	Amblasnya jembatan yang disebabkan oleh aliran deras Sungai Citepus ketika hujan deras mengguyur kota Bandung dan kejadian ini juga mengakibatkan lubang dengan kedalaman sekitar 7 m dengan diameter kurang lebih 6 x 6 m.	Merencanakan struktur jembatan <i>box culvert</i> pada ruas jalan Padjadjaran kota Bandung. Merencanakan metode pelaksanaan jembatan <i>Box Culvert</i> pada jalan Padjadjaran kota bandung sesuai dengan spesifikasi teknis. Menghitung Rencana Anggaran Biaya (RAB) jembatan <i>Box Culvert</i> pada ruas jalan Padjadjaran kota Bandung
3.	Perencanaan Perbaikan Saluran Gorong-Gorong <i>Cross Taxiway</i> di Bandar Udara Sultan Muhammad Kaharuddin Sumbawa Rakasiwi, Galih (2021)	Struktur U-Ditch tidak saling mengikat dan tidak didesain untuk operasional operasional pesawat udara, konstruksi lapisan <i>taxiway</i> eksisting tidak menggunakan <i>subbase</i>	Merencanakan struktur <i>Box Culvert</i> pada <i>taxiway</i> sebagai perbaikan saluran gorong-gorong <i>cross taxiway</i> dengan menganalisis kapasitas limpasan air rencana 10 tahun.
4.	San Bernardino <i>International Airport Authority Taxiway Repair and Shoulder Improvement Project Construction Safety and Phasing Plan</i> (Gonzales et al., 2012)	Kondisi <i>taxiway</i> yang membutuhkan perbaikan, Shoulder <i>taxiway</i> tidak memenuhi standar keselamatan terkini, Kebutuhan untuk meminimalisir gangguan operasional selama konstruksi.	Rencana Keselamatan dan Pentahapan Konstruksi sebagaimana disyaratkan oleh FAA <i>Advisory Circular (AC) 150/5370 2F</i> , Langkah mitigasi diterapkan, kepatuhan terhadap regulasi terjaga <i>safety plan</i> .

(Sumber : Dokumen Penulis, 2024)