



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

PROYEK AKHIR - VC 191845

EVALUASI PERKERASAN FASILITAS SISI UDARA BANDAR UDARA INTERNASIONAL AJI PANGERAN TUMENGGUNG PRANOTO SAMARINDA

UMI CHOIRUN NISA
NRP. 10111710010105

DOSEN PEMBIMBING
Ir. RACHMAD BASUKI, MS.
NIP. 196411141989031001
AMALIA FIRDAUS MAWARDI, ST., MT.
NIP. 197702182005012002

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2022



PROYEK AKHIR - VC 191845

**EVALUASI PERKERASAN FASILITAS SISI UDARA
BANDAR UDARA INTERNASIONAL AJI PANGERAN
TUMENGGUNG PRANOTO SAMARINDA**

**UMI CHOIRUN NISA
NRP. 10111710010105**

**DOSEN PEMBIMBING
Ir. RACHMAD BASUKI, MS.
NIP. 196411141989031001
AMALIA FIRDAUS MAWARDI, ST., MT.
NIP. 197702182005012002**

**DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2022**



FINAL PROJECT - VC 191845

***EVALUATION ON AIR SIDE FACILITIES
PAVEMENT OF AJI PANGERAN TUMENGGUNG
INTERNATIONAL AIRPORT SAMARINDA***

UMI CHOIRUN NISA
NRP. 10111710010105

SUPERVISOR
Ir. RACHMAD BASUKI, MS.
NIP. 196411141989031001
AMALIA FIRDAUS MAWARDI, ST., MT.
NIP. 197702182005012002

CIVIL INFRASTRUKTUR ENGINEERING DEPARTMENT
FACULTY OF VOCATIONAL
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA 2022

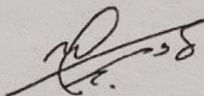
LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR TERAPAN “EVALUASI PERKERASAN
FASILITAS SISI UDARA BANDAR UDARA INTERNASIONAL
AJI PANGERAN TUMENGGUNG PRANOTO SAMARINDA”

PROYEK AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Terapan
pada
Program Studi Sarjana Terapan
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:



Umi Choirun Nisa
NRP. 10111710010105

08 FEB 2022

Disetujui oleh Pembimbing Proyek Akhir:

1. Ir. Rachmad Basuki, MS..... (Pembimbing 1)

2. Amalia Eridaus Mawardi, ST., MT..... (Pembimbing 2)



SURABAYA
FEBRUARI, 2022



Berita Acara Sidang Proyek Akhir

Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi ITS
Semester Gasal 2021/2022

Nomor BA :

Nomor Jadwal : **31**

Program Studi : D4 Teknik Sipil (TRPPBS)

Diinout oleh : Amalia Firdaus Mawardi, ST., MT.

Bahwa pada hari ini : Kamis, 13 Januari 2022

Pukul : 14:00 s/d 16:00

Di tempat : R-2

Telah dilaksanakan sidang Tugas Akhir dengan iudul:

EVALUASI PERKERASAN FASILITAS SISI UDARA BANDAR UDARA INTERNASIONAL AJI PANGERAN TUMENGGUNG PRANOTO SAMARINDA

Yang dihadiri dan dipresentasikan oleh mahasiswa :

(Hadir / Tidak Hadir)

10111710010105 Umi Choirun Nisa

Hadir

Yang dihadiri oleh dosen Pembimbing:

(Hadir / Tidak Hadir)

1 Ir. Rachmad Basuki, MS.

Hadir

2 Amalia Firdaus Mawardi, ST., MT.

Hadir

Yang dihadiri oleh dosen Penguji:

(Hadir / Tidak Hadir)

1 Dr. Machsus, ST., MT.

Hadir

2 Ir. Achmad Faiz Hadi Prajitno, MS.

Hadir

3

Bahwasanya, musyawarah pembimbing dan penguji pada sidang proyek akhir ini memutuskan:

10111710010105 Umi Choirun Nisa

LULUS, DENGAN REVISI MINOR

Catatan / revisi / masukan :

1. Dr. Machsus, ST., MT.

a Penjelasan mengapa menggunakan 2 metode

b Penjelasan Nilai Toleransi

c Referensi dan Sitasi ditambahkan

d Gambar Hasil Eksisting dan Hasil

e

f

2. Ir. Achmad Faiz Hadi Prajitno, MS.

- a Penjelasan tergolong type Bandara
- b AnnuualGrowth Januari-Maret selama 3 tahun
- c RAB Biaya Perencanaan Perpanjangan Runway
- d
- e
- f

3.

- a
- b
- c
- d
- e
- f

Tindak lanjut :

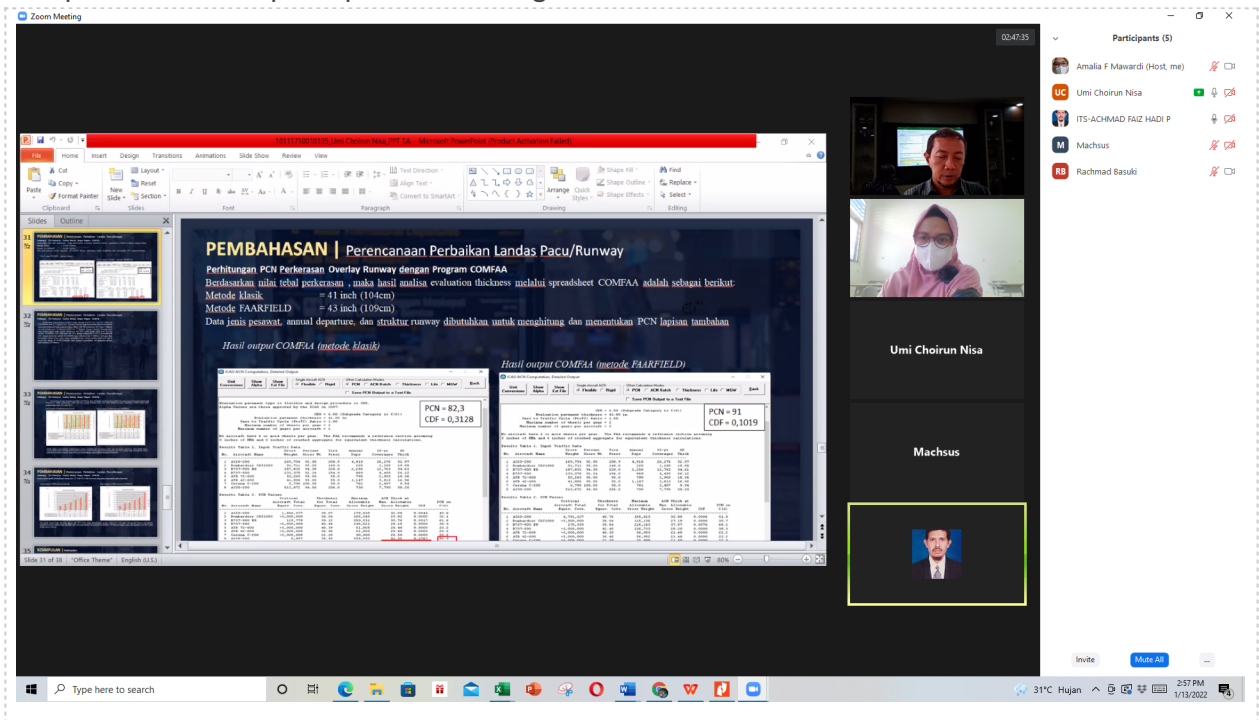
Mahasiswa memperbaiki/merevisi Proyek Akhir sesuai dengan masukan di atas.

Penutup :

Demikian Berita Acara Sidang Proyek Akhir ini dibuat sebagai panduan revisi oleh Mahasiswa.

Lampiran :

Tempelkan screen capture peserta meeting online disini.





KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS , Jl. Menur 127 Surabaya 60116Telp.

031-5947637 Fax. 031-5938025

<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

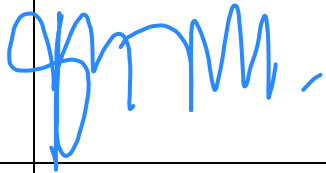



Nama : Umi Choirun Nisa

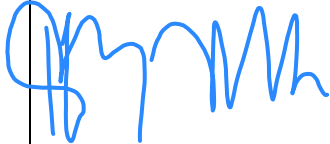
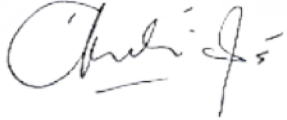

NRP : 10111710010105

Judul Tugas Akhir : Evaluasi Perkerasan Fasilitas Sisi Udara Bandar Udara Internasional Aji Pangeran Tumenggung Pranoto Samarinda

Dosen Pembimbing:1. Ir. Rachmad Basuki, MS.

2. Amalia Firdaus Mawardi,ST.,MT.

No	Tanggal	Tugas/Materi yang dibahas	Nama Dosen Pembimbing	Tanda Tangan
1.	19 Mei 2021	<ul style="list-style-type: none">- Memperbaiki abstrak, latar belakang, dan memperbaiki metode penelitian	Ir. Rachmad Basuki, MS.	
2.	17 Juni 2021	<ul style="list-style-type: none">- Untuk perhitungan Annual Growth diperbaiki. Dikarenakan tahun 2020 terjadi Covid-19. Diperbaiki dengan cara data Annual Departure bulan Januari-Maret diproyeksikan dalam satu tahun.	Ir. Rachmad Basuki, MS.	
3.	14 Oktober 2021	<ul style="list-style-type: none">- Memperbaiki metode pelaksanaan (shape disesuaikan fungsinya)- Melanjutkan perhitungan- Merivisi bagian penambahan rute baru- Menambah hasil dari penelitian terdahulu	Amalia Firdaus Mawardi,ST.,MT.	
4.	16 November 2021	<ul style="list-style-type: none">- Mencari berapa jarak touchdown- Menambahkan data rubber deposit (jika ada)- Melanjutkan perhitungan	Amalia Firdaus Mawardi,ST.,MT.	

5.	1 Desember 2021	<ul style="list-style-type: none"> - Menjelaskan penulisan PCN (secara detail) - Bagaimana cara membandingkan metode evaluasi Teknik dan using aircraft dengan metode evaluasi yang digunakan 	Ir. Rachmad Basuki, MS.	
6.	25 Desember 2021	<ul style="list-style-type: none"> - Merapikan penamaan pada tabel dan gambar - Menampilkan data spesifikasi B747 untuk dilihat apakah sesuai - Menyesuaikan kesimpulan dan tujuan penelitian 	Amalia Firdaus Mawardi,ST.,MT.	
7.	31 Desember 2021	<ul style="list-style-type: none"> - Merivisi bagian- bagian yang kurang tepat - Lebih ditingkatkan pemahaman 	Ir. Rachmad Basuki, MS. Amalia Firdaus Mawardi,ST.,MT.	

“EVALUASI PERKERASAN FASILITAS SISI UDARA BANDAR UDARA INTERNASIONAL AJI PANGERAN TUMENGGUNG PRANOTO SAMARINDA”

Dosen Pembimbing I : Ir. Rachmad Basuki, M.S.
Dosen Pembimbing II: Amalia Firdaus Mawardi, ST., MT.
Mahasiswa : Umi Choirun Nisa
NRP : 10111710010105
Departemen : Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi – ITS

ABSTRAK

Bandar Udara Internasional Aji Pangeran Tumenggung Pranoto Samarinda merupakan bandar udara yang terletak di Samarinda, Kalimantan Timur. Bandara ini menggantikan Bandara Teminggung yang sudah tidak memenuhi standar keselamatan penerbangan. Bandara APT Pranoto sendiri dalam aktivitasnya telah beberapa kali mengalami kerusakan terutama pada fasilitas sisi udara, yakni taxiway dan runway sehingga menyebabkan penundaan jadwal penerbangan dan penutupan sementara. Mengingat Keputusan Menteri Perhubungan No 166 tahun 2019 tentang perubahan hierarki Bandara APT Pranoto dari bandara pengumpan menjadi bandara pengumpul sekunder. Hal ini tentunya secara tidak langsung akan memengaruhi jumlah layanan penerbangan yang lebih besar sehingga berpotensi pada penambahan rute dan jam terbang pesawat. Untuk itu diperlukan evaluasi terhadap hal tersebut khususnya pada fasilitas sisi udara. Dikarenakan hal tersebut sangat penting dalam menunjang aktivitas bandara.

Analisis dilakukan dengan cara mengevaluasi kekuatan perkerasan Runway, Taxiway, dan Apron menggunakan metode perbandingan ACN terhadap PCN sesuai dengan FAA Advisory Circular AC 150/5335-5C. Nilai ACN dihitung menggunakan tiga metode yaitu Aircraft Manufacturer, menggunakan Program COMFAA, dan

menggunakan tabel Canadian Department of Transportation. Nilai ACN yang telah dihitung kemudian dibandingkan dengan nilai PCN perkerasan Runway, Taxiway, dan Apron Bandara Udara. Kemudian dilakukan evaluasi terhadap nilai CDF. Sand Patch Test juga dilakukan untuk mengetahui tingkat kekesatan pada permukaan. Selanjutnya dilakukan perhitungan tebal overlay menggunakan dua metode yaitu metode klasik dan program FAARFIELD dan perhitungan PCN dengan program COMFAA.

Hasil analisa dan perhitungan yang telah dilakukan menunjukkan jika pesawat yang beroperasi saat ini masih memenuhi ketentuan penerbangan ($ACN < PCN$) pada runway, taxiway, dan apron. Kecuali untuk pesawat rencana Airbus A330-200 tidak memenuhi. Untuk hasil evaluasi nilai CDF tidak memenuhi ($CDF > 1$). Untuk hasil pengetesan Sand Patch Test menunjukkan keadaan runway yang licin. Perhitungan struktur dan PCN juga dilakukan dengan metode klasik dan program FAARFIELD dan COMFAA. Untuk tebal perkerasan dengan metode klasik menghasilkan ketebalan 89cm (890mm) dan PCN 82,3 sedangkan dengan program FAARFIELD menghasilkan ketebalan 91 cm (910 mm) dan PCN 91,0. Runway juga direncanakan akan ada perpanjangan sebanyak 740m dengan total tebal perkerasan 89cm. Untuk rencana anggaran biaya untuk overlay dan perpanjangan runway yaitu sebesar Rp66.405.724.068. Hasil tersebut dapat digunakan sebagai acuan untuk melakukan perbaikan pada Runway Bandar Udara Internasional Samarinda

Kata Kunci: Bandar Udara, ACN, PCN, Sand Patch Test, COMFAA, FAARFIELD, Overlay

**“EVALUATION ON AIR SIDE FACILITIES PAVEMENT OF
AJI PANGERAN TUMENGGUNG INTERNATIONAL AIRPORT
SAMARINDA”**

Supervisor I : Ir. Rachmad Basuki, M.S.
Supervisor II : Amalia Firdaus Mawardi, ST., MT.
Student : Umi Choirun Nisa
NRP : 10111710010105
**Department : Civil Infrastructure Engineering Faculty
of Vocational – ITS**

ABSTRACT

Aji Pangeran Tumenggung Pranoto International Airport is an airport located in Samarinda, East Kalimantan. This airport replaces Temindung Airport which no longer meets aviation safety standards. APT Pranoto Airport itself in its activities has been damaged several times, especially on air side facilities taxiway and runway, and causing flight schedule delays and temporary close. In view of the Minister of Transportation Decree No.166 of 2019 regarding the change in the hierarchy of APT Pranoto Airport from a feeder airport to a secondary collection airport. This of course will indirectly affect a larger number flight services so that it has the potential to increase flight routes and flight hours. For this reason, it is necessary to evaluate this matter, especially on the air side, because this is very important in supporting airport activities.

The analysis was carried out by evaluating the pavement strength of Runway, Taxiway, and Apron using the ACN-PCN comparison method according FAA Advisory Circular 150/5335-5C. The ACN values is calculated in 3 ways, which is Aircraft Manufacture, using COMFAA program, and using the Canadian Department of Transportation table. Then the ACN results were compared with the PCN values on Runway, Taxiway, and Apron. Then an evaluation of the CDF value will be carried out. The Sand Patch Test is needed to determine the

level of roughness on the pavement surface. After calculated ACN-PCN comparison analysis then calculated the overlay thickness using the classic method and FAARFIELD program and PCN calculated by COMFAA program.

The results of the analysis and calculations that have been carried out show that the aircraft currently operating still meet the flight requirements (ACN-PCN) on the runway, taxiway, and apron. Except for the planes Airbus A330-200 does not comply. For CDF result do not meet the requirements ($CDF > 1$) To the results of Sand Patch Test shows that the runway is slippery. The calculation of the structure and PCN using the classical method and using the FAARFIELD and COMFAA programs. From pavement thickness the classical method produces a thickness 89cm (890mm) and PCN 82,3 and FAARFIELD program produces a thickness of 91 cm and PCN 91,0. The runway is also planned to have an extension of 740m. with total pavement thickness is 89cm. And for the budget plan for overlays and runway extensions is Rp66.405.724.068. These results can be used as a reference for conducting repairs on the APT Pranoto Airport.

Keyword: ACN, PCN, Airport, Sand Patch Test, COMFAA, FAARFIELD, Overlay

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta hidayat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir terapan. Tugas akhir terapan ini dibuat memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains Terapan pada Program Studi Sarjana Terapan Teknik Sipil, Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan, dukungan, dan perhatian berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT dan Rasulullah SAW.
2. Ibu, Bapak beserta keluarga penulis yang selalu memberikan motivasi serta doa yang tidak pernah putus.
3. Bapak Ir. Rachmad Basuki, MS. Dan Ibu Amalia Firdaus Mawardi, ST.,MT. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan masukan dan bimbingan selama proses pengerjaan proyek akhir.
4. Pihak UPBU Bandar Udara Aji Pangeran Tumenggung Pranoto Samarinda yang telah membantu mendapatkan data.
5. Teman – teman Teknik Infrastruktur Sipil yang selalu mendukung dan memberikan semangat dalam penyelesaian tugas akhir terapan ini.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penyusunan ini masih banyak terdapat kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan penulis agar dimasa datang menjadi lebih baik. Penulis juga memohon maaf atas segala kekurangan yang ada dalam tugas akhir terapan ini.

Surabaya, 04 Februari 2022

Penulis

“Halaman sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	4
1.6 Lokasi	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Konsep Dasar.....	5
2.2 Metode Pendekatan Evaluasi Perkerasan.....	11
2.2.1 Menentukan nilai ACN dengan menggunakan metode <i>Aircraft Manufacture</i> , menggunakan <i>software COMFAA</i> , dan juga menggunakan metode <i>Canadian Department of Transportation</i> .	11
2.2.2 Menganalisis kekuatan perkerasan dari fasilitas sisi udara dengan cara membandingkan antara nilai ACN eksisting dengan PCN eksisting	16
2.2.3 Melakukan uji kekesatan terhadap perkerasan	16
2.3 Kondisi Overload.....	20
2.4 Perencanaan Perbaikan Perkerasan.....	22
2.4.1 Analisa Panjang Runway Akibat Pengaruh Kondisi Eksisting Lapangan Terbang.....	23
2.4.2 Perencanaan Tebal Overlay Runway Metode Empiris/Klasik	26
2.4.4 Perencanaan PCN Overlay dengan Menggunakan Program COMFAA	37
2.5 Perencanaan Biaya Perbaikan.....	39
BAB III METODOLOGI	43
3.1 Metode Pengerjaan Tugas Akhir	43
3.2 Uraian dan Rincian Skematik Diagram	45
3.3 Metode Perhitungan ACN	46

3.3.1 Metode Aircraft Manufacturer.....	46
3.3.2 Metode Software COMFAA.....	47
3.3.3 Metode Transport Canada.....	52
3.4 Sand Patch Test	53
3.5 Perencanaan tebal struktur Runway Metode Empris/Klasik	55
3.6. Perencanaan overlay Runway dengan Software FAARFIELD... ..	56
3.7 Perencanaan PCN overlay Runway dengan Software COMFAA58	
BAB IV.....	61
ANALISA DATA.....	61
4.1 Umum.....	61
4.2 Karakteristik Runway, Taxiway, dan Apron	61
4.2.1 Runway.....	61
4.3 Jenis Pesawat	62
4.4 Annual Departure dan Annual Growth.....	65
4.5 Data HSPK	68
BAB V.....	71
PEMBAHASAN.....	71
5.1 Umum.....	71
5.2 Analisa Perbandingan ACN-PCN.....	71
5.2.1 Menentukan Nilai ACN Metode Aircraft Manufacture	71
5.2.2 Menentukan Nilai ACN Metode Program COMFAA.....	73
5.2.3 Menentukan nilai ACN Metode Transport Canada.....	74
5.2.4 Perbandingan ACN Pesawat dengan PCN Eksisting	75
5.3 Evaluasi Nilai CDF dengan menggunakan Program COMFAA .	79
5.4 Evaluasi Kekesatan pada Landas Pacu/Runway dengan Metode Sand Patch Test	84
5.3.1 Proses Pengetesan	85
5.3.2 Hasil Pengetesan	88
5.4 Perencanaan Perbaikan Landas Pacu/Runway.....	91
5.4.1 Analisa Panjang Landas Pacu/Runway.....	91
5.4.2 Perencanaan Tebal Perkerasan Perpanjangan Runway dengan Metode Klasik.....	94
5.4.3 Perencanaan Tebal Perkerasan Perpanjangan Runway dengan Program FAARFIELD	100
5.4.4 Perhitungan PCN Perkerasan Perpanjangan Runway dengan Program COMFAA.....	105

5.4.5 Perencanaan Tebal Lapisan Tambahan/Overlay Runway Metode Klasik	108
5.4.6 Perhitungan Tebal Lapisan Tambahan/Overlay Program FAARFIELD.....	111
5.4.7 Perhitungan PCN Lapisan Tambahan/ Overlay Program COMFAA	119
5.5 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya	128
5.5.1 RAB Perbaikan Overlay runway.....	128
5.5.2 Rencana Anggaran Biaya Perpanjangan Runway	132
BAB VI.....	141
KESIMPULAN	141
6.1 Kesimpulan.....	141
6.2 Saran.....	142
DAFTAR PUSTAKA.....	143
LAMPIRAN	145

“Halaman sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Peta Bandar Udara APT Pranoto Samarinda.....	4
Gambar 2. 1 Grafik nilai ACN Pesawat A330-200 untuk Rigid Pavement.....	12
Gambar 2. 2 Grafik nilai ACN Pesawat A330-200 untuk Flexible Pavement.....	12
Gambar 2. 3 Tampilan Menu Program COMFAA	14
Gambar 2. 4 Prosedur Pengujian Sand Patch Test.....	18
Gambar 2. 5 Kebutuhan tebal minimum lapisan Base Course....	31
Gambar 2. 6 Kurva Interpolasi Linier.....	34
Gambar 2. 7 Tampilan Menu FAARFIELD	36
Gambar 2. 8 Tampilan Menu Software COMFAA.....	38
Gambar 2. 9 Tampilan Spreadsheet COMFAA	39
Gambar 3. 1 Flowchart Metodologi	44
Gambar 3. 2 Flowchart perhitungan ACN dengan Metode Aircraft Manufacturer	47
Gambar 3. 3 Flowchart perhitungan ACN dengan Metode Software COMFAA	48
Gambar 3. 4 Langkah mencari ACN dengan Software COMFAA	49
Gambar 3. 5 Flowchart Menghitung ACN Pesawat Tidak Terdapat di Library Software COMFAA.....	51
Gambar 3. 6 Flowchart Sand Patch Test.....	53
Gambar 3. 7 Flowchart perhitungan Overlay Metode Empiris/Klasik	55
Gambar 3. 8 Flowchart perhitungan tebal overlay dengan Software FAARFIELD	56
Gambar 3. 9 Flowchart perhitungan PCN dengan Software COMFAA	58

Gambar 4. 1 Struktur Runway Eksisting	62
Gambar 5. 1 Nilai ACN Metode Aircraft Manufacture Pesawat A330-200 Flexible Pavement.....	72
Gambar 5. 2 Tampilan Nilai ACN pada Software COMFAA untuk pesawat A330-200	73
Gambar 5. 3 Tampilan Ms.Excel Spreadsheet Software COMFAA	80
Gambar 5. 4 Input data annual departure dan jenis pesawat pada software COMFAA.....	80
Gambar 5. 5 Tampilan Software COMFAA dalam Analisa Nilai CDF.....	81
Gambar 5. 6 Hasil Output nilai CDF kondisi 1 dengan Software COMFAA	82
Gambar 5. 7 Hasil Output nilai CDF kondisi 2 dengan Software COMFAA	82
Gambar 5. 8 Lokasi Sand Patch Test	84
Gambar 5. 9 Detail Lokasi Sand Patch Test	85
Gambar 5. 11 Pembersihan titik pengetesan dan penuangan pa..	79
Gambar 5. 12 Perataan pasir dan pengukuran diameter titik	87
Gambar 5. 13 Pencatatan hasil dan pembersihan kembali	87
Gambar 5. 14 Layout Bandara APT Pranoto	93
Gambar 5. 15 Nilai minimum tebal perkerasan A330-200	96
Gambar 5. 16 Kurva nilai minimum Base Course	98
Gambar 5. 17 Susunan struktur perpanjangan runway metode klasik.....	99
Gambar 5. 18 Susunan struktur perpanjangan runway metode FAARFIELD.....	104
Gambar 5. 19 Nilai PCN dan CDF perpanjangan runway metode klasik.....	106

Gambar 5. 20 Nilai PCN dan CDF perpanjangan runway metode FAARFIELD.....	106
Gambar 5. 21 Nilai minimum tebal perkerasan A330-200	108
Gambar 5. 22 Kurva nilai minimum Base Course	109
Gambar 5. 23 Susunan Struktur Runway perbaikan metode klasik	110
Gambar 5. 24 Struktur runway eksisting	111
Gambar 5. 25 Susunan struktur runway perbaikan metode FAARFIELD.....	118
Gambar 5. 26 Nilai CDF untu perbaikan metode klasik	123
Gambar 5. 27 Nilai CDF untuk perbaikan metode FAARFIELD	123
Gambar 5. 28 Grafik rekomendasi tebal perkerasan berdasarkan analisa perbaikan metode klasik	124
Gambar 5. 29 Grafik rekomendasi tebal perkerasan berdasarkan analisa perbaikan metode FAARFIELD	125
Gambar 5. 30 Grafik perbandingan nilai ACN-PCN berdasarkan analisa perbaikan metode klasik	126
Gambar 5. 31 Grafik perbandingan nilai ACN-PCN berdasarkan analisa perbaikan metode FAARFIELD	126

“Halaman sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1Klasifikasi Daya Dukung Tanah Dasar.....	8
Tabel 2. 2 Klasifikasi Tekanan Roda Pesawat	8
Tabel 2. 3 Tata Cara Penulisan Kode PCN	9
Tabel 2. 4Nilai ACN pesawat Transport Canada.....	15
Tabel 2. 5 Nilai Minimum untuk Kedalaman Tekstur	19
Tabel 2. 6 Konversi susunan roda pesawat	28
Tabel 2. 7 Tebal minimum lapisan campuran Aspal P-401/P-403	30
Tabel 2. 8 Kebutuhan tebal minimum Base Course.....	32
Tabel 2. 9 Penjelasan Section Name	37
Tabel 4. 1Karakteristik Runway	61
Tabel 4. 2 Karakteristik Taxiway.....	62
Tabel 4. 3 Karakteristik Apron	62
Tabel 4. 4Jenis Pesawat yang Beroperasi	63
Tabel 4. 5 Karakteristik Pesawat Airbus A330-200.....	64
Tabel 4. 6Annual Departure Tahun 2018- 2020	65
Tabel 4. 7 Annual Departure Tahun 2019.....	66
Tabel 4. 8 Annual Departure pesawat rencana	66
Tabel 4. 9Annual Growth	67
Tabel 4.10 Data HSPK Kabupaten Kutai Timur.....	69
Tabel 5. 1 Nilai ACN Aircraft Manufacturer perkerasan lentur dan kaku setiap pesawat.....	72
Tabel 5. 2 Nilai ACN Software COMFAA perkerasan lentur dan kaku setiap pesawat.....	74
Tabel 5. 3 Nilai ACN Transport Canada perkerasan lentur dan kaku setiap pesawat.....	75
Tabel 5. 4 Hasil Perbandingan ACN-PCN Perkerasan Lentur dan Kaku.....	78

Tabel 5. 5 Hasil Sand Patch Test	88
Tabel 5. 6 Nilai minimum untuk kedalaman tekstur.....	89
Tabel 5. 7 Karakteristik Runway	92
Tabel 5. 8 Perhitungan Ekvivalen Annual Departure	95
Tabel 5. 9 Data pesawat yang diinput pada FAARFIELD.....	100
Tabel 5. 10 Tebal perkerasan perpanjangan runway dengan metode klasik dan Faarfield.....	105
Tabel 5. 11 Data pesawat yang diinput pada FAARFIELD.....	111
Tabel 5. 12 Struktur perkerasan perbaikan dengan metode klasik dan Faarfield	119
Tabel 5. 13 Faktor koreksi perkerasan lentur.....	121
Tabel 5.14 Rekapitulasi RAB Overlay.....	132
Tabel 5.15 Rekapitulasi RAB Perpanjangan Runway.....	139

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bandar udara atau yang biasa disebut Bandara adalah fasilitas tempat pesawat lepas landas maupun mendarat. Semakin berkembangnya zaman, bandara menjadi salah satu fasilitas yang diminati karena transportasi udara dinilai lebih cepat, efektif, dan efisien. Bandar udara juga semakin diminati karena lebih unggul dari segi waktu dan jarak tempuh dari transportasi yang ada di Indonesia. Semakin banyaknya rute dan frekuensi penerbangan setiap tahun membuat transportasi udara mampu mencakup daerah- daerah terpencil yang hanya bisa dicapai dengan transportasi laut. Bandar udara juga menjadi pendukung pertumbuhan perekonomian daerah karena semakin banyaknya aktivitas ekonomi yang terjadi.

Bandar Udara Internasional Aji Pangeran Tumenggung Pranoto merupakan sebuah bandar udara di Kota Samarinda, Kalimantan Timur. Bandara yang berlokasi di kawasan Sungai Siring ini beroperasi pada 24 Mei 2018 dan menggantikan bandara sebelumnya, yakni Bandar Udara Temindung. Bandara APT Pranoto saat ini merupakan bandara domesik yang melayani penerbangan dalam negeri. Meskipun begitu sudah ada kesepakatan antara Gubernur Kalimantan Timur, Awang Faroek Ishak dengan Kementerian Perhubungan terkait status bandara ini sebagai bandara internasional. Bandara ini mempunyai kapasitas 1,5 juta penumpang dengan luas area 13 hektar yang terdiri dari fasilitas sarana dan prasarana berupa gedung administrasi, *runway*, *taxiway*, *apron*, gedung ATC (*Air Traffic Control*), dan lain-lain.

Bandara APT Pranoto ini direncanakan untuk menggantikan Bandara Temindung yang sudah tidak dapat dikembangkan lagi. Bandara Temindung berada di lokasi padat penduduk dan sering tergenang banjir sehingga dapat membahayakan keamanan dan keselamatan penerbangan. Oleh karena itu, diperlukan bandara pengganti yang lebih memenuhi standar keamanan dan keselamatan untuk melayani kebutuhan transportasi udara.

Bandara APT Pranoto dalam aktivitasnya sendiri telah beberapa kali mengalami kerusakan terutama pada fasilitas udara, yakni *taxiway* dan *runway*. Mengingat Keputusan Menteri Perhubungan No 166 tahun 2019 tentang perubahan hierarki Bandara APT Pranoto, tentunya hal ini akan menjadikan jumlah layanan penerbangan yang lebih besar dan akan berpengaruh pada meningkatnya aktivitas bandara. Perubahan ini juga berpengaruh pada potensi penambahan rute pelayanan akibat kapasitas bandara yang ditingkatkan. Sehingga diperlukan evaluasi terhadap hal tersebut terutama pada fasilitas udara. Dikarenakan fasilitas udara merupakan fasilitas yang sangat penting dalam menunjang aktivitas bandara.

Tugas akhir ini akan mengevaluasi bagaimana kondisi perkerasan pada fasilitas sisi udara dengan menggunakan metode perbandingan ACN terhadap PCN. ACN akan dihitung menggunakan tiga metode yaitu *Aircraft Manufacturer*, menggunakan Program COMFAA, dan menggunakan tabel *Canadian Departement of Transportation*. Sedangkan data yang diperlukan untuk menghitung ACN yaitu data jenis pesawat, frekuensi, tekanan roda pendaratan, dan MTOW (*Maximum Take Of Weight*) pesawat, sesuai dengan *FAA Advisory Circular AC 150/5335- 5C* nilai ACN yang telah dihitung akan dibandingkan dengan nilai PCN perkerasan *Runway*, *Taxiway*, dan *Apron* Bandara APT Pranoto. Kemudian dilakukan tinjauan terkait nilai *CDF (Cummulative Damage Factor)* dengan menggunakan bantuan *software COMFAA* untuk mengetahui nilai faktor yang mewakili jumlah umur kelelahan struktur perkerasan.

Uji kekesatan dengan metode *Sand Patch Test* juga dilakukan untuk mengetahui *Skid Resistance* pada perkerasan. Hasil evaluasi dan analisa digunakan untuk perhitungan tebal lapisan tambahan atau overlay dengan menggunakan metode klasik dan program FAARFIELD juga dilakukan perhitungan nilai PCN dengan program COMFAA. Kemudian dilakukan perhitungan rencana anggaran biaya dalam upaya peningkatan nilai PCN agar dapat memenuhi nilai ACN pesawat yang lebih besar.

1.2 Rumusan Masalah

Dengan melihat latar belakang diatas, penulis dapat merumuskan permasalahan- permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana menganalisa kekuatan perkerasan fasilitas sisi udara Bandara APT Pranoto dengan menggunakan metode perbandingan ACN terhadap PCN?
2. Bagaimana kondisi struktur perkerasan fasilitas sisi udara Bandara APT Pranoto jika ditinjau terhadap nilai *CDF (Cummulative Damage Factor)*?
3. Bagaimana dengan kondisi fungsional *runway* Bandara APT Pranoto jika dilihat dari tingkat kekesatan *runway*?
4. Berapa nilai ketebalan *overlay* yang dibutuhkan untuk meningkatkan PCN pada *Runway* pada Bandara APT Pranoto?
5. Berapa jumlah rencana anggaran biaya (RAB) yang dibutuhkan untuk memperbaiki kondisi pada runway Bandara APT Pranoto.

1.3 Batasan Masalah

Dalam penyusunan tugas akhir ini dilakukan dengan pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Tidak menghitung PCN perkerasan eksisting dengan metode manual
2. Tidak melakukan perhitungan sistem drainase

1.4 Tujuan

Terkait masalah yang telah dirumuskan di atas, maka tujuan yang hendak dicapai dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisa kekuatan fasilitas sisi udara Bandara APT Pranoto dengan menggunakan metode perbandingan ACN terhadap PCN.
2. Mengetahui kondisi struktur perkerasan fasilitas sisi udara Bandara APT Pranoto jika ditinjau terhadap nilai *CDF (Cummulative Damage Factor)*.
3. Mengetahui kondisi fungsional *Runway* Bandara APT Pranoto yang ditinjau dari kekesatannya.
4. Mengetahui ketebalan *overlay* yang dibutuhkan untuk meningkatkan nilai PCN *Runway* Bandar Udara APT Pranoto Samarinda.

- Mengetahui jumlah rencana anggaran biaya (RAB) yang dibutuhkan untuk memperbaiki kondisi runway Bandara APT Pranoto.

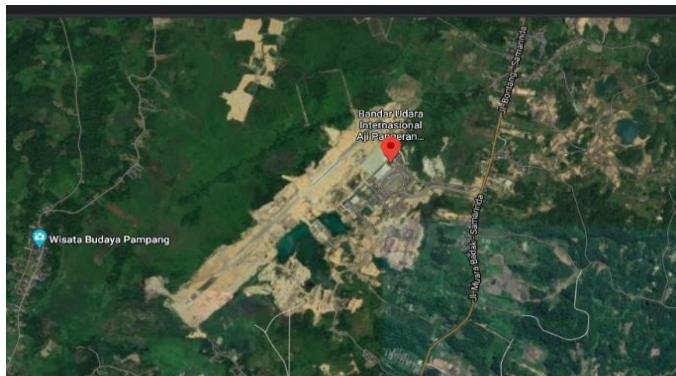
1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- Mahasiswa mampu mengevaluasi perkerasan sisi udara pada Bandar Udara.
- Memberikan wawasan dan ilmu pengetahuan bagi mahasiswa yang lain maupun penulis.
- Mahasiswa mampu melakukan perhitungan tebal *overlay* pada perkerasan sisi udara Bandar Udara.
- Mahasiswa mampu melakukan perhitungan rencana anggaran biaya (RAB) untuk perbaikan.

1.6 Lokasi

Lokasi studi dari tugas akhir ini adalah Bandar Udara Internasional Aji Pangeran Tumenggung Pranoto yang terletak di Jl. Poros Samarinda-Bontang, Kelurahan Sungai Siring, Samarinda, Kalimantan Timur. Detail lokasi tersebut ditunjukkan pada Gambar 1.1 yang menunjukkan posisi Bandara APT Pranoto terhadap Kota Samarinda dan Gambar 1.2 menunjukkan layout Bandara APT Pranoto.



Gambar 1. 1 Peta Bandar Udara APT Pranoto Samarinda

(Sumber: Google Earth, 2020)

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konsep Dasar

Bandar udara menurut Undang Undang Nomor 1 tahun 2009 tentang Penerbangan menerangkan bahwa Bandar Udara adalah kawasan di daratan dan/atau perairan dengan batas-batas tertentu yang digunakan sebagai tempat pesawat udara mendarat dan lepas landas, naik turun penumpang bongkar muat barang, dan tempat perpindahan intra dan antarmoda transportasi, yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan dan keamanan penerbangan, serta fasilitas pokok dan fasilitas penunjang lainnya. Dalam kegiatan perancangan sebuah bandar udara, diklasifikasikan berdasarkan pesawat yang dapat dilayani, Suharno, H, 2015. Di bandar udara terdapat berbagai pesawat dengan lebar yang bervariasi, mulai dari pesawat kecil (*small general aviation*) hingga pesawat besar (*heavy air transport aircraft*), Horonjeff, R.dkk, 2010. Bandar udara dirancang berdasarkan pesawat kritis (*critical*) atau pesawat rencana (*design*). Menurut Heru Basuki 1986, konfigurasi lapangan terbang dalam jumlah dan arah (orientasi) dari landasan serta penempatan bangunan terminal termasuk lapangan parkirnya yang terkait dengan landasan pacu. Jumlah landasan tergantung pada volume lalu lintas, orientasi landasan bergantung kepada arah angin dominan yang tertiuip, tetapi kadang- kadang juga luas tanah yang tersedia bagi pengembangan ada pengaruhnya. Sistem bandar udara sendiri terbagi atas dua yaitu sisi udara (*air side*) dan sisi darat (*land side*). Dimana sisi darat terdiri dari bangunan terminal, *curb*, dan lapangan parkir kendaraan. Sedangkan sisi udara terdiri dari *runway*, *taxiway*, dan *apron*. Kedua sistem tersebut harus tersedia untuk mendukung semua kegiatan dalam bandar udara.

Sesuai dengan *Manual of Standard Aerodrome 139* dari *Civil Aviation Safety Authority* tahun 2017 dan buku Robert Horonjeff dkk, *Planning and Design of Airports* tahun 2010, secara garis besar landas pacu (*Runway*) adalah suatu bidang persegi panjang tertentu di dalam lokasi bandar udara yang berupa suatu perkerasan yang disiapkan untuk pesawat melakukan kegiatan pendaratan dan tinggal landas. Elemen dasar *Runway* meliputi perkerasan yang secara struktural cukup untuk mendukung beban pesawat yang dilayannya.

Untuk memenuhi fungsi landas pacu (*Runway*), landas hubung (*Taxiway*), dan tempat parkir pesawat (*Apron*) pada umumnya menggunakan perkerasan lentur yaitu aspal dan perkerasan kaku yaitu beton sehingga menghasilkan lapisan yang kuat dan sesuai fungsinya dengan stabilitas yang tinggi dan daya tahan yang lama. Perkerasan lapangan terbang biasanya dirancang dalam beberapa lapisan dengan setiap lapisan direncanakan dengan ketebalan yang cukup untuk memastikan bahwa beban yang diaplikasikan tidak akan terjadi kerusakan/penurunan dari lapisan perkerasan dalam mendukung beban tersebut.

Perencanaan perkerasan landasan bandar udara sangat dipengaruhi oleh lalu lintas pesawat udara yang beroperasi. Pada analisis perhitungan, desain perkerasan landasan di suatu bandar udara dapat didasarkan atas metode klasik/empiris dan metode mekanistik. Metode klasik adalah suatu metode desain perkerasan yang didasarkan pada perhitungan terhadap pesawat rencana terbesar dan nilai CBR (*California Bearing Ratio*). Sedangkan metode mekanistik adalah suatu metode desain perkerasan yang mendasarkan perhitungan pada pergerakan pesawat udara yang beroperasi baik pesawat besar maupun kecil, dan juga memperhitungkan tegangan (*stress*), regangan (*strain*), serta perubahan bentuk (*deformation*) sebagai akibat dari pembebanan. Pada umumnya perhitungan metode mekanistik lebih rumit dan biasanya dilakukan dengan bantuan komputer yaitu Program COMFAA dan FAARFIELD. Metode mekanistik saat ini direkomendasikan oleh ICAO dan FAA.

Pada peraturan KP 93 tahun 2015 tentang Pedoman Teknis Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil bagian 139-24 tentang “Pedoman Perhitungan PCN Perkerasan Bandar Udara” Pasal 5.1.2 bahwa: Pada tanggal 26 November 1981, ICAO melalui DOC 9157-AN/901 dan Amandemen Annex 14, Ref. Mengumumkan penggunaan sistem *Aircraft Classification Number- Pavement Classification Number (ACN-PCN)*. Tujuan utama dari konsep ACN-PCN ini adalah untuk mendapatkan gambaran beban pesawat yang dapat dioperasikan pada suatu bandar udara dalam kondisi *unrestricted* (tidak ada pembatasan beban). Kekuatan perkerasan fasilitas sisi udara dinyatakan dalam suatu rangkaian angka dan huruf yang dinyatakan dengan *Pavement Classification Number (PCN)*. PCN adalah angka yang menjelaskan daya dukung perkerasan untuk operasi tak terbatas pesawat dengan nilai ACN

kurang dari atau sama dengan PCN (*Manual of Standard 139-Aerodrome, DGCA*).

PCN menggambarkan kekuatan struktur perkerasan, jenis perkerasan, batas kekuatan subgrade, batas tekanan roda pesawat dan teknik perhitungan nilai PCN. Secara garis besar, nilai PCN ditulis dalam contoh format sebagai berikut:

PCN/F/A/Y/T

Format publikasi sistem penulisan PCN yang sesuai dengan *FAA Advisory Circular AC 150/5335 – 5C* tahun 2011 tersebut diatas mengikuti ketentuan sebagai berikut:

1. **Format Penulisan Nilai PCN**
Format penulisan nilai PCN perkerasan disusun berdasarkan informasi dengan kode yang telah distandarkan yang meliputi nilai numerik PCN, jenis perkerasan, daya dukung tanah dasar (subgrade), tekanan roda pendarat, dan metode evaluasi yang digunakan untuk mendapatkan nilai PCN. Penulisan tersebut secara urut dengan tanda pemisah antar kode menggunakan tanda garis miring (/).
2. **Nilai Numerik PCN**
Nilai Numerik PCN perkerasan adalah suatu perkiraan relatif dari kapasitas daya dukung perkerasan akibat beban roda tunggal standar pada perkerasan.
3. **Kode Jenis Perkerasan (F)**
Jenis perkerasan dibedakan menjadi 2 (dua) yaitu perkerasan lentur (*flexible pavement*) dengan kode “F” dan perkerasan kaku (*rigid pavement*) dengan kode “R”.
4. **Kode Daya Dukung Tanah Dasar (*Subgrade*)**
Kategori daya dukung perkerasan tanah dasar (*subgrade*) dibedakan menjadi 4 (empat) kategori sesuai dengan besar nilai dukung untuk jenis perkerasan kaku dan lentur.

Tabel 2. 1Klasifikasi Daya Dukung Tanah Dasar

Kategori	Nilai CBR Flexible Pavement	Nilai (k) Rigid Pavement	Kode
High	>13%	>120	A
Medium	8% - 13%	60 – 120	B
Low	4% - 8%	25 – 60	C
Ultra Low	<4%	< 25	D

Sumber: (FAA Advisory Circular,2011)

5. Kode Tekanan Roda Pendarat

Tekanan Roda Pendarat dibedakan menjadi 4 kategori sesuai dengan besarnya tekanan roda pesawat yang beroperasi atau yang direncanakan.

Tabel 2. 2 Klasifikasi Tekanan Roda Pesawat

Kategori	Tekanan Roda		Kode
High	>281 Mpa	>1,5 psi	W
Medium	281-218 Mpa	1,5-1,0 psi	X
Low	218-145 Mpa	1,0-0,5 psi	Y
Ultra Low	145-0 Mpa	0,5-0 psi	Z

Sumber: (FAA Advisory Circular,2011)

6. Kode Metode Evaluasi

Kode nilai PCN berdasarkan metode yang digunakan untuk menghitung nilai PCN dibedakan menjadi dua metode yaitu metode secara teknik dengan diberi Kode "T" dan metode dengan menggunakan uji coba pesawat yang diberi kode "U". Sehingga uraian format pelaporan PCN diatas apabila dirangkum dapat ditampilkan sebagai berikut:

Tabel 2. 3 Tata Cara Penulisan Kode PCN

PCN	Jenis Perkerasan	Kategori Subgrade	Tekanan Roda	Metode Evaluasi
Nilai Numerik	R= Rigid Pavement F= Flexible Pavement	A= High B= Medium C= Low D= Ultra Low	W X Y Z	T= Technical U=Using Aircraft

Sumber: (FAA Advisory Circular,2011)

Dalam mengevaluasi suatu perkerasan terdapat beberapa metode yang dikembangkan oleh FAA. Dalam tugas akhir ini menggunakan metode klasik dan metode program FAARFIELD dan COMFAA. Digunakan dua metode dikarenakan setiap metode tersebut memiliki pendekatan yang berbeda. Perhitungan PCN metode klasik didasarkan pada konsep perhitungan dimana nilai PCN perkerasan dihitung berdasarkan pesawat kritis, daya dukung perkerasan, ekivalen *Annual Departure* dan nilai CBR *Subgrade*. Untuk mempermudah perhitungan dikembangkan kurva korelasi antara CBR subgrade, *annual departure*, beban pesawat, dan tebal perkerasan. Selanjutnya perhitungan menggunakan program FAARFIELD dan COMFAA sendiri dikembangkan dengan konsep Cummulative Damage Factor (CDF) dengan menghitung efek gabungan dari beberapa pesawat yang beroperasi di bandar udara. Efek dari lalu lintas gabungan ini disetarakan dengan pesawat kritis. Dengan penyataan tersebut, perhitungan PCN dapat mencakup dampak dari semua lalu lintas pesawat secara proporsional (KP 93, 2015).

Perbedaan mendasar perhitungan PCN metode klasik dengan metode FAARFIELD dan COMFAA adalah terkait *annual departure*. Dalam metode klasik, *annual departure* semua pesawat yang beroperasi di konversi ke dalam pesawat kritis sedangkan dengan metode program FAARFIELD dan COMFAA semua pesawat diinput berdasarkan *annual departure* dan bebannya masing- masing. Hal ini didasarkan kenyataan bahwa efek merusak dari pesawat terhadap perkerasan berbeda tergantung dari karakteristik, beban, dan lalu lintas pesawat tersebut. Kedua metode tersebut digunakan untuk dibandingkan dan kemudian

ditentukan metode yang lebih efektif dan efisien dan tentunya memenuhi persyaratan.

Aircraft Classification Number (ACN) merupakan suatu angka yang menjelaskan dampak relative suatu pesawat terbang terhadap landasan untuk suatu standar subgrade kategori tertentu. (*Civil Aviation Safety Authority, 2017*). Pada peraturan Direktur Jendral Perhubungan Udara Nomor: KP 93 tahun 2015 tentang Standar Teknis dan Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil – Bagian 139 (*Manual of Standard Cars – Part 139*) Volume I Bandar Udara (*Aerodromes*) Pasal 6.2.11.2 mengatur bahwa *Bearing Stregth* harus sedemikian rupa hingga tidak akan menimbulkan masalah keselamatan bagi pesawat udara. Nilai dari

PCN > ACN < 1,1 PCN (untuk Flexibel)

PCN > ACN < 1,05 PCN (untuk Rigid)

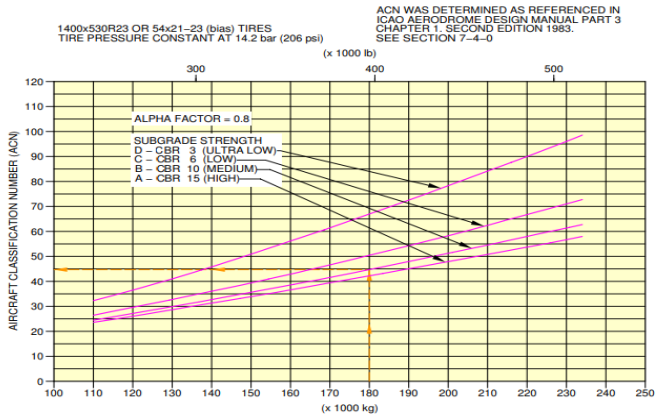
2.2 Metode Pendekatan Evaluasi Perkerasan

Dalam mengevaluasi perkerasan fasilitas sisi udara (*runway*, *taxiway*, dan *apron*) menggunakan asumsi sebagai berikut:

2.2.1 Menentukan nilai ACN dengan menggunakan metode *Aircraft Manufacture*, menggunakan *software COMFAA*, dan juga menggunakan metode *Canadian Department of Transportation*.

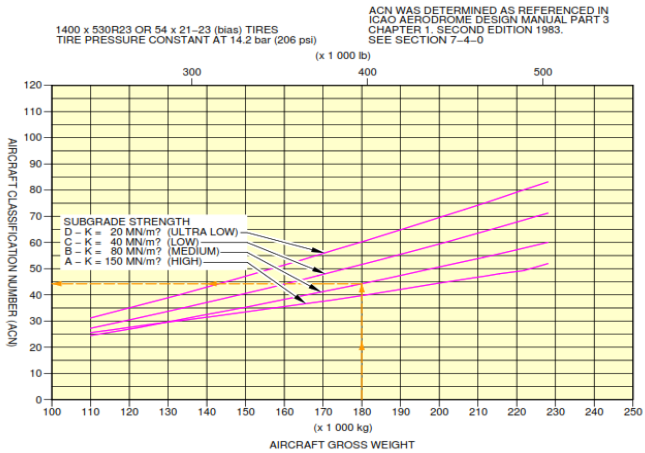
a) Menentukan nilai ACN dengan metode *Aircraft Manufacture*

Nilai ACN metode grafis (*Aircraft Manufacturer*) dianalisa menggunakan grafik yang telah disusun oleh pabrik pembuat pesawat terbang. Data yang dibutuhkan untuk menganalisa nilai ACN yaitu berat kotor (*Gross Weight*) pesawat dan jenis lapisan tanah dasar (*subgrade*) yang terdapat pada Bandarudara APT Pranoto. Terdapat 2 jenis grafik yang dibuat oleh pabrik pembuat pesawat untuk menentukan nilai ACN. Gambar 2.1 merupakan grafik nilai ACN untuk *Flexible Pavement* dan Gambar 2.2 grafik nilai ACN untuk *Rigid Pavement*. Nilai ACN didapatkan dengan menarik garis secara vertikal ke atas sumbu *Aircraft Gross Weight*, kemudian pertemuan garis tersebut dengan garis yang menyatakan nilai CBR *subgrade*, lalu tarik pertemuan dua garis tersebut secara horizontal ke kiri untuk mengetahui nilai ACN dari pesawat.



Gambar 2. 33 Grafik nilai ACN Pesawat A330-200 untuk Flexible Pavement

Sumber: (Airbus Commercial Airplane. 2020)



Gambar 2. 1 Grafik nilai ACN Pesawat A330-200 untuk Rigid Pavement

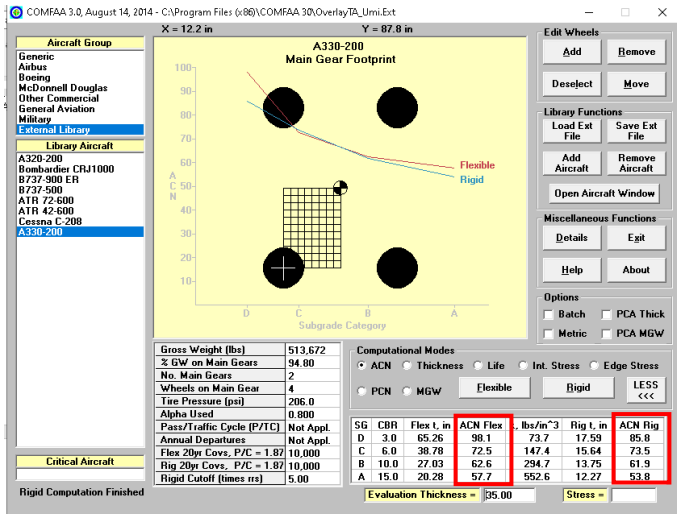
Sumber: (Airbus Commercial Airplane. 2020)

b) Menentukan nilai ACN dengan Software COMFAA.

COMFAA dapat melakukan dua jenis mode perhitungan yang terdiri dari mode perhitungan desain perkerasan (pavement design mode) dan mode perhitungan ACN (*ACN computation mode*). Pada mode perhitungan ACN, COMFAA dapat melakukan:

1. Perhitungan ACN pesawat untuk perkerasan lentur (flexible pavement)
2. Perhitungan ACN pesawat untuk perkerasan kaku (rigid pavement)
3. Perhitungan tebal perkerasan lentur berdasarkan nilai CBR Subgrade eksisting.
4. Perhitungan tebal perkerasan kaku berdasarkan nilai k (modulus reaksi tanah) dari dasar eksisting.

Pada *ACN computational mode*, langkah pertama yang harus dilakukan adalah memilih grup pesawat dari menu '*Aircraft Group*' (contoh: *Airbus*). Selanjutnya memilih jenis dan tipe pesawat (contoh: A330-200), mengkonfirmasi parameter pesawat (*gross wight, tire pressure, dll*). Dan kemudian mengklik tombol '*ACN Flexible*' (untuk perkerasan lentur) atau '*ACN Rigid*' (untuk perkerasan kaku). Hasil akhir dari nilai ACN pesawat tersebut ditampilkan pada seluruh kategori baik A dan B seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 2. 63 Tampilan Menu Program COMFAA

Sumber: (Program COMFAA)

c) Menentukan nilai ACN dengan metode Transport Canada

Nilai ACN metode ini dianalisa menggunakan tabel yang telah disusun oleh *Canadian Department of Transportation*. Data yang dibutuhkan untuk menganalisa nilai ACN yaitu berat maksimum (*Maximum Weight*) pesawat, tekanan roda (*tirepressure*) pesawat, nilai CBR untuk *flexible pavement*, dan nilai K untuk *rigid pavement*. Nilai ACN didapatkan dengan analisa nilai MTOW pesawat dan berat max/min yang ada pada tabel *Canadian department* kemudian disesuaikan dengan nilai CBR/K struktur perkerasan.

Tabel 2. 4Nilai ACN pesawat Transport Canada

Aircraft	Weight Max/Min (kN)	Tire Pressure (MPa)	Flexible Pavement Subgrades				Rigid Pavement Subgrades			
			CBR				k (MPa/m)			
			High	Medium	Low	Vr Low	High	Medium	Low	Ult Low
			A	B	C	D	A	B	C	D
B747-100SR	2690	1.04	36	38	46	64	29	36	43	60
	1600		19	20	22	29	16	18	21	25
B747-200B, 200C 200F, 200M	3720	1.38	55	62	76	98	51	61	72	82
	1750		22	23	26	34	20	22	26	30
B747-300, 300M, 300SR	3720	1.31	55	62	76	98	50	60	71	82
	1750		22	23	26	34	19	22	25	30
B747-400, 400F, 400M	3905	1.38	59	66	82	108	54	65	77	88
	1800		23	24	27	35	20	23	27	31
B747-400D (Domestic)	2729	1.04	36	39	47	65	30	36	43	61
	1702		22	23	26	34	18	20	24	28
B747-SP	3127	1.26	45	50	61	81	40	48	58	67
	1500		18	19	21	28	16	18	21	25
B757-200 Series	1134	1.04	34	38	47	60	32	39	45	62
	670		14	15	17	23	13	15	18	20
B757-300	1200	1.04	36	41	51	64	35	42	49	66
	640		16	17	20	27	15	17	21	24
B757-200	1410	1.31	39	42	50	68	34	41	48	66
	800		19	20	23	29	18	19	22	26
B757-200 ER	1725	1.31	50	56	68	90	45	54	64	74
	830		20	21	24	31	18	20	24	27
B757-300	1566	1.38	44	49	59	79	40	48	57	65
	660		21	22	25	33	19	22	25	29
B757-300 ER	1784	1.38	53	59	72	94	48	57	66	78
	690		22	23	26	35	20	23	26	31
B777-200	2433	1.38	51	58	71	99	40	50	60	81
	1400		25	27	31	43	23	25	28	35
B777-200 ER	2822	1.38	63	71	90	121	53	69	89	108
	1425		25	27	32	44	23	25	31	38
B777-200 X	3278	1.38	78	90	114	148	61	80	104	126
	1600		29	32	38	53	27	27	34	43
B777-300	2945	1.48	68	78	97	129	54	69	89	109
	1600		30	32	38	53	27	28	35	43

Sumber: (Transport Canada, 2014)

2.2.2 Menganalisis kekuatan perkerasan dari fasilitas sisi udara dengan cara membandingkan antara nilai ACN eksisting dengan PCN eksisting

Setelah menentukan nilai ACN dengan tiga metode yaitu Aircraft Manufacture, Software COMFAA, dan Transport Canada selanjutnya akan dilakukan perbandingan antara ACN terhadap PCN eksisting. Sistem ACN- PCN sendiri merupakan suatu metode yang dikembangkan untuk mengontrol beban pesawat yang beroperasi pada konstruksi perkerasan prasarana sisi udara pada bandar udara.

2.2.3 Melakukan uji kekesatan terhadap perkerasan

Skid Resistance atau kekesatan adalah gaya yang dihasilkan antara permukaan perkerasan dan ban kendaraan untuk mengimbangi majunya gerak kendaraan saat dilakukan pengereman, (Sukirman, 1999). Nilai dari *Skid Resistance* atau kekesatan tergantung pada banyak sedikitnya *macrotexture* dan *microtexture* permukaan perkerasan, properti dari ban kendaraan, kecepatan kendaraan, dan juga kondisi cuaca. Makin kecil nilainya, maka makin licin permukaan perkerasan tersebut.

Pada tugas akhir ini *Skid Resistance* dilakukan dengan Sand Patch Test dengan *Surface texture measurement (ASTM E965)* sebagai acuan. Metode Lingkaran Pasir (*Sand Patch Method*) merupakan teknik pengukuran kedalaman tekstur permukaan secara volumerik menggunakan pasir. *Sand Patch Test* dilakukan dengan cara menebarkan pasir yang volumenya sudah diketahui pada suatu area secara melingkar. Kemudian diameter yang terbentuk diukur. Dari volume pasir dan ukuran diameter/luas lingkaran, dapat diperoleh kedalaman tekstur permukaan perkerasan. Pasir yang digunakan dalam pengukuran ini adalah pasir yang kering dan 90% lebih lolos dari ayakan no.60 dan tertahan 100% pada ayakan no 80. Nilai dari hasil pengukuran kedalaman tekstur dinyatakan dalam *Mean Texture Depth (MTD)*. Dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2018

tentang Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan, menerangkan bahwa metode lingkaran pasir hanya bias digunakan untuk mengukur permukaan makrotekstur dengan nilai rata-rata kedalaman tekstur $> 0,45$ mm.

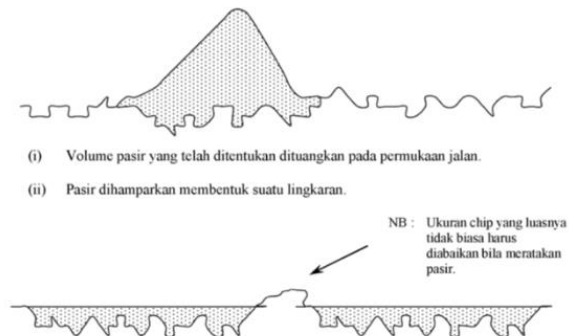
Dalam melakukan pengukuran tekstur menggunakan Sand Patch Test terdapat beberapa alat dan material yang harus disiapkan yaitu:

- a. Sebuah penggaris atau pita ukur dengan skala dalam milimeter dengan panjang minimal 400mm.
- b. Sebuah sikat halus atau kuas. Sikat atau kuas digunakan untuk membersihkan permukaan perkerasan sebelum diuji.
- c. Sebuah papan penggaris dengan panjang antara 150- 160 mm untuk membuat lingkaran. Sebagian peraturan seperti ASTM (*American Standard Testing and Material*) menggunakan benda berbentuk bulat dengan permukaan karet. Dalam pengukuran ini digunakan benda berbentuk bulat.
- d. Sebuah silinder pengukur pasir dengan garis tengah 30-45 mm yang memiliki volume sebelah dalam $45 \pm 0,5$ ml. Permukaan silinder harus dipotong rata untuk mempermudah pembuangan kelebihan pasir dengan sapuan.
- e. Sejumlah pasir kering dan bersih dengan butiran yang bulat, 100% lolos ayakan no 60 dan 100% tertahan pada ayakan no 80.

Adapun langkah- langkah pengujian Sand Patch Test adalah sebagai berikut:

- a. Periksa bahwa daerah yang akan diperiksa cukup kering dan bebas dari kotoran. Sikat setiap material halus dari permukaan yang diperiksa.
- b. Isi silinder dengan pasir dan ketuk-ketuk secara ringan hingga pasir berhenti memadat. Isi silinder hingga penuh

- dan sapu rata dengan hati-hati permukaan silinder dengan penggaris.
- c. Tuangkan pasir dengan bentuk kerucut pada tengah-tengah daerah yang akan diperiksa (dalam keadaan berangin disarankan menggunakan penyekat angin mengelilingi pasir tersebut).
 - d. Dengan menggunakan papan penggaris, sebarkan pasir dalam bentuk lingkaran hingga cekung-cekungan permukaan diisi rata.
 - e. Ukurlah garis tengah jejak lingkaran, dua kali, arah dari pengukuran yang kedua kira-kira tegak lurus terhadap yang pertama. Ambil harga rata-rata dari pengukuran ini untuk memberikan harga D (Pers 1) yang merupakan garis tengah



Gambar 2. 95 Prosedur Pengujian Sand Patch Test

Sumber: (Bina Marga, 2018)

- f. Setelah nilai D didapat dimasukkan ke persamaan 2.2 sehingga didapat nilai kedalaman tekstur atau *Mean Texture Depth* (MTD).

$$MTD = \frac{4V \times 1000}{\pi D^2}$$

..... Pers 2.1

Dimana:

MTD = Mean Texture Depth

V = Volume Pasir (cm³)

Tabel 2. 5 Nilai Minimum untuk Kedalaman Tekstur

Tipe Jalan	Tipe Permukaan	Rata-rata per 1000 m(mm)	Rata-rata untuk 10 pengukuran (mm)
Jalan Berkecepatan Tinggi Larangan batas kecepatan ≥ 50 mil/jam (80 km/jam)	Permukaan tipis dengan ketentuan 942 dengan ukuran atas agregat (D) ≤ 14 mm	≥ 1,3	≥ 1
	<i>Chipped hot rolled asphalt, surface dressing dan lain-lain</i>	≥ 1,5	≥ 1,2
Jalan Berkecepatan Rendah Larangan batas kecepatan ≤ 40 mil/jam (65 km/jam)	Permukaan tipis dengan ketentuan 942 dengan ukuran atas agregat (D) ≤ 14 mm	≥ 1	≥ 0,9
	<i>Chipped hot rolled asphalt, surface dressing dan lain-lain</i>	≥ 1,2	≥ 1
Bundaran pada Jalan Berkecepatan Tinggi Larangan batas kecepatan ≥ 50 mil/jam (80 km/jam)	Semua material kasar untuk permukaan	≥ 1,2	≥ 1
Bundaran pada Jalan Berkecepatan Rendah Larangan batas kecepatan ≤ 40 mil/jam (65 km/jam)	Semua material kasar untuk permukaan	≥ 1	≥ 0,9

Sumber: (Manual of Contract Documents for Highway Works, 2008

Dari tabel diatas diketahui nilai yang digunakan pada pengujian Sand Patch Test ini termasuk tipe jalan kecepatan tinggi dan termasuk dalam Chipped Hot Rolled Asphalt. Untuk kedalaman tekstur apabila kedalaman $< 1,5$ mm maka permukaan licin, bila kedalaman $> 1,5$ mm maka permukaan perkerasan cukup kesat.

2.3 Kondisi Overload

Dalam operasional bandara ketika ada pesawat yang akan beroperasi dengan nilai ACN pesawat yang melebihi nilai PCN eksisting masih diperbolehkan, namun terdapat prosedur yang harus diikuti yaitu, operator pesawat harus terlebih dahulu melaporkan pada operator bandar udara yang berwenang. Apabila pesawat tersebut akan beroperasi di atas nilai PCN yang dilaporkan.

Kriteria di bawah ini disarankan untuk menentukan dapat tidaknya diterima suatu pesawat terbang beroperasi dalam kondisi overload atau melebihi nilai PCN perkerasan. Berikut ini merupakan syarat- syarat untuk kondisi overload:

- a. Untuk perkerasan lentur, nilai ACN maksimal yang diijinkan adalah 10% diatas PCN yang dilaporkan.
- b. Untuk perkerasan kaku, nilai ACN maksimal yang diijinkan adalah 5% diatas nilai PCN yang dilaporkan.
- c. Untuk perkerasan yang strukturnya tidak diketahui, nilai ACN maksimal yang diijinkan adalah 5% di atas PCN yang dilaporkan.
- d. Jumlah pergerakan overload tiap tahun maksimal 5% dari total pergerakan seluruh pesawat per tahun.

Untuk perkerasan lentur memiliki nilai toleransi yang lebih tinggi dibandingkan perkerasan kaku dan perkerasan yang tidak diketahui strukturnya. Hal ini dapat disebabkan karena perkerasan lentur yang mempunyai sifat elastis. Jadi apabila perkerasan lentur diberikan repitisi pembebanan maka perkerasan lentur akan melendut atau akan timbulnya *rutting* (lendutan pada jalur roda). Sedangkan pada perkerasan kaku dan perkerasan yang tidak diketahui strukturnya tidak memiliki sifat melendut sehingga dapat terjadinya retak- retak pada permukaan.

Seiring dengan kondisi dimana kian banyak pesawat dengan berbadan lebar beroperasi, maka perkerasan sisi udara suatu saat akan mencapai batas maksimumnya. Beban pesawat yang melebihi nilai PCN perkerasan akan memperpendek usia rencana. Menurut FAA, kekuatan struktur perkerasan yang dibebani secara berlebih tidak akan secara tiba-tiba serempak gagal. Pedoman Evaluasi Overload berlaku terutama untuk perkerasan aspal dan beton yang memiliki nilai PCN yang dihitung dengan *technical method*. Perkerasan yang peringatnya ditentukan dengan *aircraft method* dapat menggunakan pedoman Evaluasi Overload yang telah disediakan oleh ICAO.

Penyesuaian untuk kondisi overload mulai dengan asumsi bahwa beberapa pesawat memiliki nilai ACN yang melebihi nilai PCN perkerasan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut otoritas bandara memiliki tiga pilihan:

1. Nilai PCN yang berasal dari metode evaluasi teknis tetap digunakan, dengan menggunakan informasi dari bandara setempat bahwa ada beberapa pesawat dalam lalu lintas yang dapat diijinkan untuk beroperasi dengan ACN lebih besar dari PCN yang ada atau berat pesawat dikurangi agar tidak melebihi nilai PCN eksisting.
2. Meningkatkan nilai PCN yang telah ada dengan melakukan overlay atau pelapisan ulang pada perkerasan eksisting atau melakukan perkuatan konstruksi perkerasan eksisting untuk mengakomodasi pesawat dengan nilai ACN yang lebih besar.
3. Menaikkan nilai PCN sesuai dengan ACN pesawat terbesar, dengan melakukan perencanaan ulang struktur perkerasan.

Pada pilihan pertama mensyaratkan bahwa otoritas bandar udara harus terus- menerus memperhatikan komposisi seluruh traffic dalam pengoperasian berat kotor pesawat dan frekuensi pembebanan pesawat. Apabila lalu lintas penerbangan memiliki perubahan yang memengaruhi faktor yang terlibat dalam mengembangkan PCN berbasis teknis, maka PCN perlu disesuaikan untuk memenuhi perubahan yang ada. Otoritas bandar udara secara internal juga harus

mencegah pengoperasian pesawat udara yang melebihi nilai PCN. Pilihan kedua dapat menjadi solusi dari permasalahan pada pilihan pertama. Pada pilihan kedua yang merupakan solusi dengan melakukan overlay, tidak membutuhkan banyak biaya tambahan untuk merubah perkerasan lentur maupun kaku hingga memenuhi kebutuhan dari kombinasi lalu lintas pesawat yang ada. Akan tetapi, menyediakan penguatan perkerasan eksisting akan memungkinkan untuk beroperasi pada kekuatan yang diperlukan dan untuk umur perkerasan yang diinginkan. Pilihan ketiga mempunyai manfaat yang dapat memungkinkan semua pesawat untuk beroperasi sesuai kebutuhan. Namun, dengan melakukan perencanaan ulang struktur perkerasan tentunya akan memakan biaya yang tinggi serta dapat mengganggu aktivitas bandara.

2.4 Perencanaan Perbaikan Perkerasan

Dalam hal memperpanjang usia perkerasan untuk memenuhi nilai ACN dari pesawat yang beroperasi di bandara, usaha yang dapat dilakukan adalah meningkatkan nilai PCN dari perkerasan eksisting tanpa merubah dimensi landas pacu. Adapun tahapan yang harus dilakukan adalah:

1. Menentukan data pergerakan pesawat terbesar yang akan beroperasi untuk umur rencana 20 tahun.
2. Mendapatkan data lapis perkerasan dari landas pacu (runway) eksisting.
3. Menentukan beban roda pesawat.
4. Menghitung nilai ACN dari pesawat yang direncanakan.
5. Menetapkan PCN dari ACN yang diperoleh.
6. Menentukan atau menambah tebal lapisan aspal baru.

Pada perencanaan perbaikan perkerasan pilihan yang banyak digunakan di Indonesia saat ini dengan pilihan kedua yaitu penambahan tebal lapisan atau overlay. Penambahan tebal lapisan atau overlay lebih terjangkau dan lebih efisien saat ini. Untuk itu terdapat beberapa program untuk melakukan perhitungan penambahan tebal perkerasan yaitu dengan menggunakan program COMFAA dan FAARFIELD.

Namun sebelum melakukan perhitungan dengan menggunakan program yang telah disediakan oleh ICAO tetap harus ada perhitungan PCN dengan cara manual yaitu dengan metode empiris/klasik. Perhitungan dengan metode klasik dimaksudkan untuk memperoleh nilai PCN sesuai dengan pesawat yang beroperasi. Akan tetapi, karena disini kita mencari nilai PCN yang sama atau melebihi dari nilai ACN pesawat yang direncanakan dan sebagai pembandingan untuk perhitungan tebal perkerasan dengan metode program COMFAA dan FAARFIELD.

2.4.1 Analisa Panjang Runway Akibat Pengaruh Kondisi Eksisting Lapangan Terbang

Kondisi eksisting dari lapangan terbang seperti temperature, angin permukaan, kemiringan landas pacu, dan ketinggian lapangan terbang dari permukaan laut dapat memengaruhi panjang landas pacu. Berdasarkan ICAO (International Civil Aviation Organisation) perhitungan panjang runway harus mengikuti suatu standart yaitu Aeroplane Reference Field Length (ARFL). ARFL merupakan runway minimum yang dibutuhkan untuk lepas landas pada maximum take off weight (MTOW), elevasi muka air laut, kondisi atmosfer standart, keadaan tanpa angin bertiup, runway tanpa kemiringan ($\text{slope}=0$). Setiap pesawat juga mempunyai ARFL masing-masing yang dikeluarkan oleh pabrik pembuat pesawat tersebut (Basuki,1986).

Maximum take off weight (MTOW) merupakan berat maksimum yang diizinkan pada pelepasan rem untuk lepas landas/take off yang tidak termasuk bahan bakar dan termasuk berat kosong operasi, perjalanan, bahan bakar cadangan, dan muatan. Dalam menganalisa panjang runway akibat pengaruh kondisi lingkungan ini menggunakan berat MTOW pesawat. Kemudian nilai tersebut akan dibandingkan dengan panjang runway eksisting, apabila panjang runway eksisting akibat pengaruh kondisi lingkungan melebihi panjang runway eksisting maka terdapat 2 pilihan yang bisa ditawarkan. Pilihan pertama adalah dengan memperpanjang runway eksisting hingga sama atau lebih dari panjang runway akibat pengaruh kondisi lingkungan. Pilihan

kedua yaitu dengan menerapkan pembatasan berat saat lepas landas/ restricted take off weight (RTOW). RTOW adalah pembatasan beban saat lepas landas pada pesawat yang memiliki panjang runway melebihi panjang runway eksisting. Pembatasan berat ini dilakukan pada bandara yang memiliki kendala terkait perpanjangan runway eksisting dalam melayani pesawat yang beroperasi. Nilai MTOW atau gross weight yang diperoleh dari manual book pabrik pembuat pesawat nantinya akan digunakan dalam analisa tebal perkerasan (Basuki,1986).

Hal tersebut karena nilai MTOW pesawat lebih besar dari RTOW sehingga analisa tebal perkerasan berdasarkan dengan pesawat rencana.

A. Koreksi Terhadap Temperatur Lapangan Terbang

Pada temperature yang lebih tinggi dibutuhkan landasan yang lebih panjang, dikarenakan pada temperature tinggi memiliki density udara rendah, menghasilkan output daya dorong yang rendah. Sebagai standart dipilih temperatur diatas permukaan laut sebagai 59F= 15C. Menurut ICAO panjang landasan harus terkoreksi terhadap temperatur sebesar 1% untuk setiap kenaikan 1C atau 0,56% setiap 1 F. Sedangkan untuk setiap kenaikan 1000m dari permukaan turun 6,5C atau setiap naik 1000 feet temperature berkurang 3,566F (Basuki,1986). Dengan dasar diatas ICAO merekomendasikan rumus koreksi terhadap temperatur (Ft), yaitu sebagai berikut:

$$Ft = 1 + 0,01 (T - (15 - 0,065h)) \dots \dots \dots \text{Pers 2.3}$$

Dimana:

Ft = Faktor terkoreksi terhadap temperature

T= Temperatur di lapangan terbang

h= Elevasi lapangan terbang

B. Koreksi Terhadap Ketinggian Lapangan Terbang

ICAO menyatakan bahwa ARFL bertambah 7% setiap kenaikan 300m (1000 ft) dihitung dari ketinggian permukaan laut (Basuki, 1986). Maka rumus koreksi terhadap ketinggian (Fe), yaitu sebagai berikut :

$$Fe = 1 + 0,07\left(\frac{h}{300}\right) \dots \dots \dots \text{Pers 2.4}$$

Dimana

Fe = Faktor terkoreksi terhadap ketinggian

h= Elevasi lapangan terbang

C. Koreksi Terhadap Kemiringan Landas Pacu/ Runway

Untuk tujuan perencanaan lapangan terbang, FAA memperkenalkan *Effective Gradient*, yaitu beda tinggi antara titik tertinggi dan titik terendah dari penampang landasan dibagi dengan panjang landasan yang ada. ARFL akan bertambah 10% setiap kemiringan 1% (Basuki, 1986). Maka rumus koreksi terhadap kemiringan (Fs), yaitu sebagai berikut :

$$Fs = 1 + 0,1s \dots \dots \dots \text{Pers 2.5}$$

Dimana:

Fs = Faktor terkoreksi terhadap kemiringan

D. Analisa Panjang Landas Pacu/ Runway Terkoreksi

Setelah dilakukan analisa faktor koreksi terhadap temperatur, ketinggian, dan kemiringan landas pacu. Maka selanjutnya hasil dari analisa masing-masing faktor koreksi dan berdasarkan data ARFL dari pesawat rencana, dilakukan analisa untuk menentukan panjang *runway* terkoreksi, yang dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$ARFL = \frac{Lr0}{Ft \times Fe \times Fs} \dots \dots \dots \text{Pers 2.6}$$

Dimana:

ARFL	= <i>Aeroplane Referance Field Length</i> (Pesawat rencana)
Lr0	= Panjang <i>runway</i> terkoreksi
Ft	= Faktor koreksi terhadap temperatur
Fe	= Faktor koreksi terhadap ketinggian
Fs	= Faktor koreksi terhadap kemiringan

2.4.2 Perencanaan Tebal Overlay Runway Metode Empiris/Klasik

Perencanaan perkerasan lentur dengan metode FAA (*Federal Aviation Administration*) pada dasarnya dikembangkan dari metode CBR yang telah ada. Dalam perencanaannya, identifikasi dan evaluasi yang tepat dari pondasi perkerasan adalah penting bagi perencanaan struktur perkerasan. Jenis dan kekuatan tanah dasar (*subgrade*) mendukung perkerasan dan beban-beban yang berada pada permukaan perkerasan. Fungsi perkerasan itu sendiri adalah untuk menyebarkan beban ke tanah dasar dan makin besar kemampuan tanah dasar untuk memikul beban, tebal perkerasan yang dibutuhkan makin kecil.

Struktur perkerasan lentur didukung sepenuhnya oleh tanah dasar. Didalam menentukan ketebalan perkerasan, diperlukan nilai CBR dari material *subgrade*, nilai CBR lapisan *subbase*, MTOW (*Maximum Take Off Weight*) dan jumlah annual departure dari pesawat rencana beserta pesawat operasi yang sudah dikonversikan.

Berikut ini merupakan langkah-langkah merencanakan tebal perkerasan lentur dengan menggunakan metode FAA :

1. Menentukan pesawat rencana dan menghitung nilai W (Wheel load) tiap pesawat

Dalam perhitungan tebal perkerasan lentur dengan metode FAA perlu ditentukan terlebih dahulu pesawat rencana, yaitu pesawat yang memiliki beban roda yang menghasilkan ketebalan perkerasan terbesar, tidak perlu harus yang terberat (Ir Heru Basuki). Kemudian menentukan W dengan mengasumsikan 95% MTOW ditumpu oleh roda pendaratan (*Main Landing gear*). Dengan persamaan sebagai berikut :

$$W = MTOW + 95\% + \frac{1}{n} \dots \dots \dots \text{Pers 2.7}$$

Dimana:

- W1 = Beban roda pesawat kritis/desain
 W2 = Beban roda pesawat yang dikonversi
 MTOW = *Maximum Take Off Weight* (Berat maksimal pesawat untuk lepas landas)
 n = Jumlah roda pada *Main Gear*

2. Menghitung R2

Setelah pesawat rencana ditentukan, langkah selanjutnya menghitung R2 dengan mengkonversikan tipe roda pesawat yang mendarat ke tipe roda pesawat rencana dan berdasarkan perkiraan *annual departure*. Besarnya R2 dihitung dengan persamaan:

$$R2 = \text{Annual Departure} \times \text{Faktor Koreksi}$$

Pesawat yang beroperasi pada suatu bandar udara memiliki susunan roda pendaratan yang berbeda-beda, maka harus terdapat konversi susunan roda pesawat yang beroperasi ke pesawat kritis/desain yang dapat dijabarkan dalam tabel berikut :

Tabel 2. 6 Konversi susunan roda pesawat

No	Konversi dari		Konversi dari		Faktor Konversi
1	Single Wheel	0	Dual Wheel	0+0	0,8
2	Single Wheel	0	Dual Tandem	0+0	0,5
				0+0	
3	Dual Wheel	0+0	Dual Tandem	0+0	0,6
				0+0	
4	Double Dual Tandem	0+0	Dual Tandem	0+0 0+0	1
		0+0			
		0+0			
		0+0			
5	Dual Tandem	0+0	Single Wheel	0	2
		0+0			
6	Dual Tandem	0+0	Dual Wheel	0+0	1,7
		0+0			
7	Dual Wheel	0+0	Single Wheel	0	1,3
8	Double Dual Tandem	0+0	Dual Wheel	0+0	1,7
		0+0			
		0+0			
		0+0			

3. Menghitung Ekivalen Departure (R1)

Pesawat yang beroperasi di suatu bandar udara terdiri dari berbagai jenis pesawat dengan berbagai tipe roda pendaratan (*landing gear*) dan juga berbagai variasi beban, efek pesawat tersebut perkerasan dihitung berdasarkan pesawat terkritis atau dalam desain pesawat desain. Perhitungan ekivalen annual departure dilakukan dengan mengkonversi *landing gear* semua pesawat yang beroperasi ke pesawat kritis. *Equivalent Annual Departures* pesawat kritis, dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

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

..... Pers 2.8

Dimana:

R1 = *Annual Departures* pesawat terkritis/pesawat rencana

R2 = *Annual Departures* pesawat dalam landing

W1 = Beban roda pesawat kritis/pesawat rencana

W2 = Beban roda pesawat yang dikonversi

4. Menghitung tebal ekivalen perkerasan

Untuk menentukan tebal ekivalen perkerasan, langkah pertama yang harus dilakukan yaitu menentukan nilai CBR, *one main landing gear*, dan *ekivalen annual departure*, lalu didapatkan nilai tebal perkerasan total dengan kurva yang sudah disediakan oleh pabrikan pesawat. Setelah didapatkan tebal perkerasan total kemudian mencari nilai tebal Sub Base Course diikuti dengan tebal *Surface Course* dan *Base Course*. Terdapat kode atau nomenklatur yang ditentukan oleh FAA sebagai standar pada perhitungan manual maupun menggunakan program. Berikut adalah kode atau nomenklatur:

- P-501 = Portland Cement Concrete (PCC)
- P-401 = Plant Mix Bituminous Pavements (HMA)
- P-403 = Plant Mix Bituminous Pavements (HMA)

- P-306 = Econocrete Subbase Course (ESC)
- P-304 = Cement Trates Base Course (CTBC)
- P-212 = Shell Base Course
- P-213 = Sand- Clay Base Course
- P-220 = Caliche Base Course
- P-209 = Crushed Aggregate Base Course
- P-208 = Aggregate Base Course
- P-211 = Lime Rock Base Course
- P-301 = Soil-Cement Base Course
- P-154 = Subbase Course

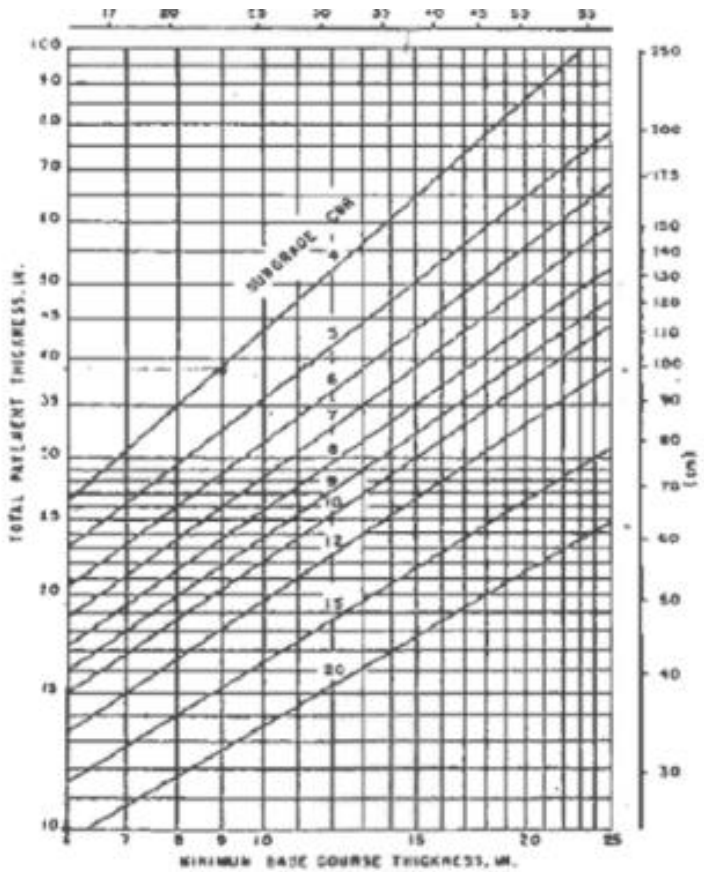
Dalam perencanaan tebal perkerasan, tebal perkerasan yang dianalisa adalah tebal perkerasan ekuivalen. Kebutuhan tebal lapisan campuran aspal minimal ditampilkan dalam tabel di bawah ini.

Tabel 2. 7 Tebal minimum lapisan campuran Aspal P-401/P-403

No	Bagian Perkerasan	Pesawat Single Wheel dan Dual Wheel	Pesawat B 747, B 777, DC 10, L 101 atau pesawat sejenis
1	Area Kritis (Jalur Roda)	10,0 cm (4 in)	12,7 cm (5 in)
2	Area diluar jalur roda	7,6 cm (3 in)	10,0 cm (4 in)

Sumber: KP 93 2015

Untuk tebal Base Course minimum, dihitung dnegan menggunakan kuva korelasi antara tebal perkerasan (*total pavement thickness*), CBR Subgrade dan Base Course minimum ditampilkan pada Tabel 3.2.



Gambar 2. 127 Kebutuhan tebal minimum lapisan Base Course

Sumber: KP 93 2015

Tabel 2. 8 Kebutuhan tebal minimum Base Course

Design Aircraft	Design Load Range		Minimum Base Course	
	Lbs	Kg	in	mm
Single Wheel	30.000-50.000	13.600-22.700	4	100
	50.000-75.000	22.700-34.000	6	150
Dual Wheel	50.000-100.000	22.700-45.000	6	150
	100.000-200.000	45.000-90.700	8	200
Dual Tandem	100.000-250.000	45.000-113.400	6	150
	250.000-400.000	113.400-181.000	8	200
B-757 & B-767	200.000-400.000	90.700-181.000	6	150
DC-10 & L1011	400.000-600.000	181.000-272.000	8	200
B-747	400.000-600.000	181.000-272.000	6	150
	600.000-850.000	272.000-385.700	8	200
C-130	75.000-125.000	34.000-56.700	4	100
	125.000-175.000	56.700-79.400	6	150

Sumber: KP 93 2015

5. Menentukan nilai CBR Subgrade

Nilai CBR Subgrade ditentukan dengan pengujian CBR lapangan atau dengan menggunakan data CBR perencanaan yang pada umumnya menggunakan CBR terendam (CBR Soaked). Nilai CBR lapangan tergantung dari jenis tanah. Adapun rangkuman berbagai jenis tanah dan karakteristik jika digunakan sebagai pondasi perkerasan ditampilkan pada Gambar 3.10.

Major Divisions	Letter	Name	Value as Foundation When Not Subject to Frost Action	Value as Base Directly under Footing Surface	Potential Frost Action	Compressibility and Expansion	Drainage Characteristics	Unit Dry Weight (pcf)	CBR	Single-Metric Modulus (psi)
(1)	(2)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Coarse-grained soils	GW	Gravel or sandy gravel, well graded	Excellent	Good	None to very slight	Almost none	Excellent	125-140	60-86	300 or more
	GP	Gravel or sandy gravel, poorly graded	Good	Poor to fair	None to very slight	Almost none	Excellent	120-130	35-60	300 or more
Sand and gravelly soils	GW	Gravel or sandy gravel, uniformly graded	Good to excellent	Poor	None to very slight	Almost none	Excellent	115-125	25-50	300 or more
	GM	Silty gravel or silty-sandy gravel	Good	Fair to good	Slight to medium	Very slight	Fair to poor	130-165	40-80	300 or more
Sand and gravelly soils	GC	Clayey gravel or clayey sandy gravel	Good to excellent	Poor	Slight to medium	Slight	Poor to practically impervious	120-140	20-40	200-300
	SW	Sand or gravelly sand, well graded	Good	Poor to not suitable	None to very slight	Almost none	Excellent	110-130	20-40	200-300
Sand and gravelly soils	SP	Sand or gravelly sand, poorly graded	Fair to good	Not suitable	None to very slight	Almost none	Excellent	105-120	15-25	200-300
	SU	Sand or gravelly sand, poorly graded, Non-subsiding	Fair to good	Poor	None to very slight	Almost none	Excellent	100-115	10-20	200-300
Low compressibility silty soils	SM	Silty sand or silty sandy sand	Good	Not suitable	Slight to high	Very slight	Fair to poor	120-135	20-40	200-300
	SC	Clayey sand or clayey sandy sand	Fair to good	Not suitable	Slight to high	Slight to medium	Poor to practically impervious	105-120	10-20	200-300
Fine-grained soils	ML	Silt, sandy silt, gravelly silt, or silty sand	Fair to good	Not suitable	Medium to very high	Medium	Fair to poor	100-125	5-15	100-200
	CL	Lean clay, sandy clay, or clayey silt	Fair to good	Not suitable	Medium to very high	Medium	Practically impervious	100-125	5-15	100-200
High compressibility silty soils	OL	Lean clay, sandy clay, or clayey silt, Organic	Poor	Not suitable	Medium to very high	High	Fair to poor	90-105	4-8	100-200
	OH	Highly organic clay or silty clay	Poor to very poor	Not suitable	Medium to very high	High	Practically impervious	90-100	4-8	100-200
Fines and other fine-grained soils	CH	Clay	Poor to very poor	Not suitable	Medium	High	Practically impervious	90-110	3-5	90-100
	OH	Fat organic clay	Poor to very poor	Not suitable	Medium	High	Practically impervious	80-105	3-5	50-100
Fines and other fine-grained soils	PT	Pow. bentonite and other	Not suitable	Not suitable	Slight	Very high	Fair to poor	-	-	-

Gambar 0.9 Karakteristik tanah untuk pondasi perkerasan

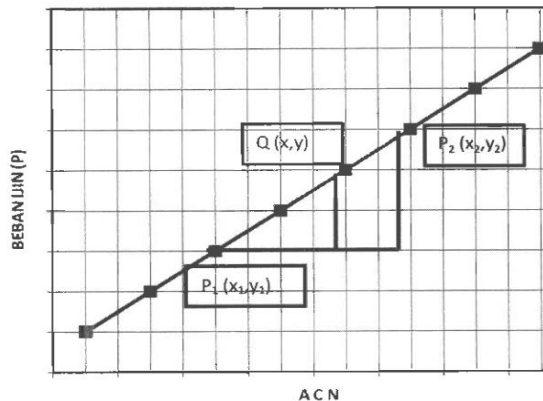
Sumber: KP 93 2015

6. Menentukan daya dukung perkerasan

Setelah diketahui tebal perkerasan rencana lalu menentukan daya dukung perkerasan untuk mencari nilai PCN. Dengan menggunakan kurva korelasi anatar CBR Subgrade, tebal perkerasan (tebal ekivalen), *annual departure* (*annual departure equivalen*) dan beban yang telah dikembangkan oleh FAA yang telah disediakan pada peraturan KP 93 2015 tentang Pedoman Teknik Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil bagian 139-24 tentang “Pedoman Perhitungan PCN Perkerasan Bandar Udara”. Bagian apendiks D.

7. Menghitung nilai PCN dengan interpolasi linier nilai ACN pesawat sesuai dengan daya dukung perkerasan hasil perhitungan.

ACN berbagai jenis pesawat dapat dilihat di Appendiks E. Interpolasi linier dilakukan berdasarkan persamaan garis lurus melalui dua titik.



Gambar 2. 159 Kurva Interpolasi Linier

Sumber: KP 93 2015

Persamaan garis lurus melalui dua titik dapat dituliskan dengan:

$$\frac{y-y_1}{y_2-y_1} = \frac{x-x_1}{x_2-x_1} \dots \dots \dots \text{Pers 2.9}$$

Sehingga diperoleh persamaan dari interpolasi sebagai berikut:

$$x = x_1 + (x_2 - x_1) \frac{y-y_1}{y_2-y_1} \dots \dots \dots \text{Pers 2.10}$$

Dimana:

- X = Nilai PCN yang akan dihitung
- X1 = ACN minimum
- X2 = Beban izin perkerasan (P)
- Y = Beban izin perkerasan (P)
- Y1 = Beban minimum pesawat (Pmin)
- Y2 = Beban maksimum (Pmaks)

Maka persamaan interpolasi untuk mencari nilai PCN dapat ditulis sebagai berikut:

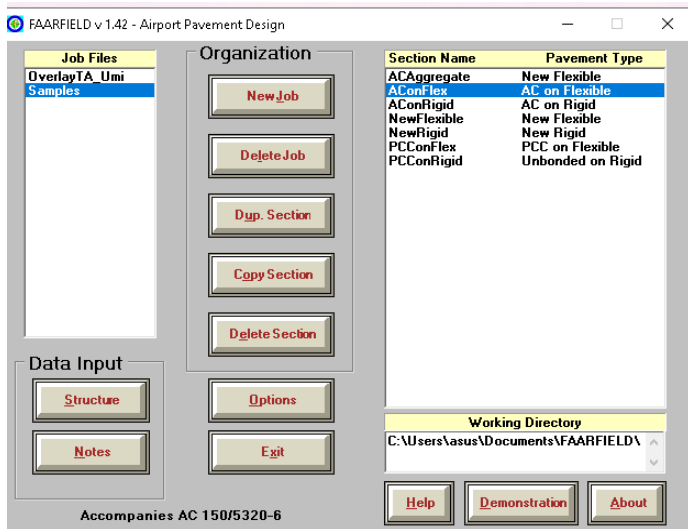
$$PCN = ACN \text{ min} + (ACN_{maks} - ACN_{min}) \frac{P - P_{min}}{P_{maks} - P_{min}}$$

2.4.3 Perencanaan Tebal Overlay Runway dengan Menggunakan Program FAARFIELD

FAARFIELD (*Federal Aviation Administration Rigid and Flexible Iterative Elastic Layered Design*) adalah perangkat lunak yang dibuat dan dikembangkan oleh FAA. FAARFIELD menerapkan prosedur *layer elastic* dan *finite element* untuk merencanakan perkerasan lentur dan kaku. Program FAARFIELD merupakan penyempurnaan dari program COMFAA karena pada FAARFIELD hanya menggunakan 1 program dan dapat berdiri sendiri. Berbeda dengan program COMFAA masih memerlukan dukungan Spreadsheet. Struktur perkerasan bandar udara didesain mengacu pada standar yang dikeluarkan oleh FAA (*Federal Aviation Administration*). FAA menyediakan panduan desain perkerasan bandara dalam Advisory Circular AC 150/5320-6F Airport Pavement Design

and Evaluation yang dikeluarkan pada tahun 2016 sebagai pembaruan pedoman AC 150/5320-6E pada tahun 2009. Advisory Circular AC 150/5320-6F menggunakan full scale test sehingga program FAARFIELD dikembangkan lagi sampai dengan saat ini menggunakan program FAARFIELD v 1.42.

Pada tampilan menu FAARFIELD terdapat beberapa pilihan untuk menyesuaikan dengan pekerjaan yang diinginkan meliputi perencanaan ulang struktur perkerasan lentur maupun kaku hingga penambahan overlay pada perkerasan eksisting. Berikut pada Tabel 3.5 penjelasan untuk pekerjaan yang diinginkan.



Gambar 2. 191 Tampilan Menu FAARFIELD

Sumber: Program FAARFIELD

Tabel 2. 9 Penjelasan Section Name

Section Name	Pavement Type	Keterangan
ACAgregate	New flexible on Aggregate base	Perkerasan baru (fleksibel/lentur) di atas <i>agregat base</i>
AconFlex	Asphalt overlay on Flexible pavement	<i>Overlay</i> (fleksibel/lentur) di atas perkerasan aspal
AconRigid	Asphalt overlay on Rigid pavement	<i>Overlay</i> (fleksibel/lentur) di atas perkerasan kaku
NewFlexible	New Flexible on stabilized base	Perkerasan baru (fleksibel/lentur) di atas <i>base</i> distabilisasi
NewRigid	New Rigid on stabilized base	Perkerasan baru (kaku/ <i>rigid</i>) di atas <i>base</i> distabilisasi
PCConFlex	PCC overlay on flexible	<i>Overlay</i> (kaku/ <i>rigid</i>) di atas perkerasan lentur (fleksibel)
PCConRigid	Unbonded PCC on rigid	<i>Overlay</i> (kaku/ <i>rigid</i>) <i>unbonded</i> di atas perkerasan kaku
Pastikan untuk memilih tipe perkerasan yang sesuai dengan kondisi eksisting atau di lapangan atau perencanaan.		

Sumber: Modul Program FAARFIELD

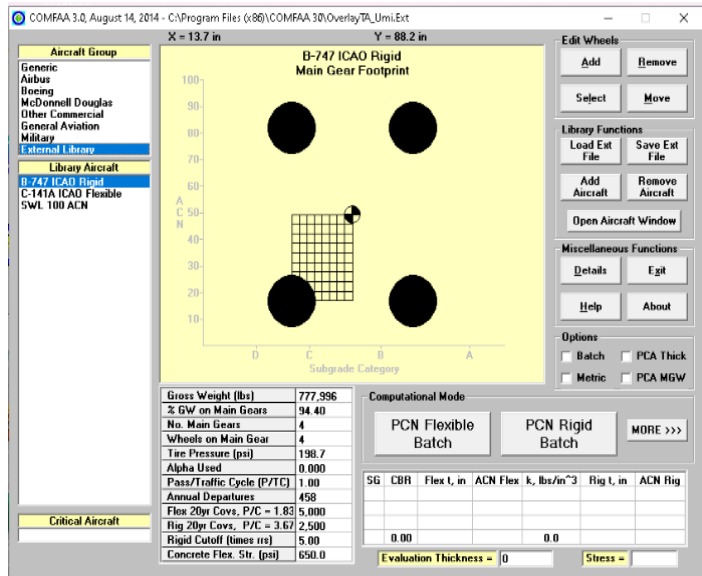
2.4.4 Perencanaan PCN Overlay dengan Menggunakan Program COMFAA

Program COMFAA merupakan program atau perangkat lunak computer yang digunakan untuk melakukan perhitungan Aircraft Classification Number (ACN) dan perhitungan desain perkerasan baik lentur maupun kaku. Program COMFAA dikembangkan dengan konsep Cummulative Damage Factor (CDF), yaitu dengan menghitung efek gabungan dari beberapa pesawat (gabungan pesawat) yang beroperasi di bandar udara. Efek dari lalu lintas gabungan ini disetarakan dengan pesawat kritis. Dengan penyetaraan tersebut, perhitungan PCN dapat mencakup dampak dari semua lalu lintas pesawat secara proporsional.

Dalam penggunaannya program COMFAA ini didukung oleh perangkat tambahan berupa Ms. Excel Spreadsheet untuk penentuan tebal ekivalen. Program dan spreadsheet secara gratis dapat diakses melalui situs resmi Administrasi Penerbangan

Federal Amerika Serikat atau FAA. Penentuan nilai PCN menggunakan program COMFAA ini mengikuti prinsip dan prosedur yang secara rinci tertera dalam standar terbaru yang diterbitkan oleh FAA pada tahun 2014 yaitu Advisory Circular/AC 150/5335-5C.

Pada program COMFAA sudah disediakan jenis-jenis pesawat pada library COMFAA yang akan digunakan untuk dicari nilai ACN atau perencanaan tebal perkerasan. Tetapi jika tidak ada konfigurasi pesawat pada *library* kita dapat menambahkan manual.



Gambar 2. 223 Tampilan Menu Software COMFAA

Sumber: Program COMFAA

Existing Pavement	Equivalent Pavement
P-4013	na
P-306	Base
P-304	Subbase
P-209	Subgrade CBR 6.0
P-208	Subgrade CBR 6.0
P-301	
P-154	

Support	Loc. ID	Loc. ID
Pavement ID	GA	RA
P-4013	P-4013	4.0 (P-209 1.6)
P-306	ECONOCORTE	
P-304	CEM. TRTD	
P-209	Cr AGG	6.0 (P-154 1.4)
P-208	Agg. P-211	
P-301	SOIL/CEM.	
P-154	Subbase	6.0
Units		English
COMFAA CBR		4.0
COMFAA Thickness		17.2 in.

Loc. ID	Pavement ID
LOC ID	GA
P-4013	5.0
P-209	8.0
P-154	30.0
Total	43.0

ENTER Ref. Section Requirements	Project Details
P-401 reference	5.00 in.
P-209 reference	8.00 in.

COMFAA Inputs

Evaluation thickness = 43.0 in.
 Evaluation CBR = 6.0
 Recommended PCN Codes: FICIX

Gambar 2. 231 Tampilan Spreadsheet COMFAA

2.5 Perencanaan Biaya Perbaikan

Rencana anggaran biaya dihitung agar dapat mengetahui perkiraan besarnya biaya yang harus dikeluarkan untuk perbaikan. Adapun perhitungan biaya perbaikan meliputi perbaikan dengan overlay dan perbaikan dengan perpanjangan runway. Dalam menghitung rencana anggaran biaya terdapat beberapa komponen perhitungan yaitu besarnya volume pekerjaan dan analisa harga satuan. Analisa harga satuan meliputi harga upah pekerja, harga bahan material, harga sewa peralatan, biaya overhead, dan biaya lain- lain.

2.6 Penelitian Terdahulu

Tugas akhir ini mengacu pada beberapa jurnal dan proyek akhir mahasiswa lain untuk memberikan referensi lebih untuk proposal tugas akhir yang saya kerjakan. Beberapa jurnal dan proyek akhir tersebut antara lain:

1. Evaluasi kekuatan perkerasan sisi udara (Runway, Taxiway, dan Apron) Bandara Juanda dengan metode perbandingan ACN-PCN, (Seno, 2015). Tugas akhir ini membahas tentang evaluasi perkerasan runway, taxiway, dan apron pada bandar udara Juanda dimana tugas akhir ini menggunakan perbandingan ACN-PCN. Hasil evaluasi dari tugas akhir ini adalah ada beberapa pesawat yang memiliki $ACN > PCN$ dan untuk hasil Sand Patch Test menunjukkan hasil < 1.5 mm dimana kondisi perkerasan dalam keadaan licin.
2. Evaluasi tebal perkerasan landas pacu pada Bandar Udara Internasional Jawa Barat Kabupaten Majalengka (Gunawan, 2019). Tugas akhir ini membahas tentang evaluasi tebal perkerasan pada runway menggunakan metode FAA (Federal Aviation Administration). Kesimpulan dari tugas akhir ini landas pacu masih dapat menampung pesawat udara yang beroperasi.
3. Analisa kekuatan perkerasan Runway, Taxiway, dan Apron (Studi Kasus Bandar Udara Soekarno Hatta dengan Pesawat Airbus A-380) (Pradana, 2019). Tugas akhir ini membahas tentang Analisa kekuatan perkerasan lentur dan kaku pada Bandara Soekarno Hatta dengan membandingkan berat pesawat A-380 dengan kapabilitas kekuatan perkerasan eksisting dan juga menggunakan perbandingan ACN-PCN pesawat. Hasil dari tugas akhir ini adalah perkerasan bandar udara Soekarno Hatta masih mampu menahan beban hingga 80.000lbs dan diperkuat dengan nilai Pavement Classification Number yang lebih besar dari nilai Aircraft Classification Number dari pesawat kritis pada bandara tersebut.
4. Evaluasi perkerasan runway, taxiway, dan apron Bandar Udara Abdurachman Saleh Malang (Fahmi, 2020). Tugas akhir ini

membahas tentang evaluasi perkerasan pada sisi udara yaitu runway, taxiway, dan apron dengan melakukan perbandingan terhadap nilai PCN- ACN. Kesimpulan dari tugas akhir ini adalah untuk pesawat yang beroperasi saat ini masih memenuhi standar. Akan tetapi untuk pesawat rencana tidak memenuhi sehingga dilakukan perencanaan overlay pada runway.

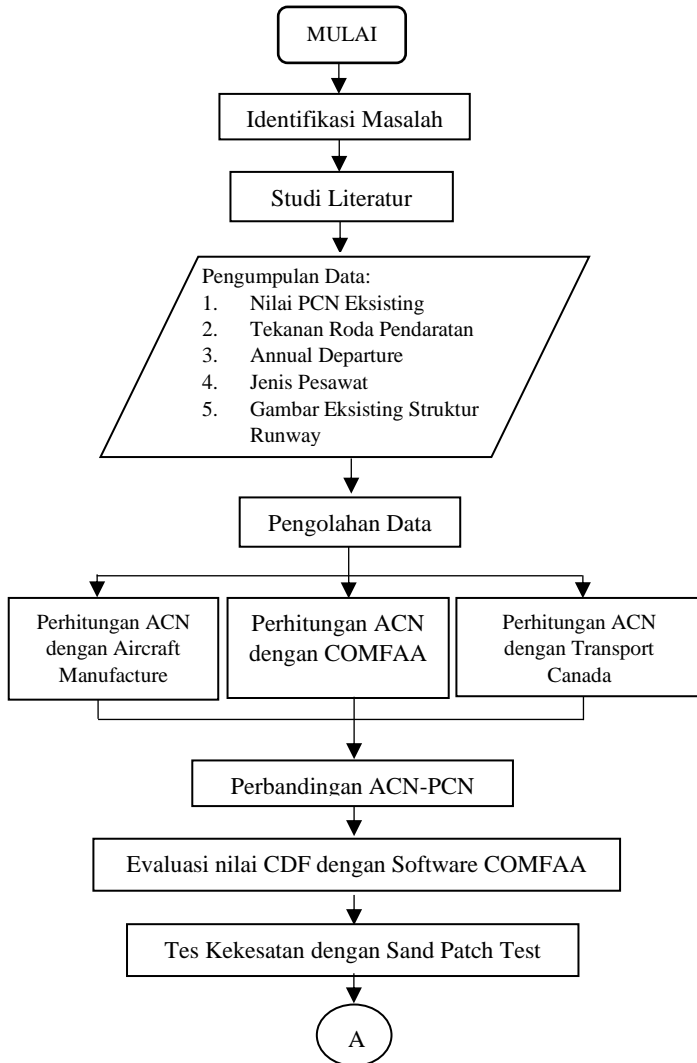
5. Evaluasi fasilitas sisi udara Bandar Udara Syamsudin Noor Banjarmasin dalam memfasilitasi pertumbuhan pergerakan pesawat (Ocherudy, 2016). Tugas akhir ini membahas tentang evaluasi dan pengembangan fasilitas sisi udara Bandara Syamsudin Noor dengan menggunakan program bantu software FAARFIELD. Hasil dari tugas akhir ini didapatkan penambahan panjang pada landasan pacu, penambahan letak hubung, dan landasan parkir.
6. Evaluasi Panjang dan Pavement Classification Number (PCN) Landas Pacu Bandar Udara I Gusti Ngurah Rai Bali (Suyastini, 2018). Tugas akhir ini membahas evaluasi Panjang dan perhitungan nilai PCN dengan dua metode yaitu metode klasik dan software COMFAA. Dan juga dilakukan perhitungan terhadap overlay dengan dua metode. Adapun hasilnya didapatkan tebal perkerasan overlay dengan metode klasik adalah 11 in dengan PCN 88 dan metode COMFAA didapatkan tebal perkerasan overlay yaitu 7,25 in dengan nilai PCN 90.
7. Evaluasi Struktur Perkerasan Critical Area Runway dan Taxiway Bandar Udara Juanda Surabaya (Prakoso, 2021). Tugas akhir ini membahas evaluasi struktur perkerasan critical area runway dan taxiway dengan beberapa tinjauan. Hasil dari tugas akhir ini terdapat beberapa pesawat yang mempunyai nilai $ACN > PCN$. Adapun nilai $CDF > 1$. Sehingga diperlukan perbaikan dengan overlay. Dihitung menggunakan dua metode klasik dan software FAARFIELD dan COMFAA. Didapatkan overlay sebesar 6 cm.
8. Analisis Perbandingan Metode Desain Perkerasan Bandar Udara Antara Metode Grafis dan Software FAARFIELD Studi Kasus Bandara Juanda (Rezki, 2016). Tugas akhir ini mengevaluasi perkerasan bandara yang dirancang oleh grafik dan

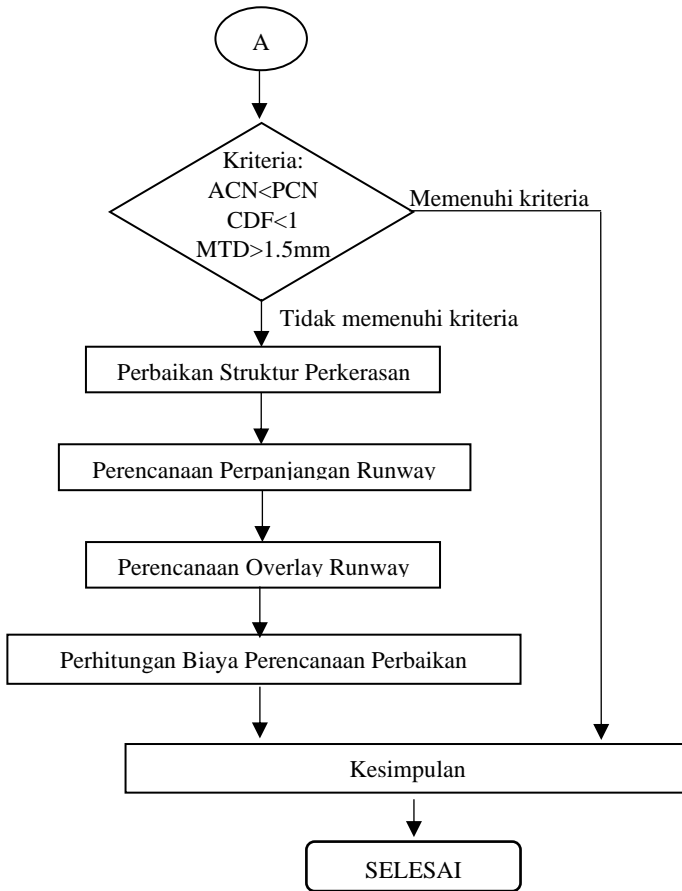
membandingkan persyaratan ketebalan itu apabila menggunakan software. Hasil dari tugas akhir ini didapatkan perbedaan ketebalan perkerasan pada perkerasan lentur yaitu 127cm dan 115 cm menggunakan metode FAARFIELD. Sedangkan untuk perkerasan kaku didapatkan tebal 76,5 cm untuk metode grafis dan 77 cm untuk metode FAARFIELD.

9. Perencanaan Overlay Landas Pacu di Bandara Udara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang (Ananto,2021). Tugas akhir ini membahas tentang perencanaan overlay , penentuan tebal overlay, dan perencanaan anggaran biaya (RAB). Hasil dari tugas akhir ini diperoleh tebal lapis overlay 7,5 cm dengan biaya RAB sebesar Rp.44.971.909.400.
10. Perencanaan dan Estimasi Biaya Pengembangan Runway, Apron, dan Taxiway Bandar Udara Notohadinegoro Kabupaten Jember (Nuranditasari,2019). Tugas akhir ini membahas tentang perencanaan pengembangan bandar udara dan estimasi biaya yang dibutuhkan. Pengembangan dilakukan pada runway dan apron. Untuk perhitungan tebal dilakukan dengan tiga metode CBR, FAA, dan LCN. Digunakan tebal LCN sebagai tebal minimum yaitu 60.96cm. Maka untuk hasil RAB yaitu Rp. 82.321.731.141.

BAB III METODOLOGI

3.1 Metode Pengerjaan Tugas Akhir





Gambar 3. 1Flowchart Metodologi

3.2 Uraian dan Rincian Skematik Diagram

Berikut merupakan uraian dan rincian dari alur pengerjaan proposal tugas akhir:

1. Identifikasi Masalah

Mengidentifikasi potensi masalah yaitu belum pernah ada kajian terhadap PCN dari fasilitas sisi udara Runway, Taxiway, dan Apron terhadap ACN dan tekanan roda pesawat terhadap perkerasan sisi udara.

2. Studi Literatur

Dalam penyusunan proposal tugas akhir ini dilakukan pengumpulan beberapa acuan teori yang berkaitan dengan permasalahan yang ada. Berikut ini merupakan beberapa referensi yang akan menjadi acuan dalam Proposal tugas akhir ini.

- Federal Aviation Administration (FAA)- Advisory Circular No 150/5320-6F, Airport Pavement Design and Evaluation. 2016
- Federal Aviation Administration (FAA)- Advisory Circular No 150/5300- 13A, Airport Design. 2014
- KP No 93 tahun 2015 tentang Pedoman Teknis Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139-24 dan Perhitungan PCN Perkerasan Prasarana Bandar Udara
- Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2018 “Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan”

3. Pengumpulan Data

Mengumpulkan data jenis pesawat, frekuensi, PCN, tekanan roda pendaratan, MTOW pesawat, data PCN perkerasan dan data rute eksisting bandara.

- #### 4. Melakukan cross check dan validasi atas seluruh data yang terkumpul. Untuk data jenis pesawat akan di cek dengan situs internet yang menampilkan lalu lintas udara secara realtime (live air traffic). Data tekanan roda akan di cek dengan form checklist harian dari masing-masing maskapai. Data MTOW akan di cek dengan spesifikasi teknis dari pabrik pembuat pesawat yang bersangkutan. Data PCN akan di cek dengan buku AIP (Aeronautical Information Publication) edisi terbaru yang diterbitkan oleh Dirjen Perhubungan Udara.

5. Pengolahan Data

Perhitungan ACN menggunakan tiga metode yaitu *Aircraft Manufacture*, *Software COMFAA*, dan *Canadian Departement Of Transportation*.

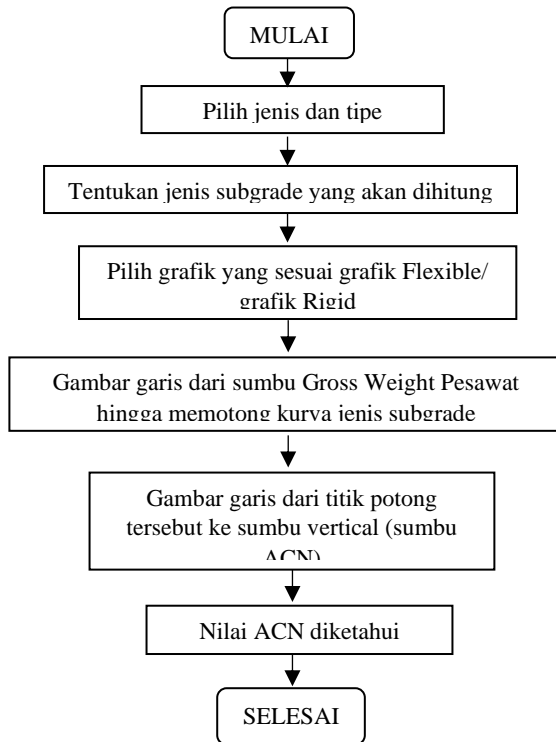
6. Melakukan analisis perbandingan antara nilai ACN -PCN. Seluruh perbandingan tersebut dilakukan terhadap perkerasan lentur, perkerasan kaku, dan pada seluruh fasilitas sisi udara yakni *Runway*, *Taxiway*, dan *Apron*.
7. Melakukan evaluasi nilai CDF terhadap runway. Jika nilai CDF >1 maka akan dilakukan perencanaan perbaikan.
8. Melakukan uji kekesatan pada *Runway*, *Taxiway*, dan *Apron* dengan *Sand Patch Test*. Apabila hasil dari sand patch test $<1.5\text{mm}$ maka akan dilakukan perbaikan perkerasan dengan overlay.
9. Melakukan perhitungan tebal overlay dengan metode klasik dan metode FAARFIELD.
10. Perhitungan terhadap biaya perbaikan dilakukan untuk mengetahui volume pekerjaan dan harga satuan pekerjaan yang meliputi bahan, alat, dan tenaga kerja.

3.3 Metode Perhitungan ACN

Dari semua data yang didapatkan, langkah selanjutnya yaitu menghitung nilai ACN dari masing- masing jenis pesawat yang beroperasi di Bandar Udara APT Pranoto Samarinda untuk perkerasan kaku maupun perkerasan lentur. Adapun metode yang digunakan untuk menghitung ACN yaitu Metode *Aircraft Manufacture*, *Software COMFAA*, dan Menggunakan metode Transport Canada.

3.3.1 Metode Aircraft Manufacturer

Dengan menggunakan grafik dari pembuat pesawat kita dapat menentukan nilai ACN sebuah pesawat. Data yang diperlukan untuk menghitung dengan metode *Aircraft Manufacture* adalah berat kotor pesawat dan jenis subgrade yang beroperasi pada Bandar Udara APT Pranoto Samarinda.



Gambar 3. 2 Flowchart perhitungan ACN dengan Metode Aircraft Manufacturer

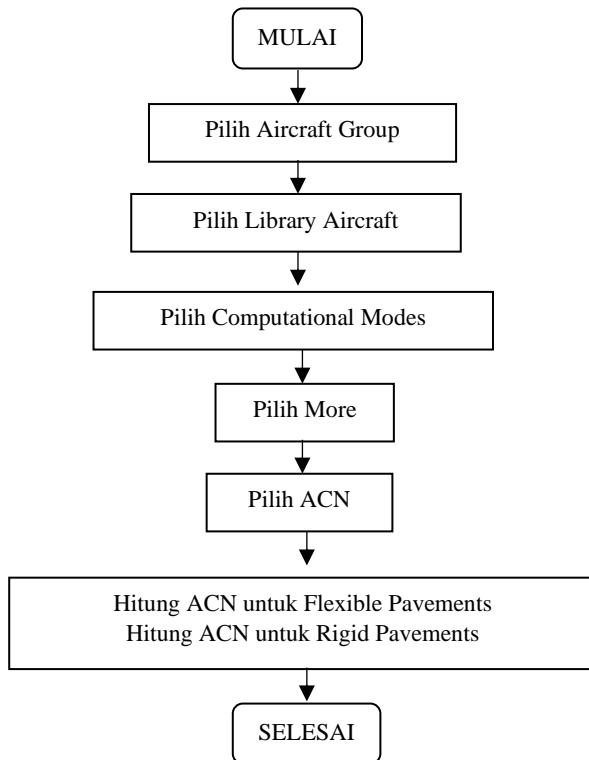
3.3.2 Metode Software COMFAA

COMFAA merupakan program perangkat lunak yang dikembangkan oleh FAA yang digunakan untuk menghitung perkerasan runway, taxiway, dan apron baik itu perkerasan kaku maupun perkerasan lentur yang mencakup jenis pesawat Antonov, Airbus, Boeing, Canadair, Ilyusin, Lockheed- Martin, dan lain sebagainya.

Program COMFAA telah menyediakan beberapa jenis pesawat beserta data teknisnya yang sudah ada di *library* pada program tersebut.

Untuk jenis pesawat yang tidak tercantum dalam *library* COMFFA, maka kita harus mencari informasi data teknis pesawat tersebut dan memasukkan data tersebut ke dalam program COMFAA. Dimana untuk selanjutnya program akan menghitung sendiri nilai ACN dari pesawat tersebut. Adapun tahapan perhitungan ACN dengan Software COMFAA adalah sebagai berikut:

A. Jenis pesawat sudah tersedia di library COMFAA



Gambar 3. 3 Flowchart perhitungan ACN dengan Metode Software COMFAA

1. Menentukan grup pesawat (*military, general aviation, boeing, dsb*) yang posisinya terletak pada bagian kiri tampilan program, kemudian dilanjutkan dengan menentukan jenis pesawat.
2. Pada tampilan di tengah terdapat gambar dua lingkaran warna hitam. Gambar tersebut merupakan default konfigurasi roda pendaratan yang dimiliki oleh jenis pesawat yang telah kita pilih.
3. Kemudian pada tampilan “*computational modes*” dipilih “*more*” di sisi kanan bawah yang menyebabkan pergantian tampilan “*computational modes*” menjadi beberapa pilihan yaitu *ACN, PCN, MGW, Thickness, Flexible, Rigid*, dan lain sebagainya.
4. Pada kelompok “*computational modes*”, pilih mode “*ACN*” dan selanjutnya pilih tombol “*flexible*” jika perkerasan kita berupa beton aspal atau dapat memilih “*rigid*” jika perkerasan kita berupa rigid beton.

Nilai ACN untuk perkerasan kaku (*rigid*) dan lentur (*flexible*) ditampilkan dalam satu tabel. Untuk perkerasan lentur, nilai ACN yang dibaca adalah semua angka di bawah kolom “*ACN Flex*” sedangkan untuk perkerasan kaku, nilai ACN yang dibaca adalah semua angka di bawah kolom “*ACN Rig*”.

The screenshot shows the COMFAA software interface. On the left, there is a sidebar for aircraft selection with a list of aircraft models. In the center, there is a main gear footprint diagram showing two black circles representing the landing gear. On the right, there is a sidebar for computational modes with a table of parameters.

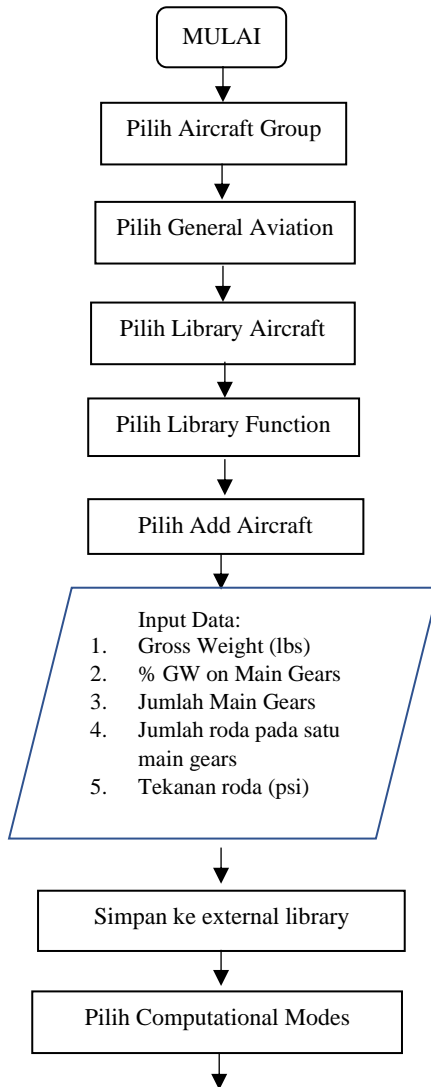
Annotations on the screenshot indicate the following steps:

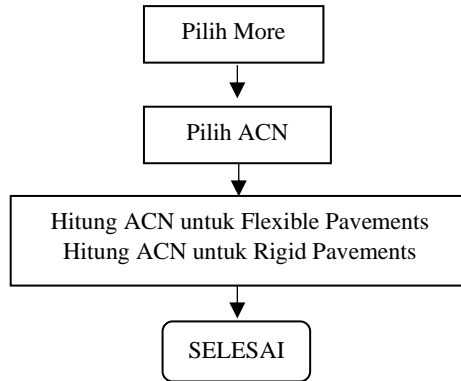
1. Pilih pabrik pesawat (Select aircraft manufacturer)
2. Pilih pesawat (Select aircraft)
3. Klik untuk mode ACN (Click for ACN mode)
4. Nilai PCN pesawat (Aircraft PCN value)

The table in the bottom right corner of the screenshot shows the following data:

	SS	CBR	Flex L, m	2N Flex k	2N Flex k	Base/3	Rig L, m	N Rig
Annual Disaggregates	100	42.40	41.4	23.7	12.95	41.8		
Flex 200k Coes. P/C	5.0	27.84	27.4	147.4	11.92	44.9		
Rig 200k Coes. P/C	10.0	19.72	33.3	294.7	11.03	38.5		
Rigid Catfcl (Items)	15.0	15.09	43.9	567.6	13.26	34.5		

Gambar 3. 4 Langkah mencari ACN dengan Software COMFAA

B. Jenis pesawat yang tidak tersedia di library COMFAA



Gambar 3. 5 Flowchart Menghitung ACN Pesawat Tidak Terdapat di Library Software COMFAA

1. Memilih grup pesawat “General Aviation” yang terletak di bagian kiri tampilan progma, kemudian dilanjutkan dengan memilih template jenis pesawat di bagian “Library Aircraft”. Sebagai contoh akan kita hitung ACN dari pesawat Aerospatiale ATR 72-600 karena di COMFAA tidak tersedia.
2. Selanjutnya memilih tipe/seri pesawat “Dual Wheel 40” karena roda pendaratan ATR72 adalah tipe dual wheel, angka 40 adalah berat pesawat dalam ribuan lbs. Nantinya angka ini akan disesuaikan dengan berat ATR72. Tambahkan jenis pesawat di “Library Function” dengan memilih “Add Aircraft”. Pada menu yang muncul kita isi dengan ATR72. Lalu template ini disimpan dengan memilih tombol ok “Save Ext File”.
3. Pada tampilan di tengah terdapat gambar dua lingkaran berwarna hitam, gambar ini adalah default konfigurasi roda pendaratan yang dimiliki oleh jenis pesawat yang kita pilih.
4. Kemudian pada tampilan “Computational Modes” dipilih “More” di sisi kanan bawah. Selanjutnya akan muncul beberapa pilihan yaitu ACN, PCN, MGW, thickness, Flexible, Rigid, dan lain- lain.
5. Pada tampilan “Computational Modes” dipilih mode “ACN” dan selanjutnya pilih tombol “Flexible” untuk

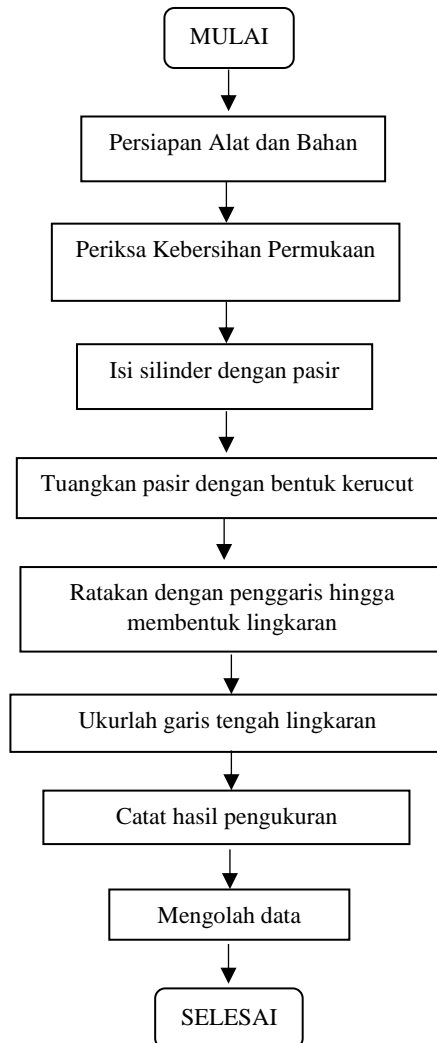
perkerasan lentur dan tombol “Rigid” untuk perkerasan kaku.

6. Untuk data yang perlu dimasukkan secara manual adalah data berat kotor pesawat (gross weight) dalam satuan lbs, data tekanan roda pendaratan (tire pressure) dalam satuan psi, presentase berat kotor yang tertumpu pada roda pendaratan (% GW on Main Gears).
7. Setelah data di atas diisikan, Nilai ACN untuk Flexible dan Rigid Pavement bisa langsung diketahui.

3.3.3 Metode Transport Canada

Metode Transport Canada telah menghitung ACN pesawat dan dipublikasikan secara bebas. Sehingga kita hanya perlu melakukan perbandingan terhadap ACN yang telah ditetapkan oleh Transport Canada dengan nilai PCN eksisting.

3.4 Sand Patch Test



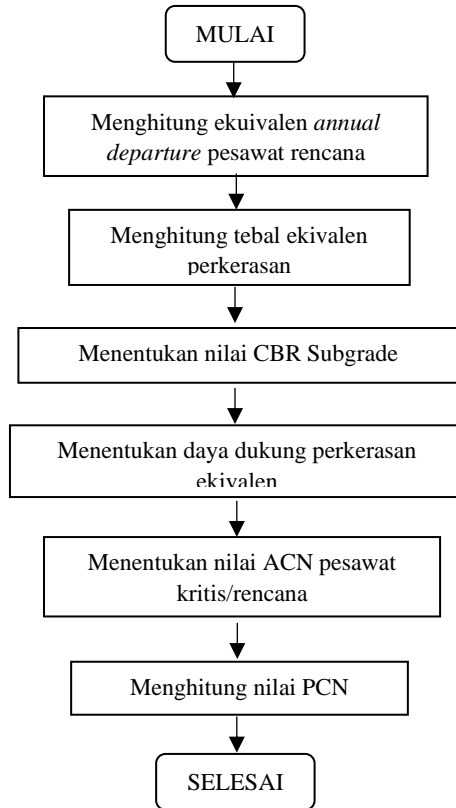
Gambar 3. 6 Flowchart Sand Patch Test

Adapun prosedur pengujian Sand Patch Test adalah sebagai berikut:

1. Isi silinder dengan pasir dan ketuk-ketuk secara ringan hingga pasir berhenti memadat. Isi silinder hingga penuh dan sapu rata dengan hati-hati permukaan silinder dengan papan penggaris.
2. Tuangkan pasir dengan bentuk kerucut pada tengah-tengah daerah yang akan diperiksa. Apabila keadaan berangin disarankan menggunakan ban atau penyekat angin mengelilingi pasir tersebut.
3. Dengan menggunakan papan penggaris, sebarkan pasir dalam bentuk lingkaran hingga cekungan-cekungan permukaan diisi rata.
4. Kemudian ukurlan garis tengah jejak lingkaran, dua kali, arah dari pengukuran yang kedua kira kira tegak lurus dengan arah pengukuran yang pertama. Lalu ambil nilai rata-rata dari pengukuran tersebut untuk memberikan nilai D yang merupakan garis tengah lingkaran pasir.
5. Setelah nilai D didapat, kemudain diolah sehingga didapat nilai kedalan tekstur atau *Mean Texture Depth (MTD)*.

3.5 Perencanaan tebal struktur Runway Metode Empiris/Klasik

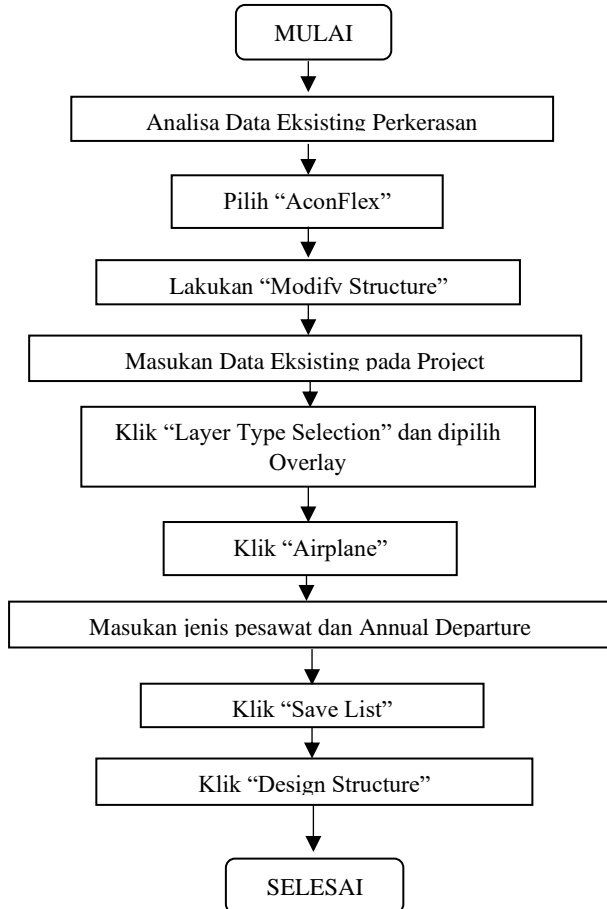
Dengan cara perhitungan klasik kita akan mengetahui konfigurasi ketebalan dari perkerasan yang direncanakan dengan menggunakan data yang telah dianalisa.



Gambar 3. 7 Flowchart perhitungan Overlay Metode Empiris/Klasik

3.6 Perencanaan overlay Runway dengan Software FAARFIELD

Dalam menentukan tebal lapisan aspal baru (*overlay*) menggunakan program FAARFIELD terdapat beberapa tahapan perhitungan.

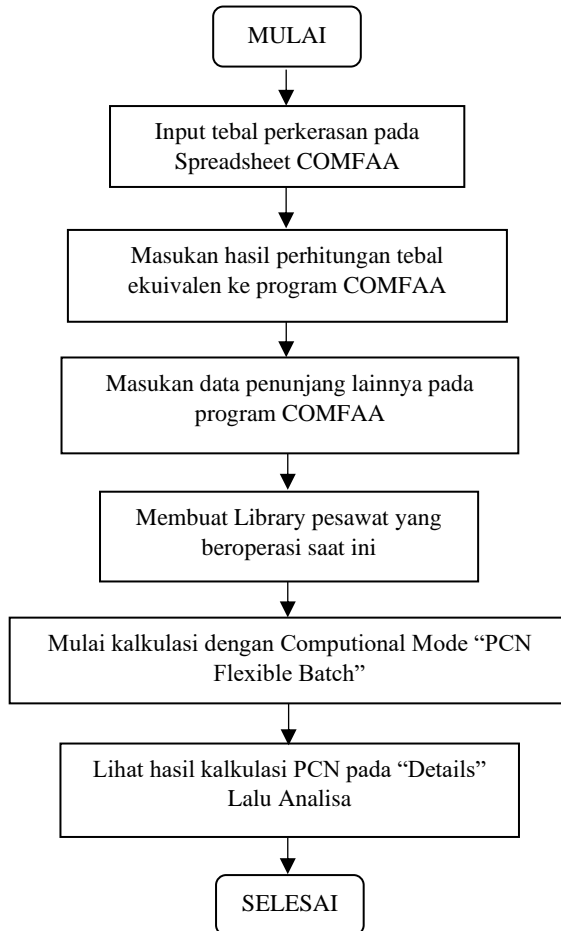


Gambar 3. 8 Flowchart perhitungan tebal overlay dengan Software FAARFIELD

Adapun penjelasan adalah sebagai berikut:

1. Analisa struktur dan tebal perkerasan eksisting dari data yang telah diberikan oleh Kantor UPBU APT Pranoto.
2. Pada menu FAARFIELD buat perkerasan eksisting untuk desain overlay, pilih dari "*Samples*", pilih "*AConFlex*", klik "*Copy Section*", dan selanjutnya klik "*Structure*".
3. Masukkan urutan struktur dan tebal perkerasan eksisting pada kolom yang disediakan jika berbeda dengan kondisi eksisting maka klik "*Modify Structure*" untuk mengubah susunan lapis perkerasan runway. Lalu checklist bagian "*Overlay*".
4. Setelah selesai memodifikasi, klik "*Airplane*" lalu masukan jenis pesawat dan *annual departure* setiap pesawat. Kemudian klik "*savelist*".
5. Klik "*Design Structure*" untuk melihat ketebalan overlay yang diperlukan.
6. Ketebalan untuk *overlay* dapat diketahui pada kolom *thickness* pada layer perkerasan atas. Lalu kita cek bagaimana angka CDF hasil dari Analisa pada *CDF graph*.

3.7 Perencanaan PCN overlay Runway dengan Software COMFAA



Gambar 3. 16 Flowchart perhitungan PCN dengan Software COMFAA

Untuk menentukan nilai PCN dengan program COMFAA yaitu dengan memasukkan hasil perhitungan struktur dari FAARFIELD dan menganalisisnya. Untuk nilai “*Thickness for Total Equiv. Covs*” dan nilai CDF jika semakin kecil rentang/seragam nilai “*Thickness for total equiv.Covs*” dan semakin CDF mendekati angka 1, maka perhitungan *overlay* tersebut sudah bias dipakai. Sebaliknya jika rentang nilai “*Thickness for total equiv.Covs*” semakin besar dan nilai CDF semakin kecil atau menjauhi angka 1, maka hasil perhitungan *overlay* tersebut *Overdesign* (terlalu boros) sehingga dapat dianggap kurang valid untuk menilai kondisi perkerasan. Untuk langkah-langkah menghitung nilai *overlay* menggunakan program COMFAA adalah sebagai berikut:

1. Masukan data eksisting perkerasan yang sudah ditambah tebal rencana *overlay* pada Spreadsheet COMFAA sheet “*FlexPCN*”. Penambahan tebal rencana pada *surface* atau P-401 lapisan teratas perkerasan lentur.
2. Setelah memasukkan tebal perkerasan selanjutnya pada tampilan sheet “*FlexPCN*” akan otomatis terhitung total tebal ekuivalen struktur. Nilai total ekuivalen struktur tersebut dimasukkan ke dalam tabel “*evaluation thickness*” pada program COMFAA.
3. Masukkan data CBR *subgrade* pada kolom “CBR”.
4. Membuat *library* pesawat sesuai dengan pesawat yang beroperasi saat ini dan pesawat rencana. Kemudian memasukkan data *Annual Departure* dan mengecek kesesuaian data lainnya.
5. Kemudian kalkulasi nilai PCN dengan mengatur “*computational mode*” ke “*PCN Flexible Batch*” dan tunggu hasil kalkulasinya.

6. Hasil kalkulasi berupa tabel dan berada pada tampilan "*details*". Kemudian lakukan Analisa pada pesawat kritis. Lakukan analisa pada "*Thickness for total equiv.Covs*" apakah sudah seragam atau tidak dan lakukan analisa pada CDF apakah sudah mendekati 1 atau tidak.

BAB IV ANALISA DATA

4.1 Umum

Pada bab ini akan dilakukan analisa data untuk menunjang pembahasan pada analisa perbandingan ACN terhadap PCN, pengetesan kekesatan dengan metode *Sand Patch Test*, perhitungan perencanaan overlay dari runway bandara. Analisa data yang telah diberikan oleh Kantor Unit Penyelenggara Bandar Udara APT Pranoto Samarinda akan dianalisa terlebih dahulu dan dicantumkan pada bab ini.

Adapun beberapa analisis yang akan dilakukan sebagai berikut:

- Analisa *Runway*, *Taxiway*, dan *Apron*
- Data jenis pesawat
- Pergerakan pesawat

4.2 Karakteristik Runway, Taxiway, dan Apron

Pada bandara terdapat karakteristik perkerasan, fungsi, dan nilai PCN yang berbeda. Berikut ini nilai PCN dari masing-masing komponen fasilitas sisi udara.

Runway : 56/F/C/X/T

Taxiway: 56/F/C/X/T

Apron : 58/R/B/X/T

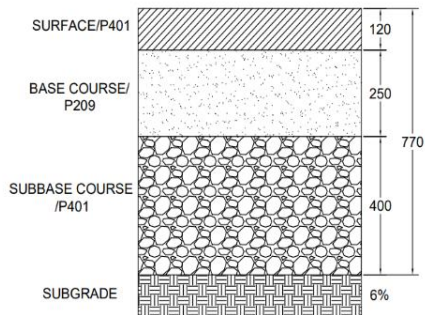
4.2.1 Runway

Karakteristik Runway Bandara APT Pranoto adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1 Karakteristik Runway

Jenis Perkerasan	Perkerasan Lentur
Arah Runway	04-22
Panjang Runway	2250 m
Lebar Runway	45 m

Sumber: UPBU APT Pranoto, 2021



Gambar 4. 1 Struktur Runway Eksisting

4.2.2 Taxiway

Karakteristik Taxiway Bandara APT Pranoto adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 2 Karakteristik Taxiway

Jenis Perkerasan	Perkerasan Lentur
Panjang Taxiway	173 m
Lebar Taxiway	23 m

Sumber: UPBU APT Pranoto, 2021

4.2.3 Apron

Karakteristik Apron Bandara APT Pranoto adalah sebagai berikut.

Tabel 4. 3 Karakteristik Apron

Jenis Perkerasan	Perkerasan Kaku
Panjang Apron	300 m
Lebar Apron	123 m

Sumber: UPBU APT Pranoto, 2021

4.3 Jenis Pesawat

Pesawat yang beroperasi pada Bandara APT Pranoto saat ini adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 4Jenis Pesawat yang Beroperasi

Jenis Pesawat	Kode FAA	MTOW	MLW	Panjang Pesawat	Lebar Pesawat	Tipe Roda Pesawat	Jumlah Roda	Tire Pressure
		Tons	Tons	(m)	(m)		Pendaratan	Psi
Airbus A320	A320	77	64,5	37,57	34,1	Dual Tandem	10	208,9
Bombardier CRJ1000	CRJ1000	41,6	36,9	39,1	26,2	Dual Wheel	6	193
Boeing 737-900ER	B737900ER	85,2	71,4	42,1	35,8	Dual Wheel	6	220
Boeing 737-500	B735	60,5	49,09	31,2	34,3	Dual Wheel	6	164
Aerospatiale ATR 72	ATR 72	22,8	22,35	27,17	27,05	Dual Wheel	6	114,58
Aerospatiale ATR 42	ATR 42	18,6	18,3	22,67	24,57	Dual Wheel	6	104,4
Cessna C208	C208	3,99	3,86	12,67	15,87	Single Wheel	3	87,02

Sumber: Spesifikasi Pesawat

Berdasarkan data pergerakan pesawat tahunan Bandara APT Pranoto, pesawat kritis yang beroperasi pada runway Bandara APT Pranoto adalah Boeing 737-900ER. Namun akan ada penambahan pesawat dikarenakan rencana Bandara APT Pranoto akan menjadi bandara Internasional demi mendukung rencana pemindahan ibukota ke Kalimantan Timur.

Untuk pesawat rencana yang akan beroperasi yaitu pesawat Airbus 330-200. Pesawat Airbus 330-200 mempunyai spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 4. 5 Karakteristik Pesawat Airbus A330-200

Karakteristik Pesawat	
Model Pesawat	Airbus 330-200
Kode Pesawat (FAA)	A332
Panjang (m)	58,82
Lebar Sayap (m)	60,3
Tire Pressure (Psi)	205,95
Operating Empty Weight (OWE) (kg)	120.150
MTOW (Maximum Take-Off Weight) (kg)	233.000
MLW (Maximum Landing Weight) (kg)	180.000
MTW (Maximum Taxi Weight)	230.900
ARFL (Aerodrome Reference Field Length) (m)	2220
ARC (Aerodrome Reference Code)	4E
Kapasitas Penumpang	253
Tipe Roda Pendaratan	Dual Tandem

Sumber: Airbus Commercial Aircraft, 2020

4.4 Annual Departure dan Annual Growth

Berikut adalah pergerakan tahunan setiap pesawat yang beroperasi di Bandara APT Pranoto pada tahun 2018 -2020.

Tabel 4. 6Annual Departure Tahun 2018- 2020

No	Bulan	Annual Departure		
		2018	2019	2020
1	Januari	56	684	1120
2	Februari	68	782	998
3	Maret	166	818	874
4	April	202	940	292
5	Mei	290	974	14
6	Juni	276	1136	206
7	Juli	300	1210	548
8	Agustus	262	1222	528
9	September	262	860	444
10	Oktober	272	1088	409
11	November	348	706	600
12	Desember	668	600	614
	Jumlah	3.170	11020	6647

Sumber: UPBU APT Pranoto, 2021

Annual Departure berdasarkan jenis pesawat tahun 2019

Tabel 4. 7 Annual Departure Tahun 2019

Jenis Pesawat	Kode FAA	Annual Departure
Airbus A320	A320	4918
Bombardier CRJ1000	CRJ1000	220
Boeing 737-900ER	B7R	2256
Boeing 737-500	B735	869
Aerospatiale ATR 72	ATR 72	790
ATR 42	ATR 42	1147
Cessna C208	C208	781

Sumber: UPBU APT Pranoto, 2021

Annual departure pesawat rencana Airbus 330-200 diasumsikan pesawat akan beroperasi setiap hari dan 2 kali penerbangan. Sehingga diasumsikan bahwa annual departure dari pesawat Airbus 330-200 adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 8 Annual Departure pesawat rencana

Pesawat Rencana		
Airbus 330-200	A332	730

Annual growth pesawat diperlukan untuk mengetahui peningkatan penerbangan pada Bandara APT Pranoto. Dalam pengerjaan terdapat sedikit penyesuaian yang dilakukan. Hal tersebut dikarenakan pada tahun 2020 terjadi wabah Covid-19 yang menyebabkan penurunan yang cukup signifikan terhadap aktivitas penerbangan.

Dalam menghitung annual growth data pada annual departure tahun 2020 diproyeksikan berdasarkan hanya pada data bulan Januari, Februari, dan Maret. Adapun pengerjaan adalah sebagai berikut:

Data Annual Departure

Januari = 1.120

Februari = 998

Maret = 874

Total Annual Departure Januari + Februari + Maret = 2.292

Kemudian diproyeksikan untuk data selama satu tahun

$2.292 \times 4 = 11.968$

Sehingga untuk Annual Departure tahun 2020 adalah 11.968.

Tabel 4. 9Annual Growth

Tahun	Pergerakan Total Pesawat	Kenaikan/Penurunan Penerbangan (%)
2018	3170	-
2019	11020	8.60
2020	11968	

4.5 Data HSPK

Data HSPK yang digunakan adalah data HSPK dari Kabupaten Kutai Timur. Data ini digunakan untuk menghitung rencana anggaran biaya (RAB) pada overlay/ penambahan lapisan dan perpanjangan runway. Data ini meliputi harga satuan bahan, alat, dan tenaga kerja. Berikut data HSPK yang dipakai untuk perbaikan runway.

Tabel 4.10 Data HSPK Kabupaten Kutai Timur

No	Komponen	Satuan	Harga Satuan (Rp)
A TENAGA			
1	Pekerja	OH	149507.53
2	Mandor	OH	189759.56
3	Juru Ukur	OH	189759.56
B BAHAN			
1	Aspal	Kg	10690.15
2	Minyak tanah	Liter	15297.94
3	Semen	sak	101743.24
4	Agregat Kasar	m3	534125.96
5	Agregat Halus	m3	534125.96
6	Cat Marka Jalan	m2	488232.13
7	Thinner A	Liter	48280.73
8	Agregat Kelas A	m3	890209.93
C PERALATAN			
1	Waterpass	Hari	163937.50
2	Theodolite	Hari	273193.00
3	Compressor	Jam	244767.04
4	Asphalt Sprayer	Jam	108170.54
5	Genset	Jam	645876.87
6	Ashpalt Finisher	Jam	688732.80
7	Tandem Roller	Jam	390151.72

8	Pnuematic Tire Roller	Jam	710323.51
9	Wheel Loader	Jam	678642.67
10	Ashpalt Mixing Plant	Jam	10874340.09
11	Dump Truck	Jam	448088.60
12	Motor Grader	Jam	891728.87
13	Water Tanker	Jam	640343.57
14	Batching Plant	Jam	584685.11
15	Vibrator Roller	Jam	615280.99

“Halaman sengaja dikosongkan”

BAB V PEMBAHASAN

5.1 Umum

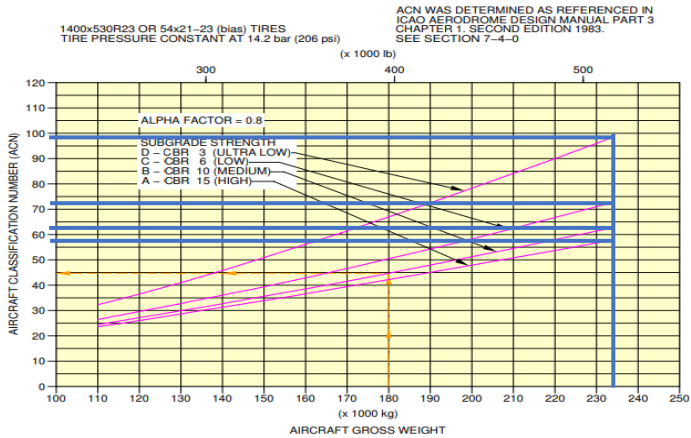
Pada bab ini akan membahas tentang analisa perbandingan ACN terhadap PCN, pengetesan kekesatan dengan metode *Sand Patch Test* dan juga perhitungan perencanaan *overlay* pada *runway* bandara.

5.2 Analisa Perbandingan ACN-PCN

Untuk melakukan perbandingan hal pertama yang harus dilakukan yaitu mencari nilai ACN setiap pesawat yang beroperasi di bandara. Untuk mencari nilai ACN pada setiap pesawat dilakukan dengan beberapa metode yang bertujuan untuk mencari nilai ACN tertinggi. Adapun beberapa metode untuk mencari ACN yang akan dilakukan yaitu metode *Aircraft Manufacture*, menggunakan Program COMFAA, dan memakai tabel dari *Canadian Departemen of Transportation*.

5.2.1 Menentukan Nilai ACN Metode Aircraft Manufacture

Sebagaimana telah dijelaskan pada Bab 2.2 dan Bab 3.3.1 tentang mennetukan nilai ACN *Metode Aircraft Manufacture*. Menentukan nilai ACN dengan metode *Aircraft Manufacture* dianalisa menggunakan grafik yang telah disusun oleh pabrik pembuat pesawat. Data pesawat berupa *gross weight* atau berat *MTOW* dan data jenis lapisan tanah dasar (*subgrade*) digunakan untuk mencari nilai ACN pada perkerasan lentur dan kaku setiap pesawat yang beroperasi pada Bandara APT Pranoto. Berikut contoh analisa nilai ACN untuk pesawat Airbus 330-200 dengan nilai *gross weight* sebesar 233 Tons.



Gambar 5. 1 Nilai ACN Metode Aircraft Manufacture Pesawat A330-200
Flexible Pavement

Berdasarkan analisa tersebut maka diketahui nilai ACN pesawat Airbus 330-200 untuk kategori CBR subgrade 6%= 71. Dengan cara yang sama dengan gambar, berikut hasil rekap analisa nilai ACN untuk tiap pesawat menggunakan metode Aircraft Manufacture:

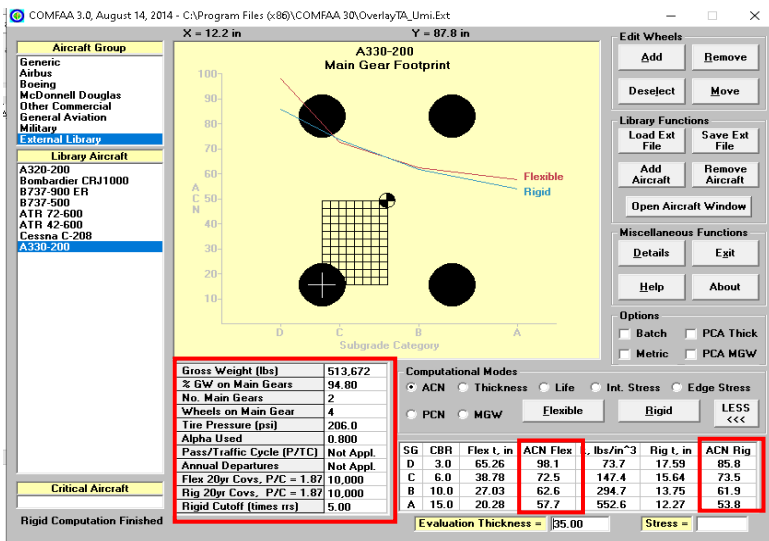
Tabel 5. 1 Nilai ACN Aircraft Manufacturer perkerasan lentur dan kaku setiap pesawat

No	Jenis Pesawat	Kode FAA	Nilai ACN				Nilai ACN			
			Perkerasan Lentur				Perkerasan Kaku			
			A	B	C	D	A	B	C	D
1	Airbus A320	A320	41	42	47	53	46	49	51	53
2	Bombardier CRJ1000	CRJ1000	21	22	25	28	25	26	27	28
3	Boeing 737-900ER	B739ER	48	51	56	61	49	52	54	56
4	Boeing 737-500	B735	32	33	37	41	37	38	40	42
5	Aerospatiale ATR 72	ATR 72	11	12	14	15	13	13	14	15
6	Aerospatiale ATR 42	ATR 42	9	10	11	13	10	11	12	12
7	Cessna C208	C208	6	7	7	8	6	6	7	7
Pesawat Rencana										

8	Airbus A330-200	A332	57	62	71	96	53	61	72	84
---	--------------------	------	----	----	----	----	----	----	----	----

5.2.2 Menentukan Nilai ACN Metode Program COMFAA

Sebagaimana telah dijelaskan pada Bab 2.2 dan Bab 3.3.2 tentang menentukan nilai ACN metode Program COMFAA. Pada program COMFAA, nilai ACN dianalisa pada ACN *computation mode* untuk *flexible pavement* dan *rigid pavement*. Dengan menggunakan data pesawat yang ada pada tabel 4.4 yaitu data jenis/tipe pesawat dan data teknis pesawat untuk mencari nilai ACN pada perkerasan lentur dan kaku setiap pesawat yang beroperasi pada bandara APT Pranoto. Berikut ini adalah contoh tampilan dari program COMFAA dalam analisa nilai ACN pesawat Airbus A330-200 dengan nilai *gross weight* 233 tons (513672 lbs):



Gambar 5. 9 Tampilan Nilai ACN pada Software COMFAA untuk pesawat A330-200

Berdasarkan analisa diatas maka diketahui nilai ACN pesawat Airbus 330-200 untuk kategori CBR Subgrade 6% = 72,5. Dengan cara yang sama , berikut adalah hasil rekap nilai ACN dengan program COMFAA:

Tabel 5. 2 Nilai ACN Software COMFAA perkerasan lentur dan kaku setiap pesawat

N O	Jenis Pesawat	Kode FAA	Nilai ACN Perkerasan Lentur				Nilai ACN Perkerasan Kaku			
			A	B	C	D	A	B	C	D
1	Airbus A320	A320	38.5	40	44.4	50.2	43.5	46	48.	50.4
2	Bombardier CRJ1000	CRJ1000	29.5	30.5	31.1	31.5	33.6	34.	34.	35.3
3	Boeing 737-900ER	B739ER	47.9	50.8	56	60.8	55.6	58.	60.	62.6
4	Boeing 737-500	B735	31.9	33.3	37.4	41.4	36.5	38.	40.	41.8
5	Aerospatiale ATR 72	ATR 72	12.6	13.9	15.5	16.5	14.5	15.	15.	16.5
6	Aerospatiale ATR 42	ATR 42	10.9	12.2	12.8	13.4	11.5	11.	12	12.1
7	Cessna C208	C208	5.5	6.5	7.2	7.5	6.2	6.4	6.5	6.6
Pesawat Rencana										
8	Airbus A330-200	A332	57.7	62.6	72.5	98.1	53.8	61.	73.	85.8

5.2.3 Menentukan nilai ACN Metode Transport Canada

Sebagaimana telah dijelaskan pada Bab 2.2 dan Bab 3.3.3 tentang menentukan nilai ACN metode Transport Canada. Nilai ACN dengan metode ini dianalisa menggunakan tabel yang telah disusun oleh *Canadian Department of Transportation*. Dengan menggunakan data pesawat yang ada pada tabel 4.4 yaitu berupa berat pesawat (gross weight), tekanan roda untuk mencari nilai ACN pada perkerasan lentur dan kaku setiap pesawat yang beroperasi pada bandara APT Pranoto.

Tabel 5. 3 Nilai ACN Transport Canada perkerasan lentur dan kaku setiap pesawat

N O	Jenis Pesawat	Kode FAA	Nilai ACN				Nilai ACN			
			Perkerasan Lentur				Perkerasan Kaku			
			A	B	C	D	A	B	C	D
1	Airbus A320	A320	41	42	47	53	46	49	51	53
2	Bombardier CRJ1000	CRJ100 0	29, 5	30, 5	31, 1	31, 5	33, 6	34, 3	34, 8	35, 3
3	Boeing 737- 900ER	B739E R	44	46	51	56	51	53	56	57
4	Boeing 737-500	B735	33	35	39	43	38	40	42	43
5	Aerospatiale ATR 72	ATR 72	11	12	14	15	13	14	14	15
6	Aerospatiale ATR 42	ATR 42	9	10	11	13	10	11	12	12
7	Cessna C208	C208	6	7	7	8	6	6	7	7
Pesawat Rencana										
8	Airbus A330- 200	A332	57	62	72	98	48	56	66	78

5.2.4 Perbandingan ACN Pesawat dengan PCN Eksisting

Sesuai dengan FAA Advisory Circular AC 150/5335, nilai PCN *Runway/Taxiway/Apron* memiliki format baku yang terdiri dari 6 (enam) karakter yang mana dua karakter pertama adalah nilai angka dan empat karakter sisanya adalah nilai huruf. Sebagai contoh *Runway* Bandara APT Pranoto memiliki **PCN= 56/F/C/X/T**

Maksud dari masing-masing karakter tersebut adalah:

F= *Flexible*, perkerasan lentur

C= *Subgrade low*, nilai CBR tanah dasar 4%-8%

X= Tekanan roda medium (146-217 Psi)

T= *Using Technical method*, angka 73 ditentukan dengan menggunakan alat uji HWD

Selanjutnya nilai angka ACN setiap pesawat dibandingkan dengan nilai PCN *Runway* tersebut, apakah lebih besar atau lebih kecil. Setelah itu kode huruf karakter kedua yaitu nilai subgrade pada ACN versi

Transport Canada/Aircraft Manufacture/ COMFAA (A, B, C, atau D) kita bandingkan yang sesuai yaitu dengan nilai “C” dari PCN Runway tersebut, apakah lebih besar atau lebih kecil.

Sebelum dilakukan perbandingan diambil contoh PCN *Runway*= 56/F/C/X/T, namun terdapat nilai toleransi atau *bearing strength* sesuai dengan Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor KP 93 Tahun 2015 Pasal 5.6.1 bahwa nilai toleransi untuk perkerasan lentur adalah sebesar 10% sehingga nilai PCN yang akan dibandingkan yaitu 61,6/F/C/X/T kemudian akan dibandingkan dengan masing-masing ACN pada tabel. Untuk pesawat Boeing 737-900ER yang menjadi pesawat kritis dan beroperasi saat ini di Bandara APT Pranoto, maka analisisnya adalah sebagai berikut:

- a) Jenis perkerasan = Lentur (Flexible Pavement)
- b) Nilai ACN dengan metode *Aircraft Manufacture subgrade C* adalah = 56
- c) Nilai ACN dengan metode Program COMFAA subgrade C adalah = 56
- d) Nilai ACN dengan metode *Transport Canada subgrade C* adalah = 51

Pada analisa diatas menunjukkan bahwa pesawat Boeing 737-900ER sebagai pesawat kritis yang saat ini beroperasi masih memenuhi persyaratan. Kemudian ditambah juga dengan pergerakan tahunan pesawat atau *Annual Depature* Boeing 737-900ER hanya sebanyak 2256 penerbangan, lebih kecil dari 10.000 pergerakan per tahun sehingga memenuhi batasan dari FAA Advisory Circular AC 150/5335/5C. Untuk analisa pesawat lainnya akan ditunjukkan pada tabel untuk perkerasan lentur dan perkerasan kaku.

Untuk pesawat yang beroperasi saat ini di Bandara APT Pranoto semua masih memenuhi persyaratan keselamatan penerbangan. Namun terdapat rencana bahwa Bandara APT Pranoto akan menjadi bandara Internasional demi mendukung rencana pemindahan ibukota ke Kalimantan Timur. Tentunya akan ada penambahan pesawat, penambahan rute dan jam penerbangan, dan juga peningkatan fasilitas sisi udara agar memenuhi persyaratan bandara internasional.

Pesawat yang nantinya direncanakan beroperasi pada Bandara APT Pranoto adalah pesawat Airbus A330-200 yang mempunyai nilai ACN lebih tinggi dari PCN eksisting saat ini. Juga akan dilakukan tinjauan terhadap nilai CDF (*Cummulative Damage Factor*) menggunakan COMFAA dan Sand Patch Test untuk mengetahui apakah runway Bandara APT Pranoto perlu dilakukan penambahan *overlay* pada runway.

Tabel 5. 4 Hasil Perbandingan ACN-PCN Perkerasan Lentur dan Kaku

NO	Jenis Pesawat	Kode FAA	PCN Runway = 56F/C/X/T						PCN Taxiway = 56F/C/X/T						PCN Apron = 56R/B/X/T						Annual Departure	
			≤ 61,6 (10%)		> 61,6 (10%)		≤ 61,6 (10%)		> 61,6 (10%)		≤ 60,9 (5%)		> 60,9 (5%)		≤ 60,9 (5%)		> 60,9 (5%)					
			AM	CMF	TC	AM	CMF	TC	AM	CMF	TC	AM	CMF	TC	AM	CMF	TC	AM	CMF	TC		
1	Airbus A320	A320	47	44,4	47				47	44,4	47				49	46	49					4918
2	Bombardier CRJ1000	CRJ1000	25,1	31,1	31,1				25,1	31,1	31,1				26,56	34,3	34,3					220
3	Boeing 737-900ER	B739ER	56	56	51				56	56	51				52	58,2	53					2256
4	Boeing 737-500	B735	37	37,4	39				37	37,4	39				38	38,5	40					869
5	Aerospaciale ATR 72	ATR 72	14	15,5	14				14	15,5	14				13	15,2	14					790
6	Aerospaciale ATR 42	ATR 42	11	12,8	11				11	12,8	11				11	11,7	11					1147
7	Cessna C208	C208	7,2	7,2	7,2				7,2	7,2	7,2				6,4	6,4	6,4					781
Pesawat Rencana																						
8	Airbus A330-200	A332				71	71,6	72				71	71,6	72				61	61,2	56		

Ket :

AM = Aircraft Manufacturer

CMF= Software COMFAA

TC = Transport Canada

5.3 Evaluasi Nilai CDF dengan menggunakan Program COMFAA

Terdapat konsep *Cummulative Damage Factor (CDF)* yang diperkenalkan oleh FAA, yaitu faktor yang mewakili jumlah umur kelelahan struktural perkerasan yang telah habis. CDF dinyatakan sebagai rasio pengulangan beban yang diterapkan dengan beban yang diizinkan pengulangan gagal. Untuk desain perkerasan baru, struktur perkerasan jalan disesuaikan sampai $CDF_{kumulatif} = 1$ untuk campuran lalu lintas yang diterapkan di atas periode umur desain struktural sedang dievaluasi.

Nilai CDF pada perkerasan eksisting dapat dijadikan tolak ukur apakah suatu perkerasan eksisting masih mampu melayani pertumbuhan pergerakan pesawat pada suatu bandar udara. Jika nilai $CDF < 1$ maka perkerasan eksisting masih mampu melayani pertumbuhan pergerakan pesawat. Namun apabila nilai $CDF > 1$ maka perkerasan eksisting dinyatakan sudah tidak mampu melayani pertumbuhan pergerakan pesawat atau dapat dikatakan harus segera dilakukan perbaikan struktur perkerasan / harus dilakukan pembatasan terkait pergerakan pesawat.

Pada tugas akhir ini dilakukan analisa terkait nilai CDF pada perkerasan eksisting *runway* Bandara APT Pranoto. Dalam analisa ini dibutuhkan data karakteristik struktur perkerasan (tebal perkerasan eksisting dan *CBR subgrade*), data *annual departures*, serta data karakteristik pesawat (MTOW dan tekanan roda). Hal pertama yang dilakukan adalah melakukan analisa nilai tebal *Equivalent Thickness/Evaluation Thickness* melalui *Microsoft Excel spreadsheet* COMFAA yang dapat diunduh di website www.faa.gov. Pada *Ms. Excel* tersebut pada sheet Flex PCN kita dapat menginput tebal tiap lapis dan nilai *CBR subgrade* perkerasan eksisting, setelah itu dapat diketahui nilai *evaluation thickness* seperti yang dapat dilihat dengan tampilan seperti gambar dibawah ini:

	A	B	D	F	G	H	O
2	Reference Guidance	AC 158/535-AC App B	Fig. A2-2	Existing Flexible Pavement Layers	ENTER Existing Layer Thickness		
3	Flexible Pavement Structure Items	Convert to P-209	Convert to P-154				
5	P-401/3 P-403	1.6	Use FAA SID Factors	P-401/3	4.7	in.	
7	P-306 ECONOCRETE	1.2		P-306	0.0	in.	
8	P-304 CEM. TRTD	1.2	n/a	P-304	0.0	in.	
9	P-209 Cr AGG	1.0	1.4	P-209	9.8	in.	
10	P-208 Agg, P-211	1.0	1.2	P-208	0.0	in.	
11	P-301 SOIL-CEM.	n/a	1.2	P-301	0.0	in.	
12	P-154 Subbase	n/a	1.0	P-154	15.7	in.	
13				Subgrade CBR...	6.0		
14	Equivalent Thickness, mm						
15	P-401/3	5.0					
16	P-209	8.0					
17	P-154	17.5					
18	Total	30.5					
19	ENTER Ref. Section Requirements			Loc. ID	Pavement ID		
20	P-401 reference	5.00	in.	LOC ID	GA RW		
21	P-209 reference	8.00	in.	Project Details			
22				Examples			
23				COMFAA Inputs			
				Evaluation thickness t = 31 in.			
				Evaluation CBR = 6.0			
				Recommended PCN Codes: F/CX			

Gambar 5. 10 Tampilan Ms.Excel Spreadsheet Software COMFAA

Setelah diketahui nilai *evaluation thickness* per segmen perkerasan eksisting, selanjutnya dilakukan input data *annual departures* serta karakteristik pesawat yang beroperasi pada software COMFAA. Berikut merupakan tampilan dari software COMFAA untuk input data tersebut :

No.	Aircraft Name	Gross Weight (lbs)	Percent DW on Gears	Tire Press. (psf)	Annual Departures	No. of Tires on Gear	Number of Gears
1	A320-200	165,754	92.00	209.9	4,910	2	2
2	Bombardier CRJ1000	91,711	95.00	140.0	220	2	2
3	B737-800 ER	107,932	94.50	220.0	2,256	2	2
4	B737-500	133,370	92.24	194.0	868	2	2
5	ATR 72-600	50,285	95.00	95.0	790	1	2
6	ATR 42-500	41,006	95.00	95.0	1,147	1	2
7	Boeing C-208	8,796	100.00	90.0	701	1	1
8	A330-200	513,672	94.80	206.0	730	4	2

Position to Insert Aircraft
 Start End Before After

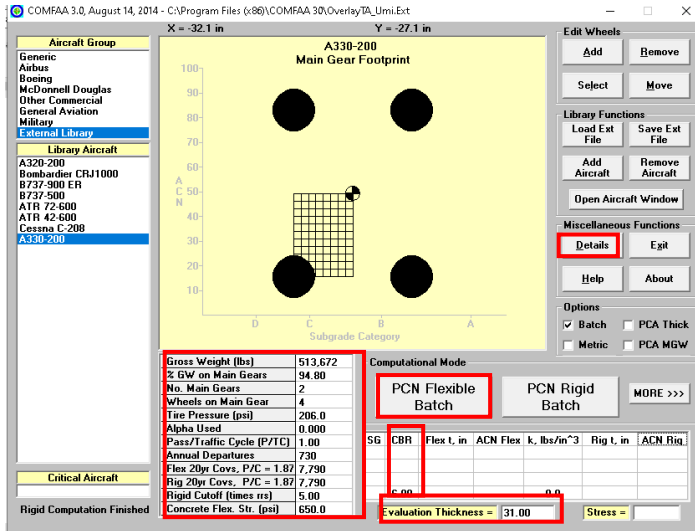
Open an External File Add the Selected Aircraft Remove (Cut) the Selected Aircraft Append an External File to the List

Return and Replace the Current External File Return and Discard the List Save the List as a New External File

Rigid Computation Finished

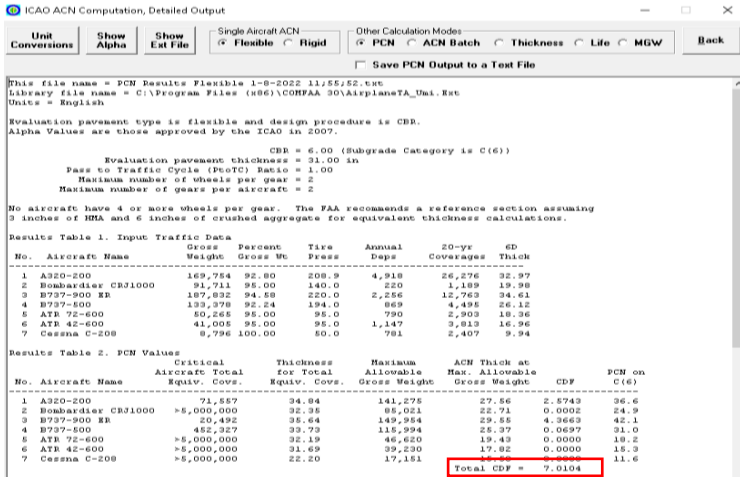
Gambar 5. 11 Input data annual departure dan jenis pesawat pada software COMFAA

Selanjutnya klik *return and replace the current external file* pada tampilan diatas, lalu input nilai *evaluation thickness* persegmen dan CBR *subgrade* struktur perkerasan eksisting seperti tampilan berikut ini:

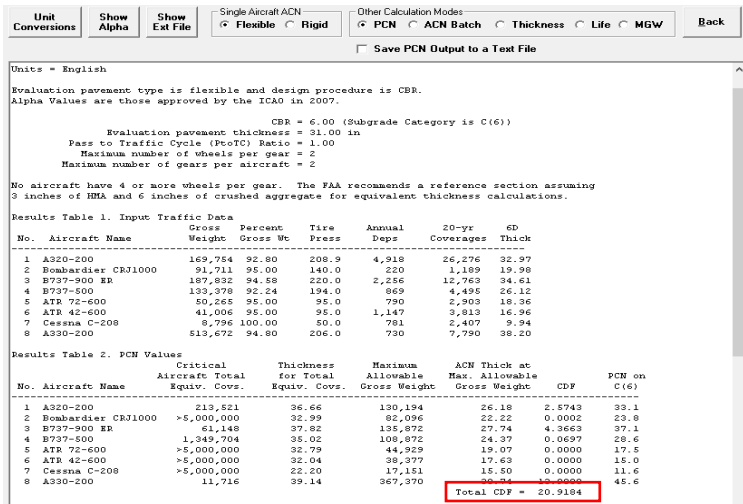


Gambar 5. 12 Tampilan Software COMFAA dalam Analisa Nilai CDF

Pada tampilan menu *software* COMFAA diatas input nilai *evaluation thickness* persegmen *runway & taxiway* serta nilai CBR *subgrade* struktur perkerasan eksisting. Pastikan karakteristik pesawat sesuai, kemudian klik *PCN Flexible Batch* untuk *running software* COMFAA. Untuk mengetahui hasil *running software* COMFAA berupa nilai CDF klik *details* pada tampilan diatas. Berikut ini merupakan tampilan output nilai CDF pada *software* COMFAA :



Gambar 5. 13 Hasil Output nilai CDF kondisi 1 dengan Software COMFAA



Gambar 5. 14 Hasil Output nilai CDF kondisi 2 dengan Software COMFAA

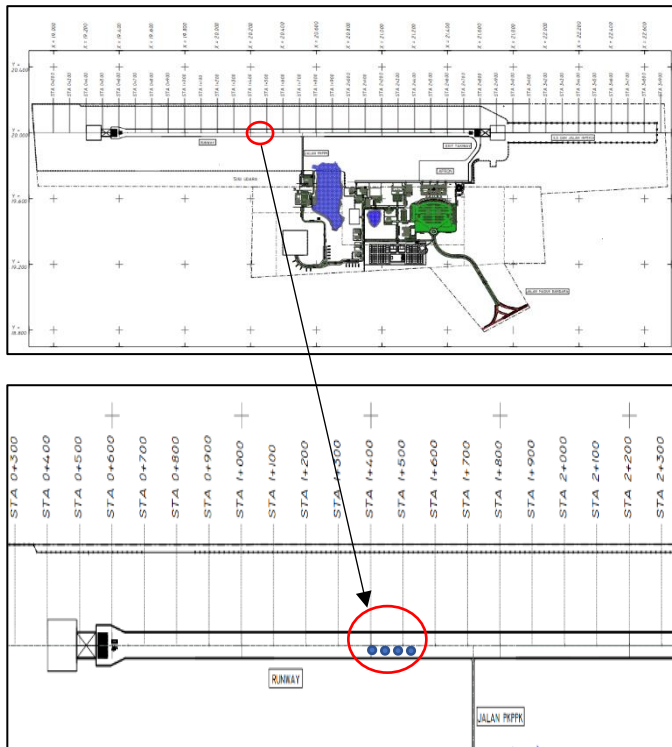
Tinjauan CDF dilakukan dengan 2 kondisi. Yang pertama adalah kondisi saat ini dengan hanya meninjau pada pesawat yang beroperasi saat ini atau tanpa menyertakan pesawat rencana. Yang kedua adalah kondisi dengan menyertakan pesawat rencana.

Berdasarkan hasil running program COMFAA seperti pada Gambar 5.6 dan Gambar 5.7. Dapat diketahui nilai *output* CDF pada *software* COMFAA untuk kondisi pertama sebesar 7,01 sedangkan untuk kondisi dua nilai CDF sebesar 20,91.

Nilai CDF tersebut lebih besar dari 1, menandakan bahwa struktur perkerasan pada *runway* sudah tidak mampu melayani pergerakan pesawat pada Bandar Udara APT Pranoto, sehingga dibutuhkan perencanaan peningkatan/ perbaikan struktur perkerasan dengan metode perbaikan *overlay* atau lapis tambahan. Dengan perbaikan tersebut diharapkan tebal struktur perkerasan baru akan mencapai nilai $CDF < 1$, sehingga mampu untuk melayani pertumbuhan dan pergerakan pesawat.

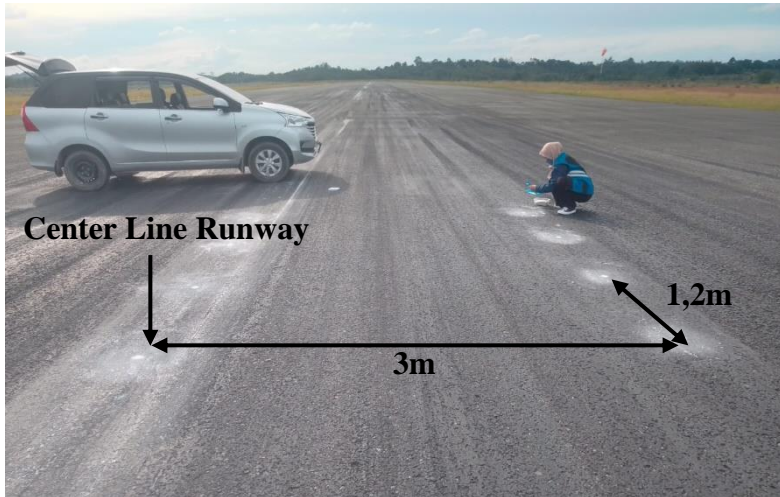
5.4 Evaluasi Kekesatan pada Landas Pacu/Runway dengan Metode Sand Patch Test

Selanjutnya dilakukan Sand Patch Test untuk mengetahui kekesatan pada runway Bandara APT Pranoto sebagai salah satu syarat keselamatan penerbangan. Pada runway Bandara APT Pranoto telah dilakukan Sand Patch Test pada tanggal 2 Februari 2021 di STA 1 +450. Dimana pada STA 1 +450 menurut pihak UPBU APT Pranoto merupakan touchdown area yakni area yang paling sering digunakan pesawat untuk melakukan pendaratan dan menerima beban pertama atau beban tertinggi.



Gambar 5. 15 Lokasi Sand Patch Test

Pada lokasi pengetesan diambil 4 titik. Untuk pengambilan titik diukur sejauh 3m dari *center line runway* dan masing- masing titik berjarak 1,2m seperti yang ditunjukkan pada gambar 5.2.



Gambar 5. 16 Detail Lokasi Sand Patch Test

5.4.1 Proses Pengetesan

Proses pengetesan dilakukan saat jam penerbangan kosong atau dalam keadaan tidak ada aktivitas penerbangan sehingga tidak mengganggu proses pengetesan maupun aktivitas bandara. Untuk setiap titik membutuhkan waktu sekitar 10 menit. Alat dan bahan yang akan digunakan disiapkan terlebih dahulu seperti pada Gambar 5.3. Setiap titik menggunakan pasir dengan volume 100 ml. Pasir yang digunakan dalam pengetesan ini adalah pasir silika yang bersifat bersih, kering, dan keras.

Langkah pertama untuk pengetesan adalah menentukan titik pengetesan dengan mengukur 3m dari *center line runway*. Kemudian mengukur jarak masing- masing titik sebesar 1,2meter dan diberi tanda. Selanjutnya memastikan bahwa daerah yang akan diperiksa cukup kering dan bebas dari kotoran. Kemudian menyikat material- material halus yang terdapat di permukaan yang akan diperiksa.



Gambar 5. 10 Alat dan bahan sand patch test dan pengukuran titik



Gambar 5. 17 Pembersihan titik penetesan dan penuangan pasir

Setelah dilakukan pembersihan tuangkan pasir dengan bentuk kerucut di tengah- tengah titik yang akan diperiksa. Selanjutnya ratakan pasir membentuk melingkar dengan menggunakan penutup tabung pasir sampai cekungan- cekungan terisi oleh pasir.



Gambar 5. 18 Perataan pasir dan pengukuran diameter titik

Kemudian ukur pasir yang sudah diratakan dengan penggaris atau meteran. Diukur sebanyak 4 kali pada beberapa sisi lingkaran setiap titiknya dan dicatat hasilnya. Setelah itu membersihkan kembali titik pengtesan dengan menggunakan sikat.



Gambar 5. 19 Pencatatan hasil dan pembersihan kembali

5.4.2 Hasil Pengetesan

Untuk perhitungan setiap titiknya menggunakan rumus *Mean Texture Depth* pada persamaan 2.2. Contoh perhitungan salah satu titik

Pada titik 1 hasil pengetesan didapatkan:

460mm, 510mm, 450mm, 510mm

Rata- rata yaitu 482.5mm

$$MTD = \frac{4V \times 1000}{\pi D^2}$$

$$MTD = \frac{4 \times (100ml) \times 1000}{3.14 \times 482.5mm^2} = 0.547 < 1,5mm$$

Tabel 5. 5 Hasil Sand Patch Test

No	Titik	Detail Lokasi	Hasil Pengetesan (mm)	Rata- rata diameter	MTD	Ket
1	1	Pada area touchdown pesawat. 3m dari titik center line runway	460	482.5	0.5472	TIDAK OK
	2		510			
	3		450			
	4		510			
2	1	Pada area touchdown pesawat. 1,2m dari titik 1	480	522.5	0.4666	TIDAK OK
	2		570			
	3		530			
	4		510			
3	1	Pada area touchdown pesawat. 1,2m dari titik 2	480	475	0.5646	TIDAK OK
	2		450			
	3		460			
	4		510			
4	1	Pada area touchdown pesawat. 1,2m dari titik 3	480	482.5	0.5472	TIDAK OK
	2		480			
	3		450			
	4		520			

Dapat disimpulkan bahwa keadaan *runway* pada Bandara APT Pranoto licin. Selanjutnya untuk perhitungan titik lainnya terdapat pada tabel 5.5.

Dari tabel 5.6 diketahui nilai yang digunakan pada pengujian *Sand Patch Test* ini termasuk tipe jalan kecepatan tinggi dan termasuk dalam *Chipped Hot Rolled Asphalt*. Untuk kedalaman tekstur apabila kedalaman < 1,5 mm maka permukaan licin, bila kedalaman > 1,5 mm maka permukaan perkerasan cukup kesat.

Tabel 5. 6 Nilai minimum untuk kedalaman tekstur

Tipe Jalan	Tipe Permukaan	Rata-rata per 1000 m(mm)	Rata-rata untuk 10 pengukuran (mm)
Jalan Berkecepatan Tinggi Larangan batas kecepatan ≥ 50 mil/jam (80 km/jam)	Permukaan tipis dengan ketentuan 942 dengan ukuran atas agregat (D) ≤ 14 mm	$\geq 1,3$	≥ 1
	<i>Chipped hot rolled asphalt, surface dressing dan lain-lain</i>	$\geq 1,5$	$\geq 1,2$
Jalan Berkecepatan Rendah Larangan batas kecepatan ≤ 40 mil/jam (65 km/jam)	Permukaan tipis dengan ketentuan 942 dengan ukuran atas agregat (D) ≤ 14 mm	≥ 1	$\geq 0,9$
	<i>Chipped hot rolled asphalt, surface dressing dan lain-lain</i>	$\geq 1,2$	≥ 1
Bundaran pada Jalan Berkecepatan Tinggi Larangan batas kecepatan ≥ 50 mil/jam (80 km/jam)	Semua material kasar untuk permukaan	$\geq 1,2$	≥ 1
Bundaran pada Jalan Berkecepatan Rendah Larangan batas kecepatan ≤ 40 mil/jam (65 km/jam)	Semua material kasar untuk permukaan	≥ 1	$\geq 0,9$

Sumber: Manual Of Contract Documents For Highway Works, 2008

Sumber: *Manual Of Contract Documents For Highway Works, 2008*

Dari hasil pengetesan *Sand Patch Test* tersebut dapat dilihat bahwa tidak ada satupun hasil tes yang melebihi 1,5mm. Jadi dapat disimpulkan bahwa *runway* dalam keadaan licin.

Banyak faktor yang dapat menyebabkan licinnya sebuah *runway*. Salah satunya karena *rubber deposit*. *Rubber deposit* yang tertinggal di *runway* setiap kali satu pesawat mendarat rata-rata 700g (Douglas D. Gransberg, 2008). Untuk frekuensi penerbangan di *runway*

sekitar 30 pergerakan/hari, maka dapat diketahui jumlah *rubber deposit* yang ditinggalkan adalah sebanyak $30 \times 700\text{gr} = 21.000\text{gr} = 21 \text{ kg/hari}$. Bandara APT Pranoto sendiri sudah mengalami beberapa kali penutupan dikarenakan adanya beberapa kerusakan pada *runway*. Maka untuk mengatasi hal- hal tersebut perlu dilakukan langkah perbaikan. Setelah dilakukan analisa dan pertimbangan, langkah perbaikan yang akan dilakukan adalah *overlay* atau penambahan lapisan pada perkerasan runway.

5.5 Perencanaan Perbaikan Landas Pacu/Runway

Untuk mengatasi kerusakan pada perkerasan runway Bandara APT Pranoto perlu dilakukan perbaikan. Setelah melakukan pertimbangan langkah perbaikan yang akan dilakukan adalah penambahan lapisan atau overlay. Dengan menambah tebal lapisan permukaan maka nilai PCN akan meningkat juga. Dengan nilai PCN yang meningkat maka akan tercapai syarat operasi dari pesawat yang memenuhi nilai ACN yang lebih tinggi dari pesawat yang beroperasi. Perencanaan perbaikan dengan overlay meliputi beberapa langkah yaitu akan dilakukan analisa panjang landas pacu/*runway*, perencanaan tebal perkerasan penambahan panjang runway dengan metode klasik dan metode FAARFIELD dan COMFAA, perencanaan tebal lapisan tambahan overlay runway dengan klasik dan metode FAARFIELD dan COMFAA.

5.5.1 Analisa Panjang Landas Pacu/Runway

Langkah awal dari perencanaan overlay adalah mengetahui panjang runway aktual yang dibutuhkan pesawat yang beroperasi di Bandara APT Pranoto. Untuk itu perlu dilakukan beberapa koreksi terhadap faktor elevasi, temperatur, dan slope (kelandaian) runway. Untuk mencari faktor koreksi, terlebih dahulu harus menghitung ARFL (Aerodrome Reference Field Length) adalah panjang landasan minimum bagi pesawat untuk take off pada keadaan standar, yaitu pada kondisi MTOW (Maximum Take- Off Weight), ketinggian nol terhadap permukaan air laut, kondisi atmosfer standar, keadaan tanpa angin, dan kemiringan runway nol. Nilai ARFL didapat dari pabrik pembuat pesawat. Adapun ARFL pesawat Airbus 330-200 adalah 2220m.

Karakteristik Runway Bandara APT Pranoto adalah sebagai berikut:

Tabel 5. 7 Karakteristik Runway

Jenis Perkerasan	Perkerasan Lentur
Arah Runway	04 - 22
Panjang Runway	2250 m
Lebar Runway	45 m
Elevasi Runway	73 ft (22 m)
Suhu Rata-rata	30 C
Slope Runway	1.50%
CBR Subgrade	6%

Sumber: UPBU APT Pranoto, 2021

1. Koreksi terhadap temperature (Ft)

$$Ft = 1 + 0,01 (T - (15 - 0,065h))$$

$$Ft = 1 + 0,01 (T - (15 - 0,065 \times 22))$$

$$Ft = 1 + 0,01 (16,43)$$

$$Ft = 1,1643$$

2. Koreksi terhadap elevasi (Fe)

$$Fe = 1 + 0,07 \left(\frac{h}{300} \right)$$

$$Fe = 1 + 0,07 \left(\frac{22}{300} \right)$$

$$Fe = 1 + 0,00513$$

$$Fe = 1,00513$$

3. Koreksi terhadap kemiringan (Fs)

$$Fs = 1 + 0,1s$$

$$Fs = 1 + 0,1(1,5)$$

$$Fs = 1,15$$

Dari analisa ketiga faktor tersebut, maka selanjutnya dapat dihitung panjang runway minimum sebagai berikut:

$$ARFL = \frac{Lr0}{Ft \times Fe \times Fs}$$

$$2220 = \frac{Lr0}{1,1643 \times 1,00513 \times 1,15}$$

$$Lr0 = 2987 \approx 2990 \text{ m}$$

Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa panjang landasan terkoreksi adalah 2990m. Panjang *runway* eksisting di Bandara APT Pranoto saat ini adalah 2250m. Dikarenakan panjang *runway* akibat pengaruh lingkungan melebihi panjang *runway* eksisting maka terdapat dua pilihan. Yang pertama yaitu dengan memperpanjang *runway* eksisting hingga sama atau lebih dari panjang *runway* terkoreksi. Yang kedua adalah dengan menerapkan pembatasan berat saat lepas landas/ restricted take off weight (RTOW) hingga nilai panjang *runway* terkoreksi sama dengan panjang *runway* eksisting.

Pilihan pertama terkait perpanjangan *runway* dapat dilakukan karena masih terdapat lahan yang cukup. Dalam hal ini akan dilakukan perpanjangan *runway* sebanyak 740m agar pesawat rencana A330-200 dapat beroperasi pada Bandara APT Pranoto.



Gambar 5. 20 Layout Bandara APT Pranoto

5.5.2 Perencanaan Tebal Perkerasan Perpanjangan Runway dengan Metode Klasik

Dalam perencanaan tebal perkerasan perpanjangan Runway dengan metode klasik terdiri dari beberapa tahapan yaitu perhitungan ekuivalen annual departure, menghitung tebal ekuivalen perkerasan dan dilakukan pengecekan untuk syarat-syarat minimum pada setiap susunan perkerasan.

A. Perhitungan Ekuivalen Annual Departure

Dikarenakan perhitungan untuk pesawat rencana, maka untuk pesawat Airbus 330-200 tidak memiliki annual departure. Untuk annual departure direncanakan sesuai dengan pesawat Airbus 330-200 yang mempunyai nilai annual departure sebesar 730. Pesawat kritis yang menjadi acuan adalah pesawat Airbus 330-200. Perhitungan *Ekuivalen Annual Departure* menggunakan persamaan 3.6 dimana menggunakan data pesawat yang sedang beroperasi dan pesawat rencana. Perhitungan ditampilkan pada tabel 5.8.

Tabel 5. 8 Perhitungan Ekuivalen Annual Departure

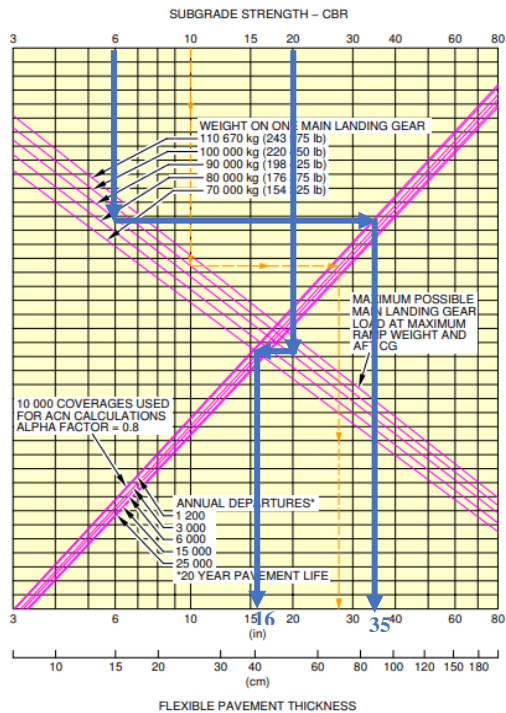
No	Jenis Pesawat	Kode FAA	Konfigurasi Roda	Beban Pesawat (kg)	Annual Departure	Ekuivalen Dual Gear	Beban Roda Pesawat	Beban Roda Pesawat Kritis	Log R2	$\left(\frac{w_2}{w_1}\right)^{0.5}$	Log R1	Ekuivalen Annual Dep.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Airbus A320	A320	Dual Tandem	77000	4918	4918	9144	27669	3.692	0.575	2.122	132.519
2	Bombardier CRJ1000	CRJ1000	Dual Wheel	41600	220	132	9880	27669	2.121	0.598	1.267	18.500
3	Boeing 737-900ER	B739ER	Dual Wheel	85200	2256	1353.6	20235	27669	3.131	0.855	2.678	476.400
4	Boeing 737-500	B735	Dual Wheel	60500	869	521.4	14369	27669	2.717	0.721	1.958	90.798
5	Aerospatiale ATR 72	ATR 72	Dual Wheel	22800	790	474	5415	27669	2.676	0.442	1.184	15.266
6	Aerospatiale ATR 42	ATR 42	Dual Wheel	18600	1147	688.2	8835	27669	2.838	0.565	1.604	40.135
7	Cessna C208	C208	Single Wheel	3990	781	390.5	1895	27669	2.592	0.262	0.678	4.767
8	Airbus A330-200	A332	Dual Tandem	233000	730	730	27669	27669	2.863	1.000	2.863	729.978
Total												1508.364

Didapatkan nilai Ekuivalen Annual Departure yaitu 1508.364
 Kolom 7 = Kolom 6 x faktor konversi roda pada tabel 2.6
 Kolom 8 = Kolom 5 x 95%/ jumlah roda pada main gear
 Kolom 9 = Beban roda terbesar pada kolom 8
 Kolom 10 = Log (kolom 7)
 Kolom 11 = (kolom 8/kolom 9)^{0.5}
 Kolom 12 = Kolom 10 x Kolom 11
 Kolom 13 = Invers Log (kolom 12)

B. Menghitung Tebal Ekuivalen Perkerasan

Pesawat kritis untuk perencanaan adalah Airbus 330-200. Langkah awal yang dilakukan untuk menghitung tebal ekuivalen perkerasan adalah sebagai berikut:

1. Nilai CBR Subgrade
 - CBR Subgrade = 6%
 - CBR Subbase = 20%
 - Ekuivalen Annual Departure = 1508,364
2. Menghitung tebal perkerasan total menggunakan kurva *flexible pavement requirements* pada gambar 5.7 sesuai dengan karakteristik pesawat kritis yaitu Airbus 330-200 pada table 4.5.



Gambar 5. 21 Nilai minimum tebal perkerasan A330-200

Langkah perhitungan sebagai berikut:

- a) Dari kurva diatas, untuk pesawat kritis Airbus 330-200 dengan

$$\text{CBR Subgrade} = 6\%$$

$$\text{Equivalent Departure} = 1.508,364$$

Didapatkan hasil tebal perkerasan 35 inch.

- b) Tebal subbase dari kurva yang sama untuk nilai CBR 20% didapatkan hasil

$$\text{Tebal} = 16 \text{ inch}$$

$$\text{Jadi, tebal subbase} = 35 - 16 = 19 \text{ inch}$$

- c) Surface untuk daerah kritis minimal 5 inch, direncanakan 7 inch

$$\text{Jadi tebal base course} = 16 - 7 = 9 \text{ inch}$$

Dari perhitungan tersebut didapatkan tebal susunan perkerasan rencana yaitu:

$$\text{Surface course} = 7 \text{ inch} = 17,8 \text{ cm}$$

$$\text{Base course} = 9 \text{ inch} = 22,9 \text{ cm}$$

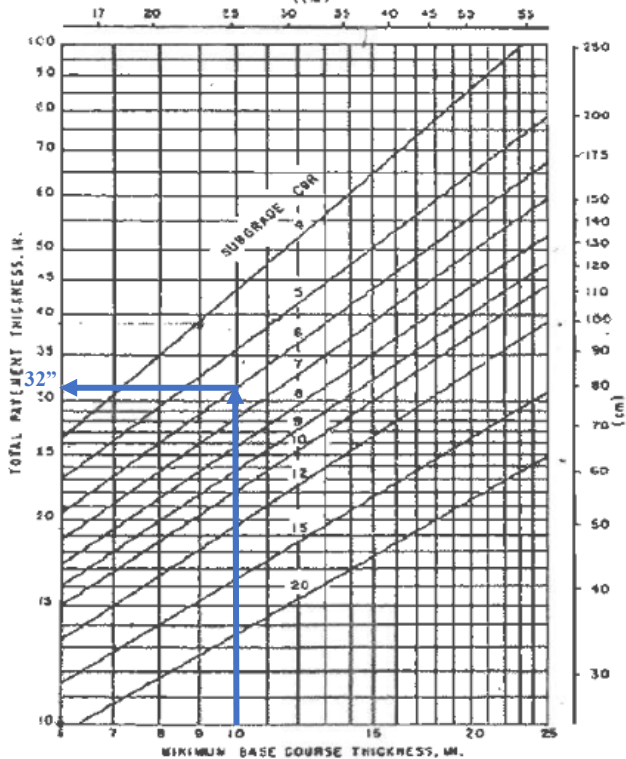
$$\underline{\text{Subbase course} = 19 \text{ inch} = 48,2 \text{ cm}}$$

$$\text{Tebal total} = 35 \text{ inch} = 88,9 \text{ cm}$$

Selanjutnya perlu dilakukan pengecekan dengan syarat-syarat minimum perkerasan pada tahap berikutnya.

3. Syarat minimum total tebal perkerasan

Untuk syarat minimum total tebal perkerasan menggunakan kurva total pavement thickness terhadap minimum base course thickness. Pada kurva 5.7 didapatkan bahwa total minimum tebal perkerasan adalah 32 inch (81,8 cm). Pada susunan rencana perkerasan untuk total tebal perkerasan bernilai 35 inch (89 cm) sehingga sudah memenuhi persyaratan.



Gambar 5. 22 Kurva nilai minimum Base Course

Sumber: KP 93 Tahun 2015

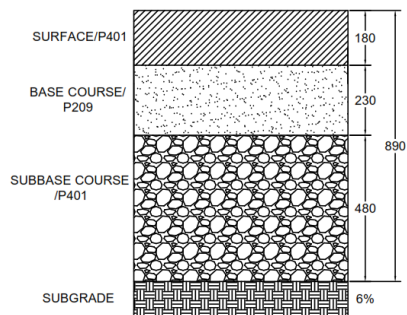
4. Syarat tebal lapisan *surface course*
 Pada tabel 3.7 ditentukan bahwa pesawat Airbus 330-200 mempunyai tebal lapisan campuran aspal minimum 5" (12,7 cm) untuk area kritis. Pada susunan struktur eksisting tebal *surface course* yaitu 7inch (17,8cm) sehingga sudah memenuhi persyaratan.

5. Syarat tebal lapisan base course

Pada tabel 3.8 untuk pesawat kritis Airbus 330-200 yang mempunyai nilai minimum *base course* yaitu 8" (20cm). Pada susunan perkerasan rencana tebal *base course* yaitu 9" (22,9cm) sehingga telah memenuhi persyaratan.

6. Tebal perkerasan ekuivalen

- P-401 (*Surface Course*) = 7" (17,8cm)
- P-209 (*Base Course*) = 9" (22,9cm)
- P-154 (*Surface Course*) = 19" (48,2 cm)
- CBR *Subgrade* = 6%
- Total tebal lapisan perkerasan adalah 35" (89cm)



Gambar 5. 23 Susunan struktur perpanjangan runway metode klasik

5.5.3 Perencanaan Tebal Perkerasan Perpanjangan Runway dengan Program FAARFIELD

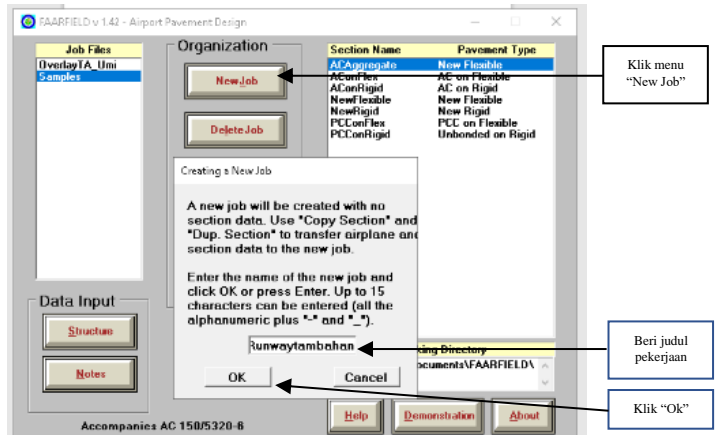
Untuk perhitungan tebal perkerasan perpanjangan runway menggunakan program FAARFIELD dibutuhkan data jenis pesawat, annual departure, dan untuk perencanaan menggunakan umur rencana 20 tahun.

Tabel 5. 9 Data pesawat yang diinput pada FAARFIELD

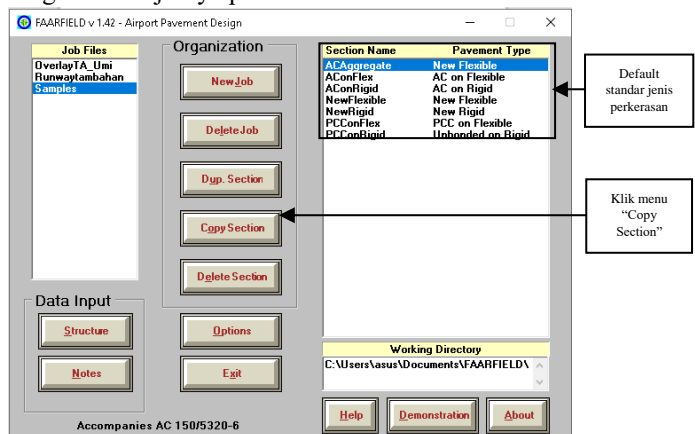
No	Jenis Pesawat	Gross Taxi Weight (tons)	Gross Taxi Weight (lbs)	Annual Departure	% Annual Growth
1	Airbus A320	77	169.75	4918	8.60
2	Bombardier CRJ1000	41.6	91.71	220	8.60
3	Boeing 737-900ER	85.2	187.83	2256	8.60
4	Boeing 737-500	60.5	133.38	869	8.60
5	Aerospatiale ATR 72	22.8	50.26	790	8.60
6	Aerospatiale ATR 42	18.6	41.01	1147	8.60
7	Cessna C208	3.99	8.80	781	8.60
8	Airbus A330-200	233	513.67	730	8.60

Data- data tersebut akan digunakan untuk menentukan atau menghitung tebal lapisan perkerasan untuk perpanjangan runway. Adapun tahap perhitungan dengan FAARFIELD adalah sebagai berikut:

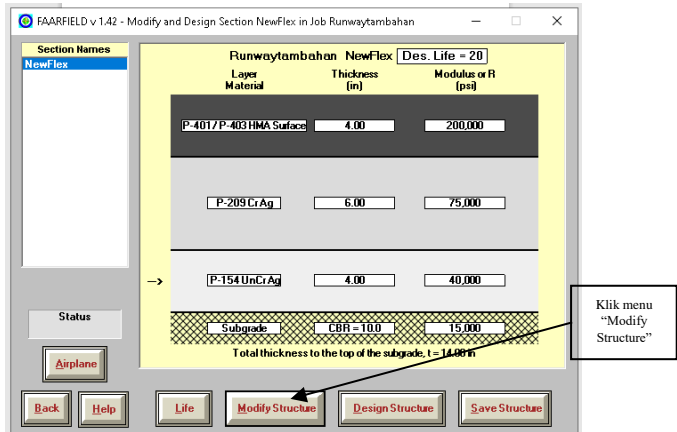
1. Buka Program FAARFIELD. Klik “New Job” kemudian beri judul pekerjaan yang dilakukan contoh “Runwaytambahan”, selanjutnya klik “ok”.



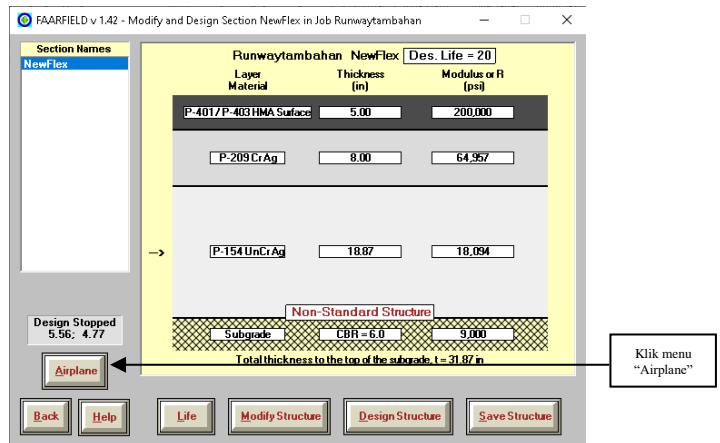
2. Perkerasan eksisting desain flexible pavement, pilih dari “Samples”. Kemudian klik “ACAggregate” pada default standar jenis perkerasan yang sudah tersedia, klik “Copy Section”, “Runwaytambahan”, lalu klik “End Copy”. Langkah selanjutnya pilih “Structure”.



- Selanjutnya klik “Modify Structure” dan “Add/Delete Layer” untuk menyesuaikan dengan struktur eksisting. Kemudian jika sudah selesai, klik “End Modify”.



- Setelah selesai memodifikasi, klik “Airplane” untuk memasukkan data jenis pesawat, *annual departure*, dan *annual growth*.



5. Setelah memasukkan semua jenis pesawat dan annual departure, data disimpan dengan cara klik “Save List”. Untuk kembali pilih “Back”.

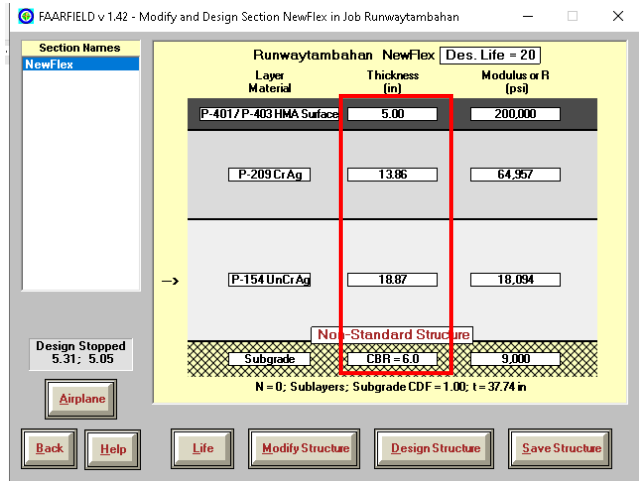
Airplane Name (g)	Gross Taxi Weight (lbs)	Annual Departures	% Annual Growth	Des
A320-200 Twin opt	169,754	4,918	8.60	18
D-100	91,711	220	8.60	8
B737-900 ER	187,832	2,256	8.60	8
B737-500	133,378	869	8.60	3
S-50	50,265	790	8.60	2
S-50	41,005	1,147	8.60	4
S-10	8,796	781	8.60	2
A330-200 std	513,672	730	8.60	2

6. Selanjutnya klik “Design Structure” untuk menampilkan ketebalan overlay yang dibutuhkan.

Layer Material	Thickness (in)	Modulus or R (psi)
P-401/P-403 HMA Surface	5.00	200,000
P-209 CrAg	13.86	64,967
P-154 UnCrAg	18.87	18,094
Subgrade	CBR = 6.0	9,000

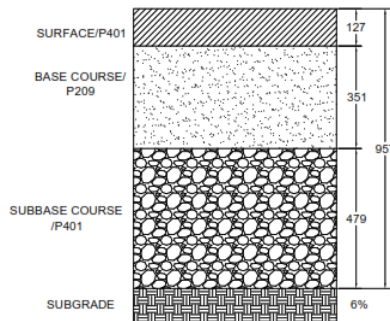
Non-Standard Structure
N = 0; Sublayers; Subgrade CDF = 1.00; t = 37.74 in

Hasil dari analisa perhitungan tebal perkerasan tambahan (overlay) adalah sebagai berikut:



Tebal perkerasan metode FAARFIELD

- P-401 (Surface Course) = 5" (12,7cm)
- P-209 (Base Course) = 13,84" (35,1cm)
- P-154 (Surface Course) = 18.87" (47,9 cm)
- CBR Subgrade = 6%
- Total tebal lapisan perkerasan adalah 37,7" (95,7cm)



Gambar 5. 24 Susunan struktur perpanjangan runway metode FAARFIELD

5.5.4 Perhitungan PCN Perkerasan Perpanjangan Runway dengan Program COMFAA

Perhitungan PCN perkerasan perpanjangan runway dengan COMFAA akan digunakan data tebal perkerasan yang didapatkan dari metode klasik dan metode program FAARFIELD. Untuk tebal lapis perkerasan berdasarkan hasil analisa metode klasik dan metode program FAARFIELD yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

Tabel 5. 10 Tebal perkerasan perpanjangan runway dengan metode klasik dan Faarfield

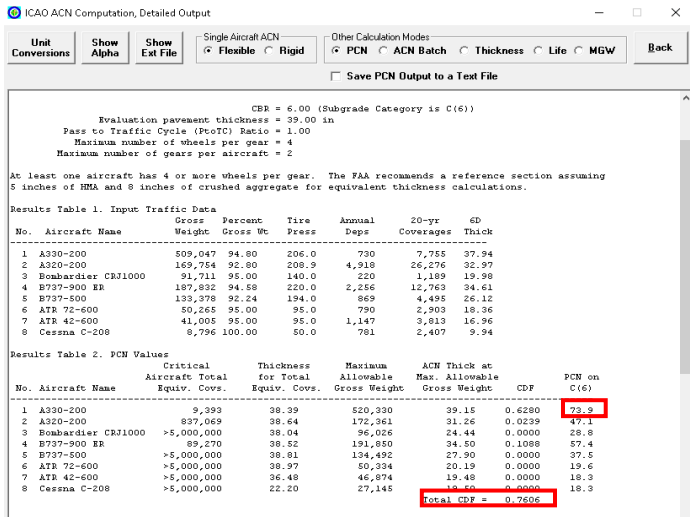
Struktur Perkerasan	Metode Klasik		Metode FAARFIELD	
	inch	cm	inch	cm
Surface Course	7	17,8	5	12,7
Base Course	9	22,9	13,84	35,1
Subbase Course	19	48,2	18,87	47,9
Total	35	89	37,7	95,7

Berdasarkan nilai tebal perkerasan diatas, maka hasil analisa evaluation thickness melalui spreadsheet COMFAA adalah sebagai berikut:

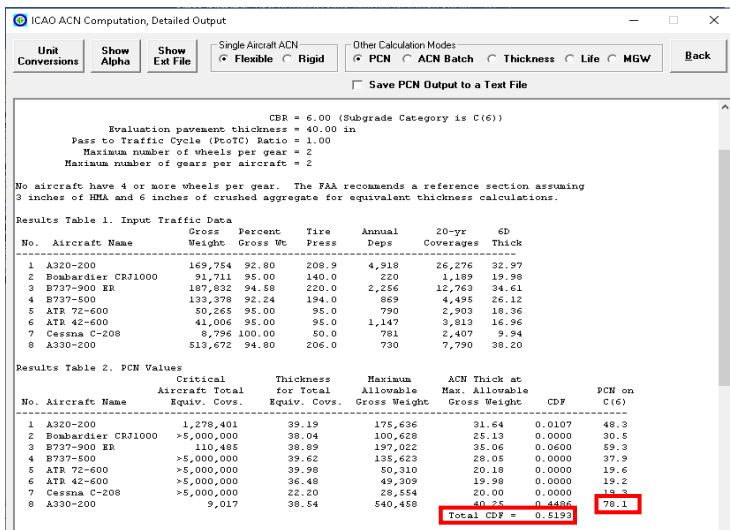
Metode klasik = 39 inch (99,06 cm)

Metode FAARFIELD = 40 inch (101,6cm)

Dengan menginput karakteristik pesawat dan annual departure, serta menginput nilai evaluation thickness pada program COMFAA. Berikut adalah output nilai PCN dan CDF dari program COMFAA:



Gambar 5. 25 Nilai PCN dan CDF perpanjangan runway metode klasik



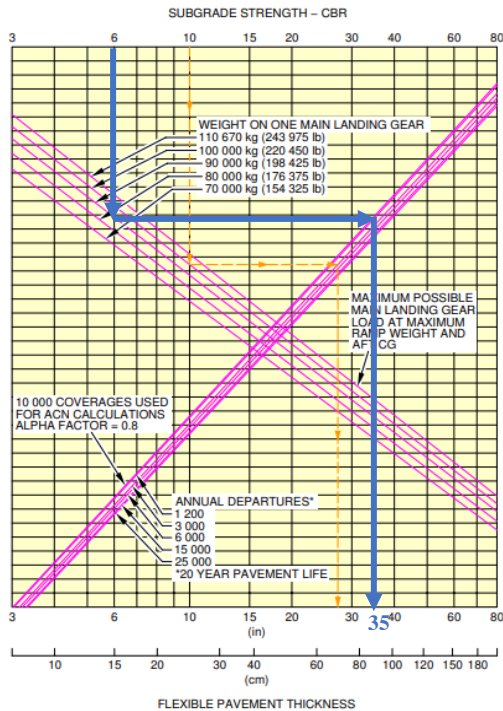
Gambar 5. 26 Nilai PCN dan CDF perpanjangan runway metode FAARFILED

Berdasarkan output program COMFAA diatas diketahui nilai PCN 73,9 dan 78,1. Untuk nilai CDF berturut- turut 0,7606 dan 0,5193. Pesawat rencana Airbus A330-200 mempunyai ACN yaitu 71 (Metode Aircraft Manufacture), 76 (Metode COMFAA), 72 (Metode Transprt Canada). Sehingga disini dapat dilihat bahwa kedua metode mempunyai nilai PCN untuk yang lebih besar dari nilai ACN ($PCN > ACN$). Selanjutnya nilai CDF kedua metode juga memenuhi yaitu nilai CDF lebih kecil dari 1 ($CDF < 1$). Jadi dapat disimpulkan bahwa desain tebal lapisan perkerasan perpanjangan runway dengan metode klasik dan metode FAARFIELD dapat digunakan. Akan tetapi disini akan dipilih tebal perkerasan menggunakan metode klasik dikarenakan lebih efektif dan efisien juga lebih murah jika ditinjau dari perencanaan anggaran biaya perpanjangan runway itu sendiri.

5.5.5 Perencanaan Tebal Lapisan Tambahan/Overlay Runway Metode Klasik

Pesawat kritis untuk perencanaan adalah Airbus 330-200. Langkah awal yang dilakukan untuk menghitung tebal ekuivalen perkerasan adalah sebagai berikut:

1. Nilai CBR Subgrade
 - CBR Subgrade = 6%
 - Ekuivalen Annual Departure = 1508,364
2. Menghitung tebal perkerasan total menggunakan kurva *flexible pavement requirements* pada gambar 5.7 sesuai dengan karakteristik pesawat kritis yaitu Airbus 330-200 pada table 4.5.



Gambar 5. 27 Nilai minimum tebal perkerasan A330-200

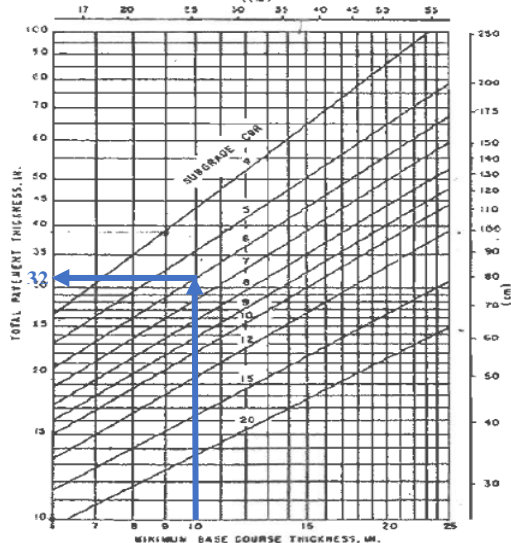
Dari kurva diatas, untuk pesawat kritis Airbus 330-200 dengan
 CBR *Subgrade* = 6%

Equivalent Departure = 1.508,364

Didapatkan hasil tebal perkerasan 35 inch (89 cm). Untuk kondisi eksisting saat ini tebal perkerasan runway yaitu 30,3 inch (77 cm). Sehingga diperlukan penambahan lapisan/overlay setebal 4,7 inch (12 cm). Selanjutnya perlu dilakukan pengecekan dengan syarat- syarat minimum perkerasan pada tahap berikutnya.

3. Syarat minimum total tebal perkerasan

Untuk syarat minimum total tebal perkerasan menggunakan kurva total pavement thickness terhadap minimum base course thickness. Pada kurva 5.7 didapatkan bahwa total minimum tebal perkerasan adalah 32inch (81,8cm). Pada susunan rencana perkerasan untuk total tebal perkerasan bernilai 35inch (89 cm) sehingga sudah memenuhi persyaratan.



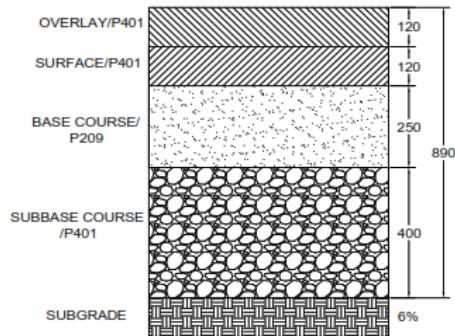
Gambar 5. 28 Kurva nilai minimum Base Course

Sumber: KP 93 Tahun

4. Syarat tebal lapisan *surface course*
 Pada tabel 3.7 ditentukan bahwa pesawat Airbus 330-200 mempunyai tebal lapisan campuran aspal minimum 5" (12,7 cm) untuk area kritis (jalur roda) dan minimum 4" (10 cm) untuk area diluar jalur roda. Pada susunan struktur eksisting tebal *surface course* yaitu 4,7inch (12cm). Kemudian dijumlahkan dengan overlay setebal 4,7inch (12 cm) sehingga total untuk perencanaan *surface course* menjadi 8,7inch (24 cm) sehingga sudah memenuhi persyaratan.

5. Syarat tebal lapisan *base course*
 Pada tabel 3.8 untuk pesawat kritis Airbus 330-200 yang mempunyai konfigurasi roda yaitu *dual tandem gear* didapatkan untuk nilai minimum *base course* yaitu 8" (20cm). Pada susunan perkerasan rencana tebal *base course* yaitu 9,8" (25cm) sehingga telah memenuhi persyaratan.

6. Tebal perkerasan ekuivalen
 - P-401 (*Surface Course*) = 9,4" (24 cm)
 - P-209 (*Base Course*) = 9,8" (25cm)
 - P-154 (*Subbase Course*) = 15,7" (40 cm)
 - CBR *Subgrade* = 6%
 - Total tebal lapisan perkerasan adalah 35" (89cm)

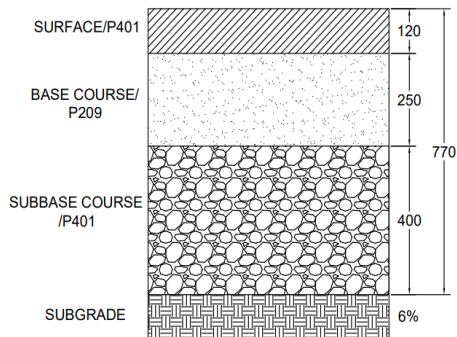


Gambar 5. 36 Susunan Struktur Runway perbaikan metode klasik

5.5.6 Perhitungan Tebal Lapisan Tambahan/Overlay Program FAARFIELD

Untuk perhitungan tebal lapisan tambahan/overlay menggunakan program FAARFIELD dibutuhkan data jenis pesawat, annual departure, dan struktur runway eksisting. Untuk perencanaan menggunakan umur rencana 20 tahun.

Struktur runway eksisting:



Gambar 5. 44 Struktur runway eksisting

- Surface Course (P-401) = 120 mm
- Base Course (P-209) = 250 mm
- Subbase Course (P-154)= 400 mm
- CBR Subgrade = 6%

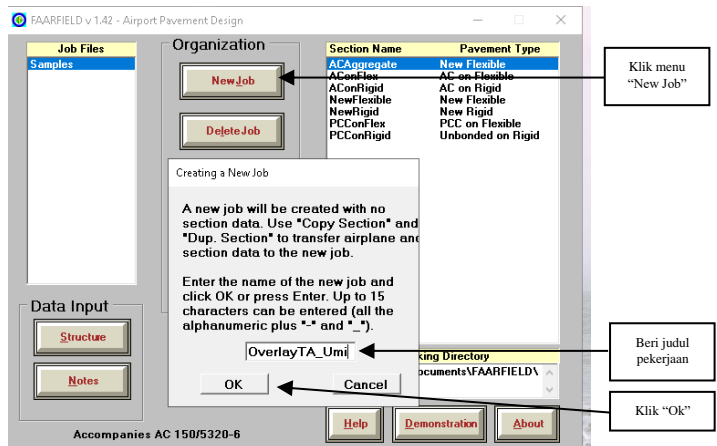
Tabel 5. 11 Data pesawat yang diinput pada FAARFIELD

No	Jenis Pesawat	Gross Taxi Weight (tons)	Gross Taxi Weight (lbs)	Annual Departure	% Annual Growth
1	Airbus A320	77	169.75	4918	8.60
2	Bombardier CRJ1000	41.6	91.71	220	8.60
3	Boeing 737-900ER	85.2	187.83	2256	8.60

4	Boeing 737-500	60.5	133.38	869	8.60
5	Aerospatiale ATR 72	22.8	50.26	790	8.60
6	Aerospatiale ATR 42	18.6	41.01	1147	8.60
7	Cessna C208	3.99	8.80	781	8.60
8	Airbus A330-200	233	513.67	730	8.60

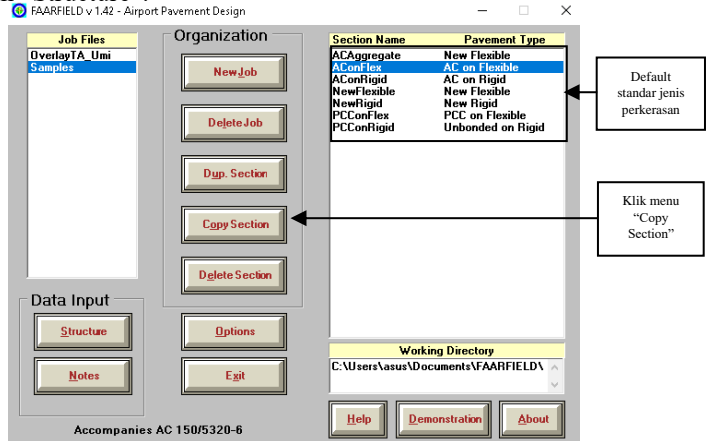
Data- data tersebut akan digunakan untuk menentukan atau menghitung penambahan tebal lapisan tambahan (*overlay*). Adapun tahap perhitungan overlay dengan FAARFIELD adalah sebagai berikut:

1. Buka Program FAARFIELD. Klik “New Job” kemudian beri judul pekerjaan yang dilakukan contoh “OverlayTA_Umi”, selanjutnya klik “ok”.

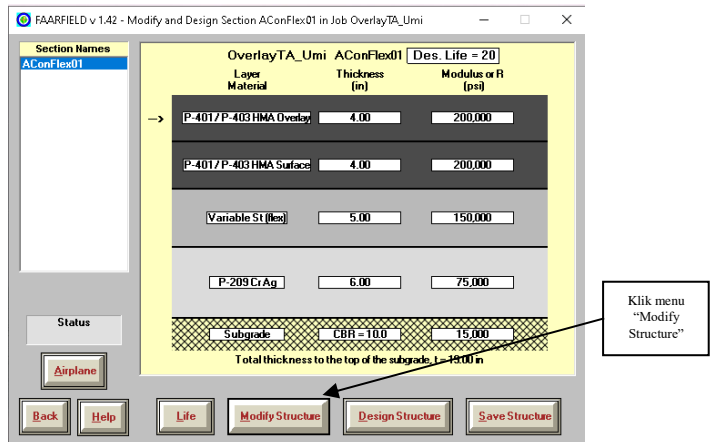


2. Perkerasan eksisting desain overlay flexible pavement, pilih dari “Samples”. Kemudian klik “AConFlex” pada default standar jenis perkerasan yang sudah tersedia, klik “Copy Section”,

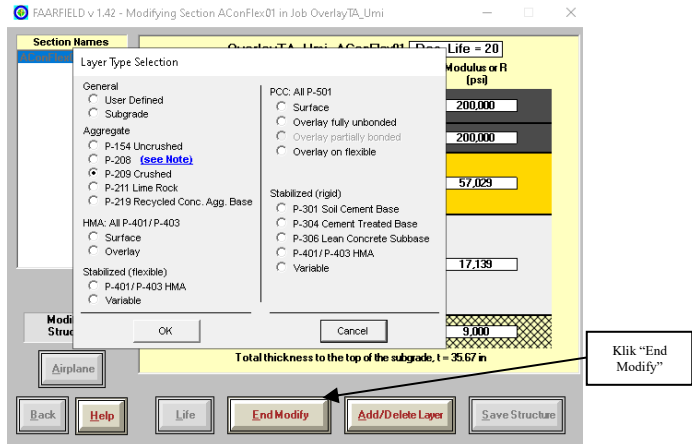
“OverlayTA_Umi”, lalu klik “End Copy”. Langkah selanjutnya pilih “Structure”.



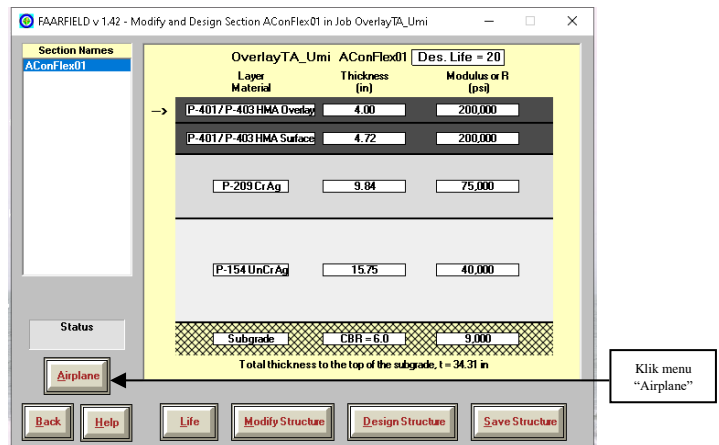
- Selanjutnya klik “Modify Structure” dan “Add/Delete Layer” untuk menyesuaikan dengan struktur eksisting. Kemudian jika sudah selesai, klik “End Modify”.



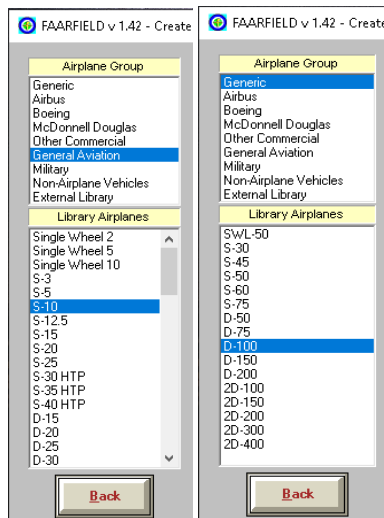
4. Kemudian klik pada lapisan atas dan lihat pada “Layer Type Selection” untuk memastikan bahwa lapisan tersebut adalah lapisan overlay. Lalu klik “End Modify”.



5. Setelah selesai memodifikasi, klik “Airplane” untuk memasukkan data jenis pesawat, *annual departure*, dan *annual growth*.



6. Memasukkan data jenis pesawat, *annual departure*, dan *annual growth*. Data pesawat pada FAARFIELD tersedia pada *library* yang dibagi menjadi beberapa kelompok (*Airplane Group*). Airplane Group terdiri dari berbagai macam yaitu Generic (Umum), Airbus, Boeing, McDonnell Douglas, *Other Commercial* (Pesawat Komersial), *General Aviation*, *Military*, *Non Airplane Vehicle* dan *External Library*. Akan tetapi tidak semua varian atau aircraft manufacturer ada pada grup tersebut. Pada data jenis pesawat, yang tidak tersedia pada *aircraft library* FAARFIELD adalah Bombardier CRJ1000, ATR 72-600, ATR 42-600, dan Cessna C-208. Pesawat yang tidak tersedia pada aircraft library harus didefinisikan sendiri menggunakan kelompok *Generic* atau *General Aviation*. Pesawat didefinisikan sesuai dengan MTOW (lbs) dan konfigurasi main gear-nya.

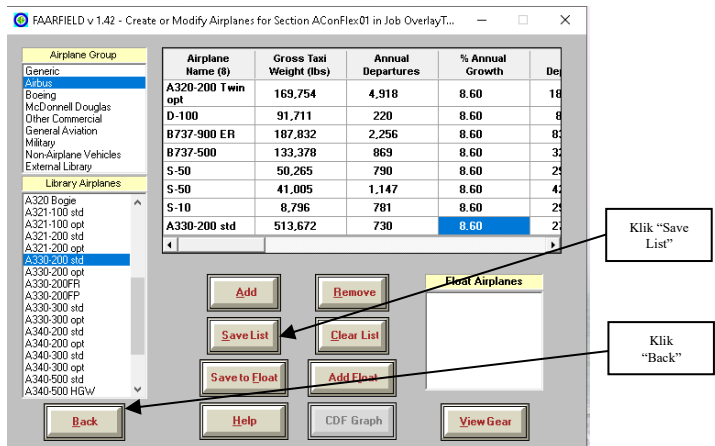


S yang dimaksud merupakan konfigurasi main gear-nya single, D artinya dual, 2D artinya dual tandem. Huruf yang mengartikan konfigurasi main gear diikuti dengan MTOW pesawat dalam lbs. S-10 artinya pesawat dengan single wheel pada main gear dengan MTOW 10.000lbs. Jika

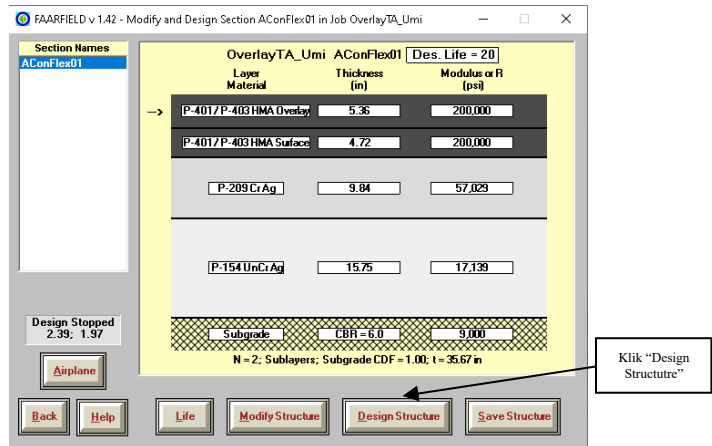
MTOW pesawat nilainya tidak sesuai dengan angka yang tepat, misalnya 8.796 lbs (Cessna C-208), nilai MTOW pada FAARFIELD bisa diubah sesuai dengan MTOW pesawat tersebut. Berikut daftar pesawat yang tidak tersedia pada library FAARFIELD.

No	Jenis Pesawat	Konfigurasi Main Gear	Gross Taxi Weight (kg)	Gross Taxi Weight (lbs)	Nama di FAARFIELD
1	Bombardier CRJ1000	Dual Wheel	41600	91711.36	D-100
2	Aerospatiale ATR 72	Dual Wheel	22800	50264.88	S-50
3	Aerospatiale ATR 42	Dual Wheel	18600	41005.56	S-50
4	Cessna C208	Single Wheel	3990	8796.354	S-10

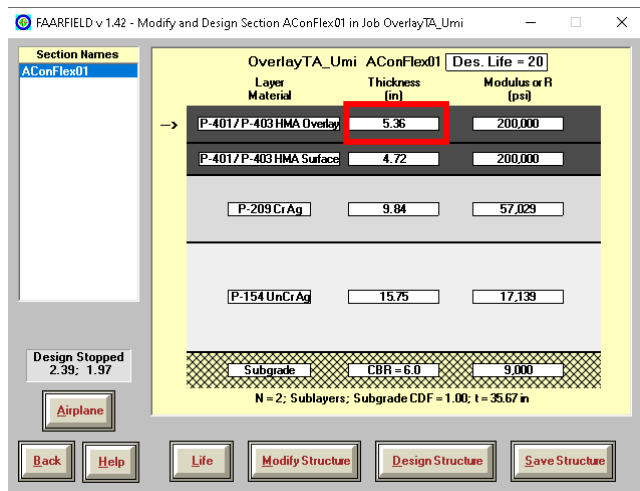
- Setelah memasukkan semua jenis pesawat dan annual departure, data disimpan dengan cara klik “Save List”. Untuk kembali pilih “Back”.

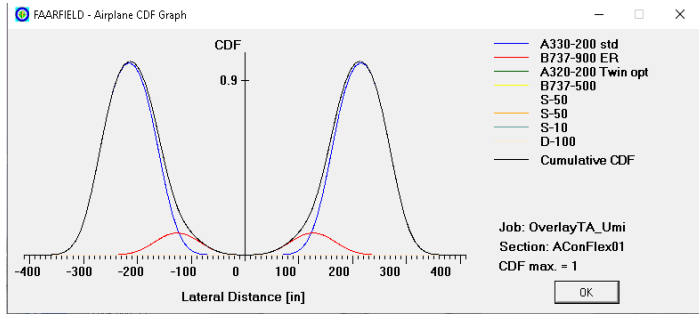


8. Selanjutnya klik “Design Structure” untuk menampilkan ketebalan overlay yang dibutuhkan.



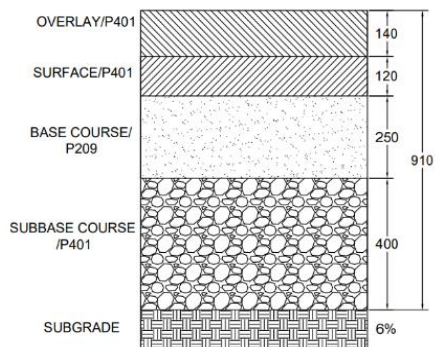
Hasil dari analisa perhitungan tebal perkerasan tambahan (overlay) adalah sebagai berikut:





Hasil perhitungan tebal lapisan tambahan (overlay) adalah 5,36” atau 13,61 cm. Nilai 13,61 cm akan dibulatkan menjadi 14 cm untuk memudahkan proses penghamparan. Angka CDF (Cumulative Damage Factor) menunjukkan angka 1 yang berarti perkerasan tersebut akan mengalami kerusakan saat umur rencana 20 tahun.

Jadi untuk membuat pesawat Airbus A330-200 agar dapat beroperasi di Bandara APT Pranoto diperlukan penambahan tebal lapisan overlay setebal 14 cm. Sehingga tebal total lapisan menjadi 91 cm.



Gambar 5. 52 Susunan struktur runway perbaikan metode FAARFIELD

5.5.7 Perhitungan PCN Lapisan Tambahan/ Overlay Program COMFAA

Perhitungan PCN lapisan tambahan/ overlay runway dengan COMFAA akan digunakan data tebal perkerasan yang didapatkan dari metode klasik dan metode program FAARFIELD. Untuk tebal lapis perkerasan berdasarkan hasil analisa metode klasik dan metode program FAARFIELD yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

Tabel 5. 12 Struktur perkerasan perbaikan dengan metode klasik dan Faarfield

Struktur Perkerasan	Metode Klasik		Metode FAARFIELD	
	inch	cm	inch	cm
Surface Course +Overlay	9,4	24	10,2	26
Base Course	9,8	25	9,8	25
Subbase Course	15,7	40	15,7	40
Total	35	89	35,7	91

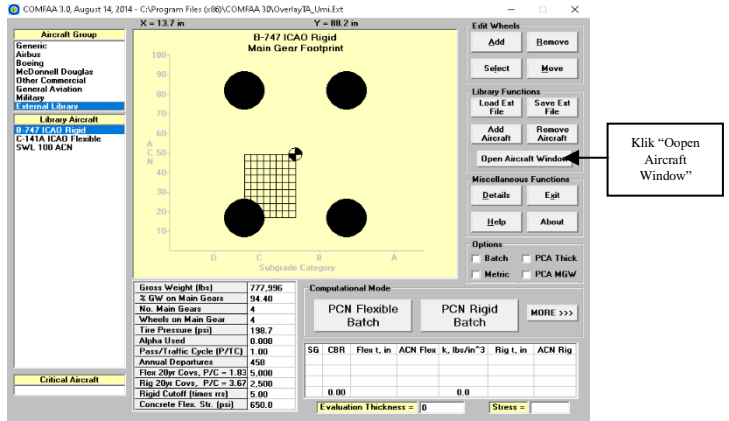
Berdasarkan nilai tebal perkerasan diatas, maka hasil analisa evaluation thickness melalui spreadsheet COMFAA adalah sebagai berikut:

Metode klasik = 41 inch (104cm)

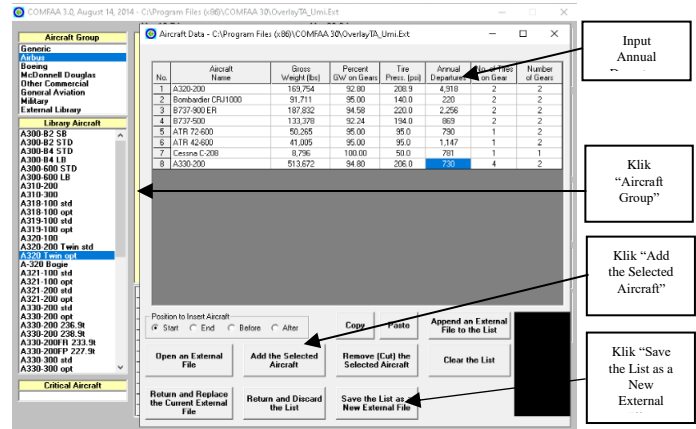
Metode FAARFIELD = 43 inch (109cm)

Untuk perhitungan PCN tebal lapisan overlay pada program COMFAA dibutuhkan data jenis pesawat, annual departure, dan struktur runway. Data- data tersebut akan digunakan untuk menghitung dan menentukan PCN lapisan tambahan atau overlay. Sebagai contoh berikut langkah- langkah menghitung PCN overlay dari hasil data FAARFIELD:

1. Membuka program COMFAA. Masukkan semua jenis pesawat yang beroperasi maupun yang direncanakan akan beroperasi pada library COMFAA dengan cara klik “Open Aircraft Window” pada Library Function.



2. Untuk menambahkan pesawat sesuai dengan data pada kolom sebelah kiri kita dapat memilih pesawat melalui “Aircraft Group”. Setelah itu klik “Add the Selected Aircraft”, kemudian sesuaikan karakteristik pesawat seperti beban, annual departure, dan data lainnya pada tabel yang telah disediakan. Kemudian klik “Save the list as New External File”.



3. Selanjutnya memasukkan tebal evaluasi menggunakan spreadsheet COMFAA pada sheet “FlexPCN”. Pada cell B20 dan B21 isikan data tebal referensi yang sesuai dengan persyaratan FAA mengenai tebal minimum material P-401 dan P-209 diperoleh tebal material P-401 sebesar 5inch (12,7cm) dan tebal material P-209 sebesar 8 inch (20,3cm). Isikan nilai CBR yaitu 6% pada tabel cell G14.Lalu pada cell G6-G12 masukkan data karakteristik perkerasan yang ditinjau. Faktor koreksi untuk tebal evaluasi digunakan untuk menyesuaikan ketebalan lapisan yang disarankan oleh FAA untuk flexible pavement. Faktor koreksi yang digunakan pada analisis ini adalah nilai faktor konversi pada tabel 5.13.

Tabel 5. 13 Faktor koreksi perkerasan lentur

Structural Item	Range Convert to P-209	Recommended Convert to P-209	Range Convert to P-154	Recommended Convert to P-154
P-501	-	-	-	-
P-401	1,2 to 1,6	1,6	1,7 to 2,3	2,3
P-403	1,2 to 1,6	1,6	1,7 to 2,3	2,3
P-306	1,2 to 1,6	1,2	1,6 to 2,3	1,6
P-304	1,2 to 1,6	1,2	1,6 to 2,3	1,6
P-212	-	-	-	-
P-213	-	-	-	-
P-220	-	-	-	-
P-209	1,0	1,0	1,2 to 1,6	1,4
P-208	1,0	1,0	1,0 to 1,5	1,2
P-211	1,0	1,0	1,0 to 1,5	1,2
P-301	n/a	-	1,0 to 1,5	1,2
P-154	n/a	-	1,0	1,0
P-501	<i>Range Convert to P-401 2,2 to 2,5; Recommended 2,5</i>			

Berdasarkan hasil diatas, dapat kita lihat bahwa tebal material P-401, P-209, dan P-154 masing- masing dikonversi ke dalam tebal evaluasi dengan faktor koreksi. Proses manual perhitungan evaluation thickness adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{P-401: } 10,2 - 5 &= 5,2 \text{ in (material berlebih)} \\
 &5,2 \times 1,6 = 8,32 \text{ in (untuk ditambah ke P-209)} \\
 \text{P-209: } 9,8 - 8 &= 1,8 \text{ in (material berlebih)} \\
 &1,8 \times 1,4 = 2,6 \text{ in (untuk ditambah ke P-154)}
 \end{aligned}$$

$$8,32 \times 1,4 = 11,7 \text{ in (untuk ditambah ke P-154)}$$

$$P-154 = 15,7 \text{ in}$$

$$\text{Total tebal evaluasi} = 5 + 8 + 2,6 + 11,7 + 15,7 = 43,0 \text{ in}$$

Untuk nilai tebal evaluasi juga dapat dilihat pada cell B18.

The screenshot shows the COMFAA software interface. On the left, a table lists pavement structure items with their respective thicknesses and CBR values. On the right, a diagram shows the pavement structure layers: Existing Pavement (P-401, P-209, P-154) and Equivalent Pavement (HMA, Base, Subbase, Subgrade CBR 6.0). A callout box labeled 'Input struktur' points to the diagram. Below the diagram, there are buttons for 'Format Chart', 'Save Data', 'Clear Saved Data', and 'Zero Layer Data'. At the bottom, there are 'COMFAA Inputs' fields for 'Evaluation thickness t = 43.0 in.' and 'Evaluation CBR = 6.0', along with 'Recommended PCN Codes: F/CIX'.

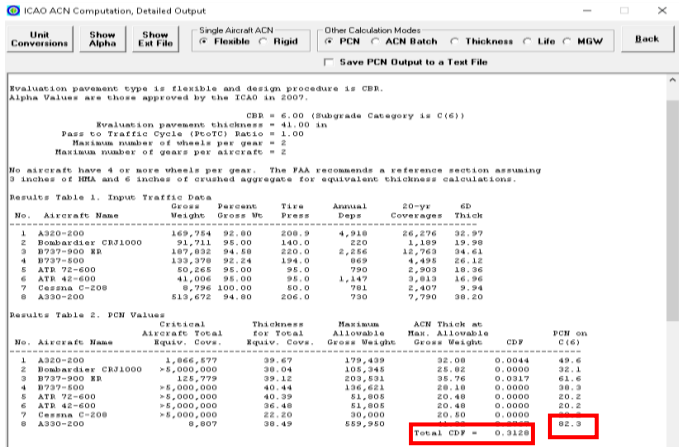
Item	Convert to P-209	Convert to P-154	Existing Flexible Pavement Layers	ENTER Existing Layer Thickness
6	P-401/3 P-403	1.6	P-401/3	10.2 in.
7	P-306 ECONCRTE	1.2	P-306	0.0 in.
8	P-304 CEM TRTD	1.2	P-304	0.0 in.
9	P-209 Cr AGG	1.0	P-209	9.8 in.
10	P-208 Agg P-211	1.0	P-208	0.0 in.
11	P-301 SOIL.CEM.	1.2	P-301	0.0 in.
12	P-154 Subbase	1.0	P-154	15.7 in.
13			Subgrade CBR	6.0
14	Equivalent Thickness, mm			
15	P-401/3	5.0		
16	P-209	8.0		
17	P-154	30.0		
18	Total	43.0		

4. Kemudian memasukkan data karakteristik berupa nilai CBR dan nilai tebal evaluasi pada COMFAA. Setelah semua data telah selesai diinput, klik “PCN Flexible Batch” untuk merunning/ menjalankan programnya. Kemudian untuk melihat output dari perhitungan nilai PCN dapat dilihat dengan mengklik “Details” pada menu Miscellaneous Function.

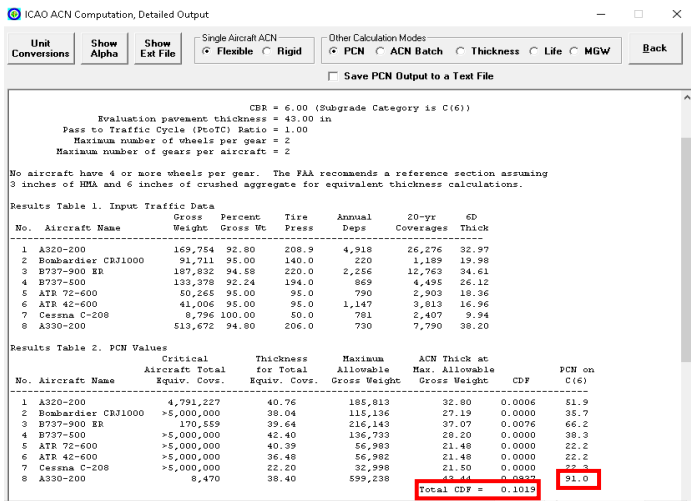
The screenshot shows the COMFAA software interface displaying an aircraft footprint for an A320-200. The main window shows a top-down view of the aircraft footprint on a grid. On the right, there is a 'Library Functions' menu with options like 'Add', 'Remove', 'Details', and 'PCN Flexible Batch'. A callout box labeled 'Klik "Details"' points to the 'Details' button. Below the main window, there is a 'Computational Mode' section with buttons for 'PCN Flexible Batch' and 'PCN Rigid Batch'. A callout box labeled 'Klik "PCN Flexible Batch"' points to the 'PCN Flexible Batch' button. Below this, there is a table showing 'SG CBR', 'Flex. In.', 'ACN Flex. In.', 'Rn/Ac^3', 'Dist. In.', and 'ACN Rig'. A callout box labeled 'Input Nilai CRR' points to the 'SG CBR' field. Below the table, there is a field for 'Evaluation Thickness = 43.0 in.' with a callout box labeled 'Input tebal ekuivalensi' pointing to it.

SG CBR	Flex. In.	ACN Flex. In.	Rn/Ac^3	Dist. In.	ACN Rig
6.00			0.0		

Berikut adalah output nilai PCN dan CDF dari program COMFAA:



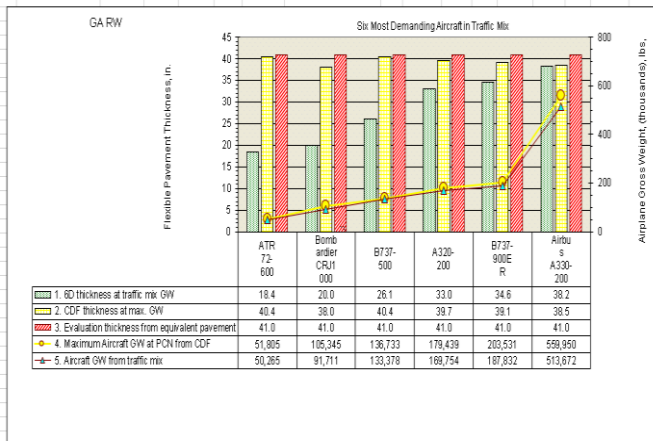
Gambar 5. 53 Nilai CDF untuk perbaikan metode klasik



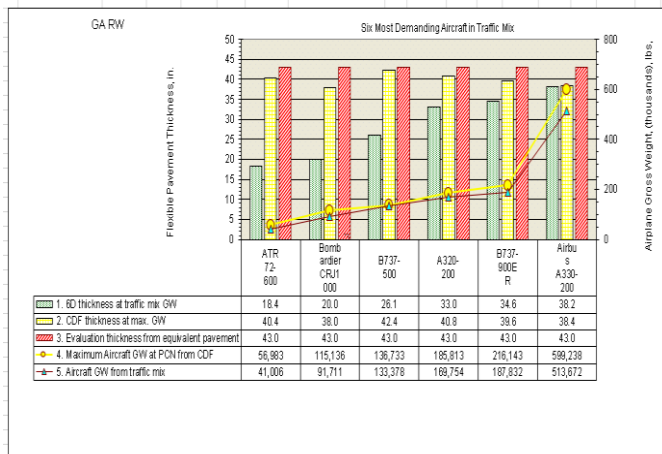
Gambar 5. 54 Nilai CDF untuk perbaikan metode FAARFIELD

Berdasarkan output program COMFAA diatas diketahui nilai PCN 82,3 dan 91,0. Untuk nilai CDF berturut- turut 0,3128 dan 0,1019. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa kedua metode memenuhi ketentuan. Untuk pesawat rencana Airbus A330-200 mempunyai ACN yaitu 71 (Metode *Aircraft Manufacture*), 76 (Metode COMFAA), 72 (Metode *Transprt Canada*). Sehingga disini dapat dilihat bahwa kedua metode mempunyai nilai PCN untuk metode klasik yaitu 82,3 dan metode FAARFIELD 91,0 lebih besar dari ACN pesawat rencana ($PCN > ACN$). Kemudian nilai CDF metode klasik dan metode FAARFIELD juga lebih kecil dari 1 ($CDF < 1$). Sehingga dapat disimpulkan bahwa desain tebal lapisan tambahan/*overlay* runway struktur perkerasan metode klasik dan metode FAARFIELD mampu untuk melayani pertumbuhan dan pergerakan pesawat pada Bandara APT Pranoto.

Selanjutnya dengan bantuan spreadsheet COMFAA akan dilakukan analisa dengan grafik 6 pesawat yang paling berpengaruh pada perkerasan. Grafik perhitungan terdiri dari dua. Grafik pertama berisi data tebal perkerasan yang disarankan. Grafik kedua berisi perbandingan nilai ACN dan PCN.



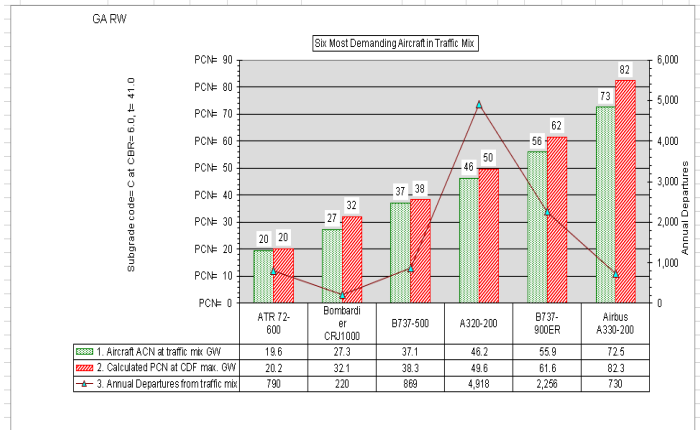
Gambar 5. 55 Grafik rekomendasi tebal perkerasan berdasarkan analisa perbaikan metode klasik



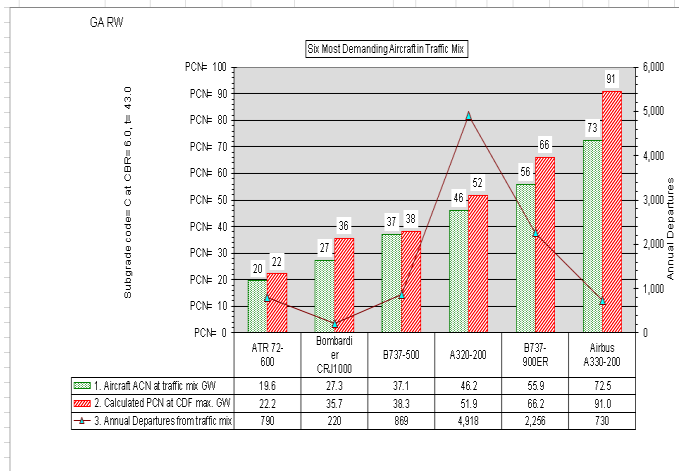
Gambar 5. 56 Grafik rekomendasi tebal perkerasan berdasarkan analisa perbaikan metode FAARFIELD

Grafik diatas menunjukkan perbandingan antara ketebalan 6D, ketebalan CDF, dan *Evaluation thickness*. Dari grafik diatas menunjukkan bahwa ketebalan *Evaluation thickness* masih lebih tinggi dari ketebalan 6D dan CDF. Maka dapat disimpulkan bahwa perkerasan tersebut mampu untuk melayani perkembangan pesawat pada Bandara APT Pranoto.

Berikut adalah grafik perbandingan antara nilai ACN dan PCN dari 6 pesawat yang paling berpengaruh pada perkerasan:



Gambar 5. 58 Grafik perbandingan nilai ACN-PCN berdasarkan analisa perbaikan metode klasik



Gambar 5. 65 Grafik perbandingan nilai ACN-PCN berdasarkan analisa perbaikan metode FAARFIELD

Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa nilai PCN lebih tinggi dibandingkan dengan nilai ACN. Jadi dapat disimpulkan bahwa tebal lapisan tambahan/*overlay* tersebut dapat dijadikan salah satu rekomendasi untuk pengelola Bandara APT Pranoto sebagai upaya meningkatkan nilai PCN pada landas pacu/ *runway*.

5.6 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

Untuk mengetahui rencana anggaran biaya perbaikan dan perpanjangan runway Bandara APT Pranoto dapat dihitung berdasarkan volume perbaikan dan perpanjangan dikalikan dengan analisa harga satuan pekerjaan Kabupaten Kutai Timur 2021.

5.6.1 RAB Perbaikan Overlay runway

Dari hasil analisis yang sudah dilakukan didapatkan digunakan hasil perhitungan tebal overlay dengan metode klasik dikarenakan lebih efektif dan efisien dalam pengerjaan. Untuk tebal overlay yang dibutuhkan yaitu adalah 12 cm. Selanjutnya di bawah ini akan dilakukan perhitungan terhadap volume pada perencanaan perbaikan overlay pada runway.

1 Total Volume Aspal AC-WC

$$\begin{aligned} V &= p \times l \times t \\ &= 2250 \times 45 \times 0,12 \\ &= 12150 \end{aligned}$$

2 Total Volume Tack Coat

$$\begin{aligned} V &= p \times l \\ &= 2250 \times 45 \\ &= 101250 \end{aligned}$$

3 Total volume pengecatan marka

No	Marka	Luas	Jumlah	Total
1	Runway center line	30x 0,45	45	607.5
2	Runway designation 04	27 + 35	1	62
3	Runway designation 22	27 + 27	1	54
4	Touchdown area	22,5 x 1,8	30	1215
5	Aiming point	60 x 10	4	2400
6	Threshold	30 x 1,8	24	1296
7	Runway side strip	0,9 x 2250	2	4050
Total				9685

Selanjutnya akan dilakukan analisa harga satuan pekerjaan yaitu sebagai berikut:

1 Pek. Pengukuran

NO	KOMPONEN	Satuan	PERKIRAAN KUANTITAS	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
A	TENAGA				
1	Pekerja	OH	0.012	149507.53	1794.090
2	Juru Ukur	OH	0.008	189759.56	1518.076
JUMLAH HARGA TENAGA					3312.167
B	BAHAN				
JUMLAH HARGA BAHAN					0.000
C	PERALATAN				
1	Waterpass	Hari	0.004	163937.50	655.750
2	Theodolite	Hari	0.004	273193.00	1092.772
JUMLAH HARGA PERALATAN					
D	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN, DAN PERALATAN				4404.939
E	OVERHEAD & PROFIT	15.000% x D			660.741
F	HARGA SATUAN PEKERJAAN				5065.680

2 Pek. Tack Coating

NO	KOMPONEN	Satuan	PERKIRAAN KUANTITAS	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
A	TENAGA				
1	Pekerja	OH	0.002	149507.5293	299.02
2	Mandor	OH	0.0004	189759.5564	75.90
JUMLAH HARGA TENAGA					374.92
B	BAHAN				
1	Minyak tanah	Liter	0.484	15297.94	7404.20
2	Aspal	Kg	0.635	10690.15	6788.24
JUMLAH HARGA BAHAN					14192.45
C	PERALATAN				
1	Compressor	Hari	0.0002	244767.04	48.95
2	Asphalt Sprayer	Hari	0.0002	108170.54	21.63
JUMLAH HARGA PERALATAN					70.59
D	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN, DAN PERALATAN				14637.95
E	OVERHEAD & PROFIT	15% x D			2195.69
F	HARGA SATUAN PEKERJAAN				16833.65

3 Pek. Overlay

NO	KOMPONEN	Satuan	PERKIRAAN KUANTITAS	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
A	TENAGA				
1	Mandor	OH	0.02	189759.5564	3795.19
2	Pekerja	OH	0.201	149507.5293	30051.01
	JUMLAH HARGA TENAGA				33846.20
B	BAHAN				
1	Semen	sak	0.247	101743.24	25130.58
2	Agregat Kasar	m3	0.298	534125.96	159169.53
3	Agregat Halus	m3	0.352	534125.96	188012.34
4	Aspal	kg	62.83	10690.15	671661.90
	JUMLAH HARGA BAHAN				1043974.35
C	PERALATAN				
1	Genset	Unit	0.003	645876.87	1937.63
2	Ashpalt Finisher	Jam	0.014	688732.80	9642.26
3	Tandem Roller	Jam	0.014	390151.72	5462.12
4	Pnuematic Tire Roller	Jam	0.006	710323.51	4261.94
5	Wheel Loader	Jam	0.01	678642.67	6786.43
6	Ashpalt Mixing Plant	Jam	0.02	10874340.09	217486.80
7	Dump Truck	Jam	0.37	448088.60	165792.78
	JUMLAH HARGA PERALATAN				411369.97
D	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN, DAN PERALATAN				1489190.5
E	OVERHEAD & PROFIT		15% x D		223378.6
F	HARGA SATUAN PEKERJAAN				1712569.1

4 Pek. Pengcatan Marka

NO	KOMPONEN	Satuan	PERKIRAAN KUANITITAS	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
A	TENAGA				
1	Pekerja	OH	0.1	149507.5293	14950.75293
2	Mandor	OH	0.015	189759.5564	2846.393347
JUMLAH HARGA TENAGA					17797.14628
B	BAHAN				
1	Cat Marka Jalan	Kaleng	0.345	488232.13	168440.0866
2	Thinner A	Liter	0.3	48280.73	14484.22
JUMLAH HARGA BAHAN					182924.3066
C	PERALATAN				
JUMLAH HARGA PERALATAN					0
D	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN, DAN PERALATAN				200721.4528
E	OVERHEAD & PROFIT		15% x D		30108.21792
F	HARGA SATUAN PEKERJAAN				230829.6708

Adapun rekapitulasi rencana anggaran biaya adalah sebagai berikut:

Tabel 5.14 Rekapitulasi RAB Overlay

No	Uraian Pekerjaan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
I	Pekerjaan Persiapan			
1	Pekerjaan Pengukuran	101250m ²	5065.7	512900063.5
			Jumlah	512900063.5
II	Overlay Runway			
1	Pekerjaan Tack Coat	101250m ²	16833.6	1704406585
2	Overlay AC-WC tebal 12cm	12150ton	1712569.1	20807714532
3	Pekerjaan Marka Jalan	9684.5m ²	230829.7	2235469946
			Jumlah	24747591064
			Total	Rp 25,260,491,127

Dari hasil perhitungan rencana anggaran biaya diatas dapat diketahui bahwa untuk perencanaan perbaikan dengan overlay 12 cm pada runway Bandara APT Pranoti dibutuhkan biaya sebesar Rp. 25.260.491.127.

5.6.2 Rencana Anggaran Biaya Perpanjangan Runway

Dari hasil analisis yang telah dilakukan digunakan hasil tebal dari perpanjangan runway dari metode klasik yaitu 35” atau 89 cm dengan susunan yaitu surface course sebesar 18 cm, base course 23 cm, dan subbase course sebesar 48 cm. Selanjutnya di bawah ini akan dilakukan perhitungan volume dan rencana anggaran biaya untuk perencanaan perpanjangan runway.

1 Volume Pembersihan

$$\begin{aligned} V &= 740 \times 45 \\ &= 33300 \end{aligned}$$

2 Volume Pengukuran

$$\begin{aligned} V &= 740 \times 45 \\ &= 33300 \end{aligned}$$

3 Volume Timbunan

$$\begin{aligned} V &= 16.91 \times 45 \\ &= 760.95 \end{aligned}$$

4 Volume perpanjangan

a. Lapis Pondasi A

$$\begin{aligned} &= p \times l \times t \\ &= 740 \times 45 \times 0.48 \\ &= 15984 \end{aligned}$$

b. Lapis Pondasi Batu Pecah

$$\begin{aligned} &= p \times l \times t \\ &= 740 \times 45 \times 0.23 \\ &= 7659 \end{aligned}$$

c. Lapis Permukaan AC (Laston)

$$\begin{aligned} &= p \times l \times t \\ &= 740 \times 45 \times 0.18 \\ &= 5994 \end{aligned}$$

5 Total volume pengecatan marka

No	Marka	Luas	Jumlah	Total
1	Runway center line	30x 0,45	15	202.5
2	Runway designation 04	27 + 35	1	62
3	Runway designation 22	27 + 27	1	54
4	Touchdown area	22,5 x 1,8	10	405
5	Aiming point	60 x 10	4	2400
6	Threshold	30 x 1,8	24	1296
7	Runway side strip	0,9 x 750	2	1350
Total				5769.5

Selanjutnya akan dilakukan analisa harga satuan pekerjaan yaitu sebagai berikut:

1 Pekerjaan Pembersihan

NO	KOMPONEN	Satuan	PERKIRAAN KUANTITAS	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
A	TENAGA				
1	Pekerja	0.1	OH	149507.53	14950.753
2	Mandor	0.05	OH	189759.56	9487.978
JUMLAH HARGA TENAGA					24438.731
B	BAHAN				
JUMLAH HARGA BAHAN					0.000
C	PERALATAN				
JUMLAH HARGA PERALATAN					0.000
D	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN, DAN PERALATAN				24438.731
E	OVERHEAD & PROFIT	15.000%	x D		3665.810
F	HARGA SATUAN PEKERJAAN				28104.540

2 Pek. Pengukuran

NO	KOMPONEN	Satuan	PERKIRAAN KUANTITAS	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
A	TENAGA				
1	Pekerja	OH	0.012	149507.53	1794.090
2	Juru Ukur	OH	0.008	189759.56	1518.076
	JUMLAH HARGA TENAGA				3312.167
B	BAHAN				
	JUMLAH HARGA BAHAN				0.000
C	PERALATAN				
1	Waterpass	Hari	0.004	163937.50	655.750
2	Theodolite	Hari	0.004	273193.00	1092.772
	JUMLAH HARGA PERALATAN				
D	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN, DAN PERALATAN				4404.939
E	OVERHEAD & PROFIT	15.000% x D			660.741
F	HARGA SATUAN PEKERJAAN				5065.680

3 Pek. Pengurangan

NO	KOMPONEN	Satuan	PERKIRAAN KUANTITAS	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
A	TENAGA				
1	Pekerja	0.5 OH		149507.53	74753.765
2	Mandor	0.05 OH		189759.56	9487.978
	JUMLAH HARGA TENAGA				84241.742
B	BAHAN				
	JUMLAH HARGA BAHAN				0.000
C	PERALATAN				
	JUMLAH HARGA PERALATAN				0.000
D	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN, DAN PERALATAN				84241.742
E	OVERHEAD & PROFIT	15.000% x D			12636.261
F	HARGA SATUAN PEKERJAAN				96878.004

4 Pekerjaan Lapis Pondasi Agregat Kelas A

NO	KOMPONEN	Satuan	PERKIRAAN Kuantitas	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
A	<u>TENAGA</u>				
1	Pekerja	OH	0.0595	149507.5293	8895.70
2	Mandor	OH	0.0085	189759.5564	1612.96
	JUMLAH HARGA TENAGA				10508.65
B	<u>BAHAN</u>				
1	Agregat kelas A	m3	1.2586	15297.94	19253.99
	JUMLAH HARGA BAHAN				19253.99
C	<u>PERALATAN</u>				
1	Wheel Loader	Jam	0.0085	678642.67	5768.46
2	Dump Truck	Jam	0.5043	448088.60	225971.08
3	Motor Grader	Jam	0.0043	891728.87	3834.43
4	Tandem Roller	Jam	0.0134	390151.72	5228.03
5	Water Tanker	Jam	1	640343.57	640343.57
	JUMLAH HARGA PERALATAN				881145.58
D	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN, DAN PERALATAN				910908.22
E	OVERHEAD & PROFIT	15% x D			136636.23
F	HARGA SATUAN PEKERJAAN				1047544.46

5 Pekerjaan Lapis Batu Pecah (CTB)

NO	KOMPONEN	Satuan	PERKIRAAN KUANTITAS	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
A	TENAGA				
1	Pekerja	OH	0.0595	390151.7238	23214.03
2	Mandor	OH	0.0085	710323.5083	6037.75
	JUMLAH HARGA TENAGA				29251.78
B	BAHAN				
1	Agregat kelas A	m3	1.2586	891728.87	1122329.96
2	Semen PC	Kg			
	JUMLAH HARGA BAHAN				1122329.96
C	PERALATAN				
1	Wheel Loader	Jam	0.0405	678642.67	27485.03
2	Dump Truck	Jam	0.1547	448088.60	69319.31
3	Motor Grader	Jam	0.0157	891728.87	14000.14
4	Batching Plant	Jam	0.0518	584685.11	30286.69
5	Vibrator Roller	Jam	0.0078	615280.99	4799.19
6	Pneumatic Tire Roller	Jam	0.0131	710323.51	9305.24
7	Water Tanker	Jam	0.0206	640343.57	13191.08
	JUMLAH HARGA PERALATAN				168386.67
D	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN, DAN PERALATAN				1319968.41
E	OVERHEAD & PROFIT	15% x D			197995.26
F	HARGA SATUAN PEKERJAAN				1517963.67

6 Pekerjaan Lapis Pondasi Atas

NO	KOMPONEN	Satuan	PERKIRAAN KUANTITAS	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
A	<u>TENAGA</u>				
1	Mandor	OH	0.02	189759.5564	3795.191
2	Pekerja	OH	0.201	149507.5293	30051.013
	JUMLAH HARGA TENAGA				33846.205
B	<u>BAHAN</u>				
1	Semen	sak	0.247	101743.24	25130.58
2	Agregat Kasar	m ³	0.298	534125.96	159169.53
3	Agregat Halus	m ³	0.352	534125.96	188012.34
4	Aspal	kg	62.83	10690.15	671661.90
	JUMLAH HARGA BAHAN				1043974.35
C	<u>PERALATAN</u>				
1	Genset	Unit	0.003	645876.87	1937.631
2	Ashpalt Finisher	Jam	0.014	688732.80	9642.259
3	Tandem Roller	Jam	0.014	390151.72	5462.124
4	Pnuematic Tire Roller	Jam	0.006	710323.51	4261.941
5	Wheel Loader	Jam	0.01	678642.67	6786.427
6	Ashpalt Mixing Plant	Jam	0.02	10874340.09	217486.802
7	Dump Truck	Jam	0.37	448088.60	165792.783
	JUMLAH HARGA PERALATAN				411369.967
D	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN, DAN PERALATAN				1489190.52
E	OVERHEAD & PROFIT	15% x D			223378.58
F	HARGA SATUAN PEKERJAAN				1712569.10

7 Pekerjaan Pengecatan Marka

NO	KOMPONEN	Satuan	PERKIRAAN KUANTITAS	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
A	TENAGA				
1	Pekerja	OH	0.1	149507.5293	14950.75293
2	Mandor	OH	0.015	189759.5564	2846.393347
JUMLAH HARGA TENAGA					17797.14628
B	BAHAN				
1	Cat Marka Jalan	Kaleng	0.345	488232.13	168440.0866
2	Thinner A	Liter	0.3	48280.73	14484.22
JUMLAH HARGA BAHAN					182924.3066
C	PERALATAN				
JUMLAH HARGA PERALATAN					0
D	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN, DAN PERALATAN				200721.4528
E	OVERHEAD & PROFIT	15% x D			30108.21792
F	HARGA SATUAN PEKERJAAN				230829.6708

Adapun rekapitulasi rencana anggaran biaya adalah sebagai berikut:

Tabel 5.15 Rekapitulasi RAB Perpanjangan Runway

No	Uraian Pekerjaan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
I	Pekerjaan Persiapan			
1	Pekerjaan Pembersihan	33300m ²	28104.54037	935881194.2
2	Pekerjaan Pengukuran	33300m ²	5065.7	168687132
3	Pekerjaan Pengurugan	760.95m ³	96878.0	73719317.03
			Jumlah	1178287643
II	Perpanjangan Runway			
1	Lapis Pondasi Bawah	15984ton	1047544.5	16743950603
2	Lapis Pondasi Atas	7659ton	1517963.7	11626083740
3	Lapis Permukaan AC	5994ton	1712569.1	10265139169
4	Pengecatan Marka	5769.5m ²	230829.7	1331771785
			Jumlah	39966945297
			Total Rp	41,145,232,940

Dari hasil perhitungan rencana anggaran biaya diatas dapat diketahui bahwa untuk perencanaan perpanjangan pada runway Bandara APT Pranoti dibutuhkan biaya sebesar Rp. 41.145.232.940. Jadi total biaya yang dibutuhkan untuk melakukan perbaikan dengan overlay dan perpanjangan runway adalah Rp. Rp66.405.724.068.

“Halaman sengaja dikosongkan”

BAB VI KESIMPULAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa pada bab sebelumnya, maka pada bab ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil analisa perbandingan ACN terhadap PCN pesawat yang beroperasi masih memenuhi ketentuan $ACN < PCN$ baik dari runway, taxiway, maupun apron. Untuk pesawat rencana yaitu Airbus A330-200 perbandingan ACN dan PCN semuanya tidak memenuhi. Sehingga perlu dilakukan peningkatan PCN.

PCN Runway = 56/F/C/X/T			PCN Taxiway = 56/F/C/X/T			PCN Apron = 58/R/B/X/T		
> 61,6 (10%)			≤ 61,6 (10%)			≤ 60,9 (5%)		
AM	CMF	TC	AM	CMF	TC	AM	CMF	TC
71	71.6	72	71	71.6	72	61	61.2	56

2. Hasil analisa dengan meninjau nilai CDF perkerasan menunjukkan nilai $CDF > 1$. Pada kondisi pertama hanya menggunakan pesawat yang beroperasi nilai CDF yaitu 7,1. Pada kondisi dua menambahkan pesawat rencana nilai CDF yaitu 20,9. Hal ini menandakan bahwa perkerasan sudah tidak mampu melayani pergerakan pesawat sehingga dibutuhkan perencanaan perbaikan struktur perkerasan.
3. Hasil pengesanan Sand Patch Test pada runway Bandara APT Pranoto Samarinda menunjukkan hasil $< 1,5\text{mm}$ yang berarti bahwa kondisi runway dalam keadaan licin.
4. Hasil analisa perhitungan tebal lapisan tambahan/overlay pada runway dengan dua metode yaitu metode klasik dan metode program FAARFIELD adalah sebagai berikut:

Struktur Perkerasan	Metode Klasik		Metode FAARFIELD	
	inch	cm	inch	cm
Overlay	4,7	12	5,36	14
Surface Course	4,7	12	4,7	12
Base Course	9,8	25	9,8	25
Subbase Course	15,7	40	15,7	40
Total	35	89	35,7	91

Hasil perhitungan PCN dengan metode COMFAA

Metode Klasik = 82,3

Metode FAARFIELD = 91,0

5. Rencana anggaran biaya yang diperlukan untuk perbaikan dengan overlay adalah Rp. 25.260.491.127 dan untuk perencanaan perpanjangan runway dibutuhkan biaya sebesar Rp. 41.145.232.940. Jadi total biaya yang dibutuhkan untuk perbaikan dan perpanjangan runway adalah sebesar Rp66.405.724.068.

6.2 Saran

Dari kesimpulan mengenai hasil proyek akhir diatas

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk perencanaan pengembangan Bandara APT Pranoto.
2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk mengetahui upaya peningkatan kapasitas fasilitas udara maupun fasilitas darat dan penambahan rute dan jam penerbangan pada Bandara APT Pranoto.
3. Perlunya dilakukan pemeliharaan rutin seperti pembersihan *rubber deposit* secara berkala untuk menjaga kekesatan pada runway.

DAFTAR PUSTAKA

- Airplanes, A. C. (2005). *Aircraft Characteristics Airport and Maintenance Planning*. France: Airbus.
- Airplanes, B. C. (2014). *737 Airplane Characteristics for Airport Planning*. Chicago: Boeing.
- Canada, T. (2004). *Aircraft Classification Numbers (ACN's)*. Canada: Aerodrome Safety Batch .
- Fahmi, M. I. (2020). Evaluasi Perkerasan Runway, Taxiway, dan Apron Bandar Udara Abdurachman Saleh Malang. *Tugas akhir Jurusan Teknik Sipil Insitut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya*.
- Gunawan, N. (2019). Evaluasi Tebal Perkerasan Landas Pacu Pada Bandar Udara Internasional Jawa Barat Kabupaten Majalengka. *Inovasi imu pengetahuan, teknologi dan seni dalam perencanaan dan perancangan lingkungan terbangun*, 349-354.
- Konishi, A. (2015). Structural Design and Construction of the Foundation of Tokyo Skytree. *International Journal of High-Rise Buildings Volume 4 Number 4*, 249-259.
- Marga, B. (2018). *Spesifikasi Umum 2018 "Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan"*. Jakarta: Direktorat Jendral Bina Marga.
- Marga, B. (2018). *Spesifikasi Umum 2018 "Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan"*. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Menteri, K. (2019). *Tatanan Kebandarudaraan Nasional*. Jakarta: Menteri Perhubungan.
- Ocherudy, M. H. (2016). Evaluasi Fasilitas Sisi Udara Bandar Udara Syamsuddin Noor Banjarmasin dalam Memfasilitasi Pertumbuhan Pergerakan Pesawat . *Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya*.

- Seno, H. R. (2015). Evaluasi kekuatan perkerasan sisi udara (runway,taxiway,dan apron) Bandara Juanda dengan metode perbandingan ACN-PCN. *Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya*.
- Udara, P. D. (2015). *Pedoman Teknis Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139-24 Pedoman Perhitungan PCN Perkerasan Prasarana Bandar Udara*. Jakarta: Kementrian Perhubungan Direktorat Jenderal Perhubungan Udara.
- Wicaksono, A. A. (2018). Perencanaan Fasilitas Sisi Udara Pada Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang. *Tugas Akhir Jurusan teknik sipil Institut teknologi Sepuluh Nopember Surabaya*.
- William, R. (2017). The Architecture of Pagodas Viewed from The Angle of Site Lay-Out, Proportion, and Symbolization. *Jurnal RISA (Riset Arsitektur) Volume 01, Nomor 02, edisi April 2017*, 192-208.
- Yoshino, S. (2010). Tokyo Sky Tree-Penciptaan sebuah Lansekap Luar Ruang Waktu . (No. 31 Nopember 2010)Publikasi Bersama *Federasi Besi dan Baja Jepang dan Masyarakat Konstruksi Baja Jepang*, 3-5.

LAMPIRAN

LAMPIRAN I

Annual Departure Bandara APT Pranoto 2018-2020

NO	BLAN	PESAWAT		PENUMPANG		BAGASI		KARGO				
		Daftar 2018	Berkas 2018	Daftar 2018	Berkas 2018	Daftar 2018	Berkas 2018	Daftar 2018	Berkas 2018			
1	JANUARI	28	28	56	71	04	128	130	0	0	0	
2	FEBRUARI	34	34	68	218	46	1219	1283	8	6	14	
3	MARET	83	83	166	1406	2796	7232	10400	17592	131	741	
4	APRIL	101	101	202	1883	1680	10419	13210	23329	448	1400	
5	MEL	145	145	290	2352	2454	13811	17475	31486	343	1309	
6	JUNI	138	138	276	3298	3247	19217	19481	39028	602	1573	
7	JULI	150	150	300	3190	4188	17492	24497	41689	409	1432	
8	AUGUSTUS	131	131	262	2679	2801	15086	15073	30709	348	590	
9	SEPTEMBER	131	131	262	2794	2990	14467	17467	32044	422	1090	
10	OKTOBER	136	136	272	2441	2443	13619	17441	30760	300	673	
11	NOVEMBER	174	174	348	6666	6272	12328	16445	27139	8300	10344	
12	DESEMBER	334	334	668	2009	24125	40134	106985	397284	29629	10926	
Jumlah		1585	1585	3170	48024	51934	100638	390340	320333	630273	32617	6301

KETERANGAN: ANCAMAN BEGAL MELEBIHI 3000 PASANG DARI BANDARA TEMbung SELAH TANGGAL 24 MEI 2018 BANDARA TEMbung TIDAK BEROPEKASI LAGI, PONDOK BANDARA APT PRANOTO

PERGERAKAN LAJUTANSAKUTAN (DARAB,200) HANBARA PT PRANOTO SAMARINDA

NO	BULAN	PESAWAT		PENYIMPANG		BAGASI		KARGO			
		Datang	Berkas	Jumlah	Berkas	Datang	Berkas	Datang	Berkas		
1	JANUARI	50	50	1129	5128	37385	24777	698162	20462	7366	2808
2	FEBRUARI	499	499	98	4937	106416	27355	215288	49243	16846	2412
3	MARET	437	437	84	3789	76551	26344	164511	37485	11893	1656
4	APRIL	148	148	29	1228	22294	4254	75911	80445	662	662
5	MAY	7	7	4	153	28	138	2298	3383	15	15
6	JUNI	103	103	26	537	7388	37683	23977	6100	1349	1856
7	JULI	274	274	58	1869	38287	86288	183107	1300	1311	2321
8	AGUSTUS	284	284	52	2254	19259	21181	96083	8305	5628	12483
9	SEPTEMBER	222	222	44	1764	15259	33884	94576	79097	17373	3153
10	OCTOBER	207	207	49	1507	16384	31991	92388	83702	177889	33865
11	NOVEMBER	309	309	69	2520	6804	83822	138899	26641	198633	48088
12	DISEMBER	397	397	64	2342	2854	85245	16329	315124	19178	24883
	Jumlah	3328	3328	647	29827	57218	187536	139720	298736	580188	16698

PERGERAKAN LAJUTANSAKUTAN (DARAB,200) HANBARA PT PRANOTO SAMARINDA

NO	BULAN	PESAWAT		PENYIMPANG		BAGASI		KARGO			
		Datang	Berkas	Jumlah	Berkas	Datang	Berkas	Datang	Berkas		
1	JANUARI	342	342	684	3272	6618	21385	100833	46488	8526	2772
2	FEBRUARI	391	391	782	4043	8098	20312	28847	52659	332	443
3	MARET	409	409	818	4432	8048	20341	21642	49383	259	407
4	APRIL	470	470	940	4755	8773	24119	200281	84800	5523	831
5	MAY	487	487	974	5140	9149	26443	38220	47463	20097	565
6	JUNI	568	568	1136	5868	12909	37287	28729	66227	14355	2185
7	JULI	605	605	1210	6724	12218	41279	28285	72984	28384	7742
8	AGUSTUS	611	611	1222	6098	12183	36280	28887	68357	38381	8700
9	SEPTEMBER	439	439	868	4102	8398	27378	20187	47835	11345	2589
10	OCTOBER	544	544	1088	5448	10581	38482	35586	82188	14174	4883
11	NOVEMBER	553	553	1106	5782	7692	26292	19091	48683	7258	2988
12	DISEMBER	300	300	600	3256	6048	17981	17625	38226	8359	3893
	Jumlah	5510	5510	11020	55141	112668	348379	231084	631483	104351	3727

LAMPIRAN II

Spesifikasi Bandara APT Pranoto

AIP INDONESIA (VOL III)

WALS AD 2 - 1

WALS AD 2.1 AERODROME LOCATION INDICATOR AND NAME**WALS – SAMARINDA / Aji Pangeran Tumenggung Pranoto****WALS AD 2.2 AERODROME GEOGRAPHICAL AND ADMINISTRATIVE DATA**

ARP coordinates and site at AD	002232S 1171505E
Direction and distance from (City)	SW, 18.41 km from Samarinda ←
Elevation/Reference temperature & Mean low temperature	73 ft / 30°C
Geoid undulation at AD ELEV PSN	NIL
MAG VAR/Annual change.....	0°E (2020) / 0.08' decreasing
AD Operator, address, telephone, telefax, e-mail AFS & website.....	DGCA – Aji Pangeran Tumenggung Pranoto Airport, Jalan Poros Samarinda – Bontang Kelurahan Sungai Siring, Kecamatan Sungai Siring, Kota Samarinda 75118 East Kalimantan Tel : (+62541) 2831593 Telefax : (+62541) 743786 E-mail : Mail@aptpranotoairport.id AFS : NIL Website : www.aptpranotoairport.id
Type of traffic permitted (IFR/VFR).....	VFR
Remarks	NIL

WALS AD 2.3 OPERATIONAL HOURS

Aerodrome Operator	2300 – 1000
Customs and immigration	NIL
Health and sanitation	2300 – 1000
AIS Briefing Office	NIL
ATS Reporting Office (ARO).....	2300 – 1000
MET Briefing Office	H24
ATS	2300 – 1000
Fuelling	2300 – 1000
Handling	2300 – 1000
Security	H24
De-icing	Not Applicable
Remarks	- Local Time : UTC +8 HR - AIS Available at AIS Balikpapan Regional Office 2200 – 1500

WALS AD 2.4 HANDLING SERVICES AND FACILITIES

Cargo handling facilities.....	Available
Fuel/oil types	AVTUR Jet A1
Fuelling facilities/Capacity.....	80 kL
De-icing facilities	Not Applicable
Hangar space for visiting aircraft	Available
Repair facilities for visiting aircraft	NIL
Remarks	NIL

WALS AD 2.5 PASSENGER FACILITIES

Hotels.....	In The City
Restaurants	In The City
Transportation	Taxi, Rent Car
Medical facilities	At AD
Bank and Post Office.....	In The City
Tourist Office	In The City
Remarks	NIL

WALS AD 2.6 RESCUE AND FIRE FIGHTING SERVICES

AD category for fire fighting.....	Category 6
Rescue equipment	1 Unit Foam Tender Type II ←
	1 Unit Foam Tender Type III
	1 Unit Foam Tender Type IV
	1 Unit Foam Tender Type V
	1 Unit Ambulance
Capability for removal of disabled aircraft.....	NIL
Remarks	1 Unit Rescue Tender

WALS AD 2.7 SEASONAL AVAILABILITY – CLEARING

Types of clearing equipment	Not Applicable
Clearance priorities	Not Applicable
Remarks	Not Applicable

WALS AD 2.8 APRONS, TAXIWAYS AND CHECK LOCATIONS/POSITIONS DATA**APRON SURFACE AND STRENGTH**

Designation	= Apron
Surface	= Concrete
Strength	= PCN 58/R/B/X/T

TAXIWAY WIDTH, SURFACE AND STRENGTH

Designation	= Taxiway
Width	= 23 m
Surface	= Asphalt
Strength	= PCN 56/F/C/X/T

Altimeter checkpoint location and elevation..	NIL
VOR checkpoints.....	NIL
INS checkpoints	See AD Chart
Remarks	Dimension of Apron : 300 m x 123 m

WALS AD 2.9 SURFACE MOVEMENT GUIDANCE AND CONTROL SYSTEM AND MARKING

Use of aircraft stand ID signs, TWY guide lines and visual docking/parking guidance system of aircraft stands	Apron lead in and lead out, Aircraft stand number designation, Marshaller stop line, TWY Guide lines
RWY and TWY markings and LGT	Marking RWY : Centre line, Side Stripe, THR, End, Designation, Aiming Point, Touchdown Zone, TWY : Centre line, Side Stripe, RWY Holding Position

Stop bars and Runway guard lights.....	Light RWY : Edge, THR, RTIL, RWY End
Other runway protection measures.....	TWY : Edge
Remarks.....	NIL NIL NIL

WALS AD 2.10 AERODROME OBSTACLES

In Area 2					
OBST ID/ Designation	OBST type	OBST position	ELEV/HGT	Markings/Type, colour	Remarks
1	2	3	4	5	6
NIL	Antenna	001911.4S 1171742.8E	NIL / 476 ft	NIL	6401 m from runway strip 22
NIL	Antenna	001911.9S 1171743.9E	NIL / 476 ft	NIL	6401 m from runway strip 22
NIL	Antenna	002322.7S 1171538.0E	NIL / 295 ft	NIL	1984 m from centre line
NIL	Tree	002314.3S 1171407.5E	NIL / 65 ft	NIL	On Short Final RWY 04 Slope APRX 4%

In Area 3					
OBST ID/ Designation	OBST type	OBST position	ELEV/HGT	Markings/Type, colour	Remarks
1	2	3	4	5	6
NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL

WALS AD 2.11 METEOROLOGICAL INFORMATION PROVIDED

Associated MET Station Office.....	Met Station Temindung
Hours of service	H24
MET Station Office outside hours	NIL
Office responsible for TAF preparation	Met Station Sultan Aji Muhammad Sulaiman Sepinggan
Periods of validity	12 Hours
Trend forecast	TREND
Interval of issuance	30 Minutes
Briefing/consultation provided	Personal Consultation and Telephone
Flight documentation	Chart, Abbreviated plain language texts
Language(s) used	English
Charts and other information available for briefing or consultation	S, U, Satellite image
Supplementary equipment available for providing information.....	AWOS
ATS units provided with information	TWR

WALS AD 2 - 4

AIP INDONESIA (VOL III)

Additional information (limitation of service, etc.).....	Telp. (+62541) 741160 Fax. (+62541) 201060 Email. stamet_samarinda@yahoo.com
---	--

WALS AD 2.12 RUNWAY PHYSICAL CHARACTERISTICS

Designations RWY NR	True BRG	Dimensions of RWY (M)	Strength (PCN) and surface of RWY and SWY	THR coordinates RWY end coordinates THR geoid undulation
1	2	3	4	5
1 04	044.40°	2250 x 45	56/FC/X/T Asphalt	THR 002253.27S 1171433.15E
2 22	224.40°	2250 x 45	56/FC/X/T Asphalt	THR 002200.93S 1171524.06E

THR elevation and highest elevation of TDZ of precision APP RWY	Slope of RWY- SWY	SWY dimensions (M)	CWY dimensions (M)	Strip dimensions (M)
6	7	8	9	10
1 THR 73 ft	Longitudinal 0 %	NIL	120 x 150	2370 x 150
2 THR 73 ft	Transverse 1.5 %	NIL	120 x 150	2370 x 150

RESA dimensions (M)	Location and description of arresting system	OFZ	Remarks
11	12	13	14
1 90 x 90	NIL	NIL	NIL
2 90 x 90	NIL	NIL	NIL

WALS AD 2.13 DECLARED DISTANCES

RWY Designator	TORA (M)	TODA (M)	ASDA (M)	LDA (M)	Remarks
1	2	3	4	5	6
04	2250	2370	2250	2250	NIL
22	2250	2370	2250	2250	NIL

AIP INDONESIA (VOL III)

WALS AD 2 - 5

WALS AD 2.14 APPROACH AND RUNWAY LIGHTING

RWY Designator	APCH LGT type LEN INTST	THR LGT colour WBAR	VASIS (MEHT) PAPI	TDZ LGT LEN	
1	2	3	4	5	
1	04	NIL	Green	PAPI, Left	NIL
2	22	NIL	Green	PAPI, Left	NIL

RWY Centre Line LGT LEN, spacing, colour, INTST	RWY Edge LGT LEN, spacing colour INTST	RWY End LGT colour WBAR	SWY LGT LEN (M) Colour	Remarks	
6	7	8	9	10	
1	NIL	60 m, Yellow, LIH	Red	NIL	RTIL, Available Clear / Flashing
2	NIL	60 m, Yellow, LIH	Red	NIL	RTIL, Available Clear / Flashing

WALS AD 2.15 OTHER LIGHTING, SECONDARY POWER SUPPLY

ABN/IBN location, characteristics and hours of operation	ABN : On top of Tower building, Clear / Green, 2300 - 1000 NIL NIL
LDI location and LGT	NIL
Anemometer location and LGT	NIL
TWY edge and centre line lighting	Edge: Available Centre line: NIL
Secondary power supply/switch-over time ...	Secondary power supply to all lighting at AD Switch over time: 300 seconds (with manual)
Remarks	NIL

WALS AD 2.16 HELICOPTER LANDING AREA

Coordinates TLOF or THR of FATO	NIL
Geoid undulation	NIL
TLOF and/or FATO elevation M/Ft	NIL
TLOF and FATO area dimensions, surface, strength, marking	NIL
True BRG of FATO	NIL
Declared distance available	NIL
APP and FATO lighting	NIL
Remarks	NIL

WALS AD 2.17 ATS AIRSPACE

Designation and lateral limits	AJI PANGERAN TUMENGGUNG PRANOTO ATZ: A Circle with Radius of 5 NM Centered at Coordinate ARP 002232S1171505E
Vertical limits	GND / Water up to 4 000 ft
Airspace classification	C
ATS unit call sign	Pangeran Tower
Language(s)	English
Transition Altitude	11 000 ft / FL130
Hours of applicability	NIL
Remarks	NIL

WALS AD 2.18 ATS COMMUNICATION FACILITIES

Service designation		Call sign	Channel	SATVOICE number (s)
1		2	3	4
1	TWR	Pangeran Tower	124.35 MHz	NIL
2	ATIS	NIL	127.7 MHz	NIL

Logon address		Hours of operation	Remarks
5		6	7
1	NIL	2300 – 1000	TWR Coordinate: 002225.33S 1171515.35E TWR Elevation: 180ft
2	NIL	2300 – 1000	NIL

WALS AD 2.19 RADIO NAVIGATION AND LANDING AID

Type of aids, Magnetic variation, and Type of supported operation for ILS/MLS, Basic GNSS, SBAS, and GBAS, and for VOR/ILS/MLS also Station declination used for technical line-up of the aid		ID	Frequency(ies), Channel number(s), Service provider and Reference Path Identifier(s) (RPI)	Hours of operation
1		2	3	4
1	NDB	TG	404 kHz	2300 - 1000

Geographical coordinates of the position of the transmitting antenna		Elevation of the transmitting antenna of DME, of DME/P, Elevation of GBAS reference point, and The ellipsoid height of the point. For SBAS, The ellipsoid height of the landing threshold point (LTP) or The fictitious threshold point (FTP)	Service volume radius from the GBAS reference point	Remarks
5		6	7	8
1	002235.9S 1171515.4E	NIL	NIL	NIL

WALS AD 2.20 LOCAL AERODROME REGULATIONS

1. Runway 04/22 Closed due to Runway Inspection daily at 0330 – 0400.
2. All ACFT are not allowed to make one wheel lock turn on RWY 04/22.

WALS AD 2.21 NOISE ABATEMENT PROCEDURES

Reserved

WALS AD 2.22 FLIGHT PROCEDURES**1. Altimeter Setting Procedures**

- a. This ICAO altimeter setting procedures shall be used by all aircraft operating within Aji Pangeran Tumenggung Pranoto ATZ, QNH provided in millibars and inches available on request.
- b. Transition Altitude 11000ft transition level FL130.

2. Communication Procedures

All aircraft within Aji Pangeran Tumenggung Pranoto ATZ shall be equipped with radio capable of conducting and maintaining two way communication with Pangeran Tower.

3. Communication Failure Procedures

- a. Visual Meteorological Condition (VMC)
 - 1) Continue fly in VMC
 - 2) Fly full circuit over the aerodrome, pilot shall be endeavor or to transmit blindly his position, intention and etc, so as to be monitored by tower or any other traffic Aji Pangeran Tumenggung Pranoto ATZ

WALS AD 2.23 ADDITIONAL INFORMATION

Reserved

WALS AD 2.24 CHARTS RELATED TO AN AERODROME

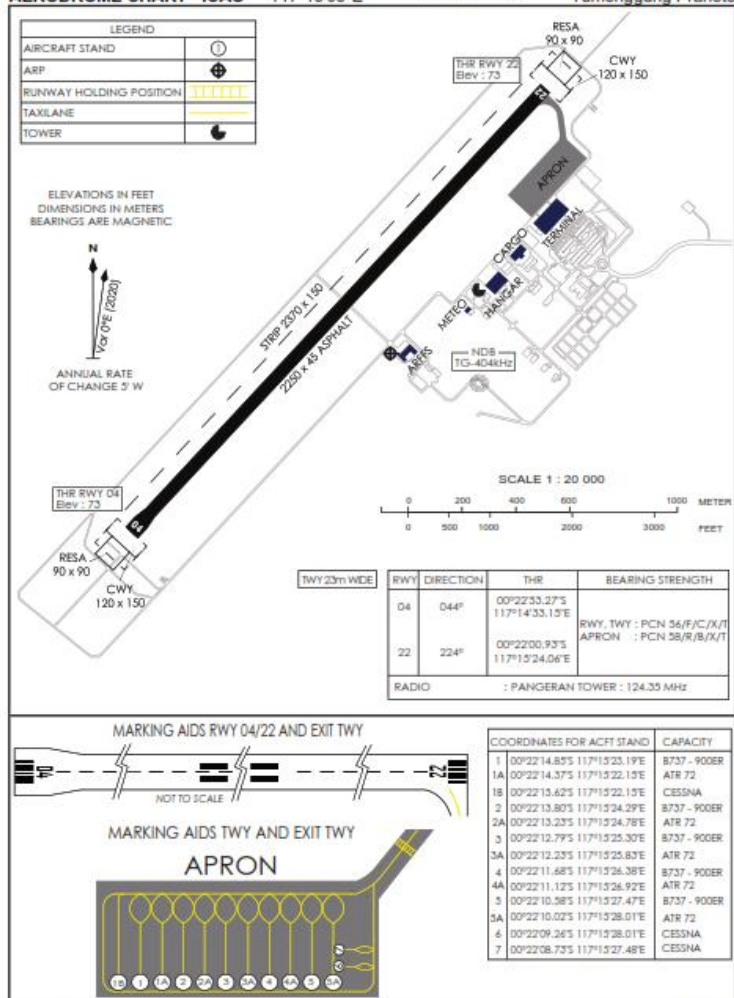
- WALS AD 2.24-1, AERODROME CHART - ICAO, Dated 05 NOV 20. ←

ARP
00°22'32"S
117°15'05"E

WALS AD 2.24-1
SAMARINDA/
Aji Pangeran
Tumenggung Pranoto

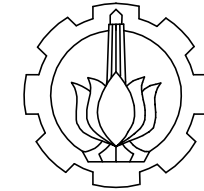
AIP INDONESIA (VOL III)
AERODROME CHART - ICAO

AD ELEV : 73



Directorate General of Civil Aviation

AIRAC AMDT 90
Publication Date : 12 MAR 20
Effective Date : 23 APR 20



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI DIPLOMA IV

PROYEK AKHIR

EVALUASI PERKERASAN FASILITAS
SISI UDARA BANDAR UDARA
INTERNASIONAL AJI PANGERAN
TUMENGGUNG PRANOTO
SAMARINDA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Rachmad Basuki, MS
Amalia Firdaus Mawardi, ST.,MT.

NAMA MAHASISWA

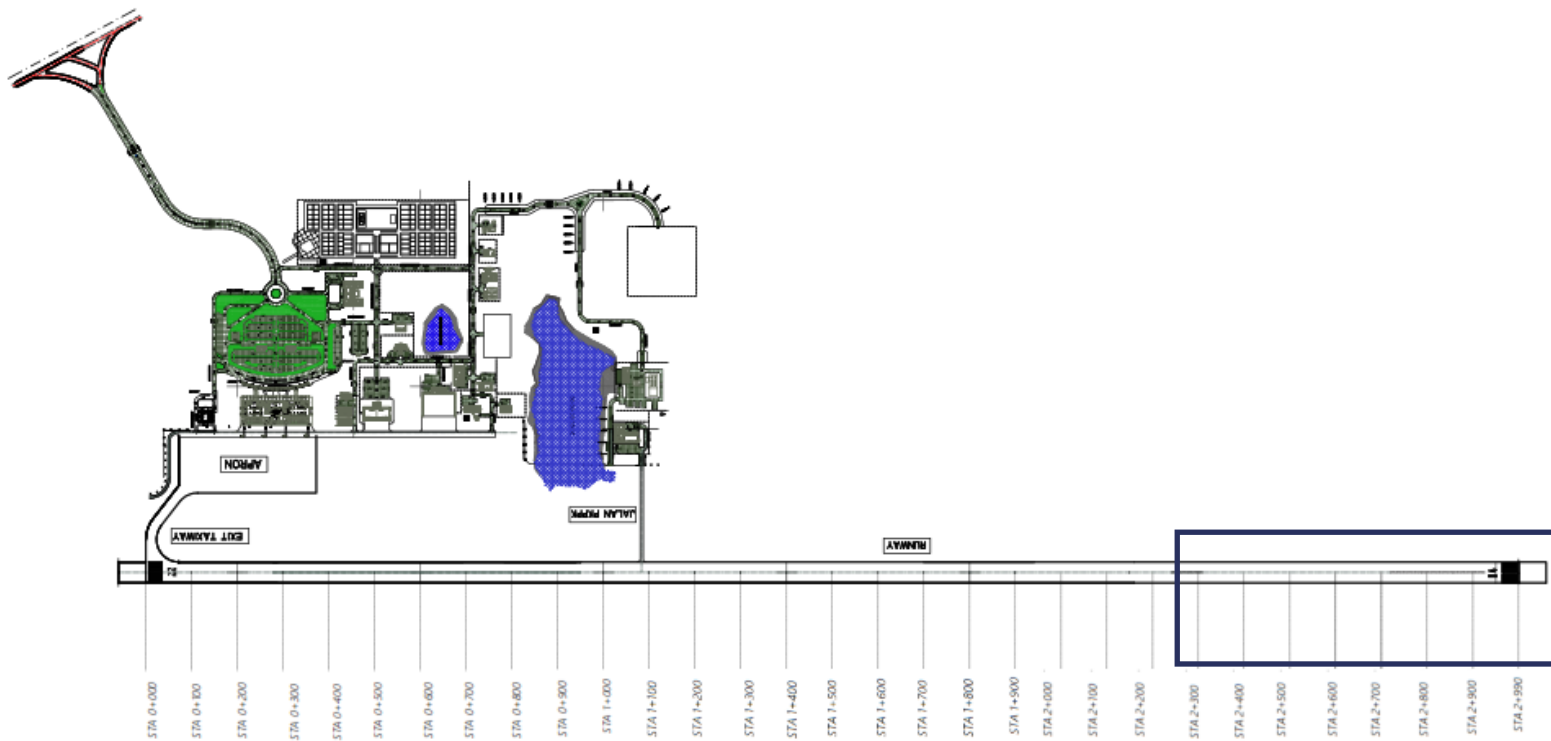
UMI CHOIRUN NISA
10111710010105

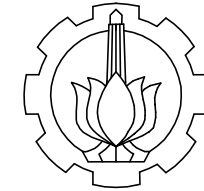
NAMA GAMBAR

LAYOUT BANDARA
APT PRANOTO

**NOMOR
GAMBAR**

**JUMLAH
GAMBAR**





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 PROGRAM STUDI DIPLOMA IV

PROYEK AKHIR

EVALUASI PERKERASAN FASILITAS
 SISI UDARA BANDAR UDARA
 INTERNASIONAL AJI PANGERAN
 TUMENGGUNG PRANOTO
 SAMARINDA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Rachmad Basuki, MS
 Amalia Firdaus Mawardi, ST.,MT.

NAMA MAHASISWA

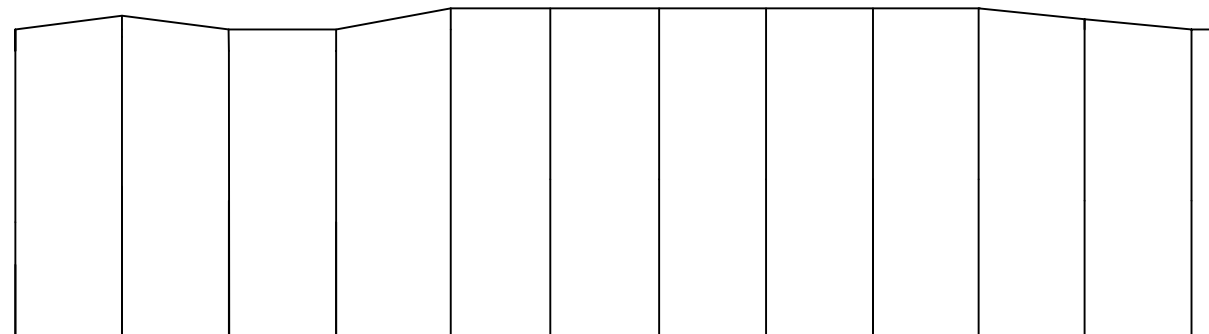
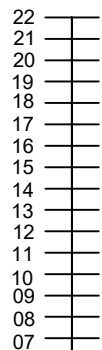
UMI CHOIRUN NISA
 10111710010105

NAMA GAMBAR

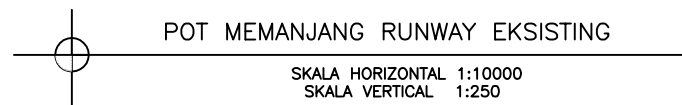
POT.MEMANJANG RUNWAY
 EKSISTING

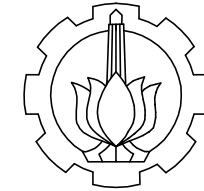
**NOMOR
 GAMBAR**

**JUMLAH
 GAMBAR**



STA	0+000	0+200	0+400	0+600	0+800	1+000	1+200	1+400	1+600	1+800	2+000	2+200	2+250
Elevasi STA (m)	19	19.5	19	19	20	20	20	20	20	20	19.5	19	19
Kelandaian(%)		0.25	0.25	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.25	0.00
Jarak STA (m)		200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	50
Tebal Perkerasan (mm)		770	770	770	770	770	770	770	770	770	770	770	770





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 PROGRAM STUDI DIPLOMA IV

PROYEK AKHIR

EVALUASI PERKERASAN FASILITAS
 SISI UDARA BANDAR UDARA
 INTERNASIONAL AJI PANGERAN
 TUMENGGUNG PRANOTO
 SAMARINDA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Rachmad Basuki, MS
 Amalia Firdaus Mawardi, ST.,MT.

NAMA MAHASISWA

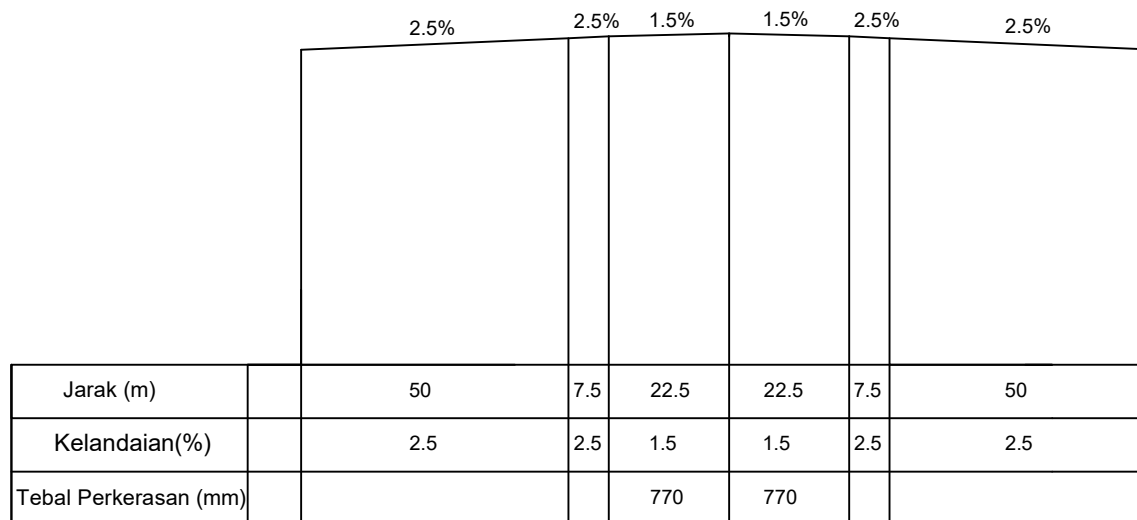
UMI CHOIRUN NISA
 10111710010105


NAMA GAMBAR

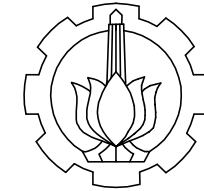
POT.MELINTANG RUNWAY
 EKSISTING

**NOMOR
 GAMBAR**

**JUMLAH
 GAMBAR**




POT MELINTANG RUNWAY EKSISTING
 SKALA HORIZONTAL 1:100
 SKALA VERTICAL 1:100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 PROGRAM STUDI DIPLOMA IV

PROYEK AKHIR

EVALUASI PERKERASAN FASILITAS
 SISI UDARA BANDAR UDARA
 INTERNASIONAL AJI PANGERAN
 TUMENGGUNG PRANOTO
 SAMARINDA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Rachmad Basuki, MS
 Amalia Firdaus Mawardi, ST.,MT.

NAMA MAHASISWA

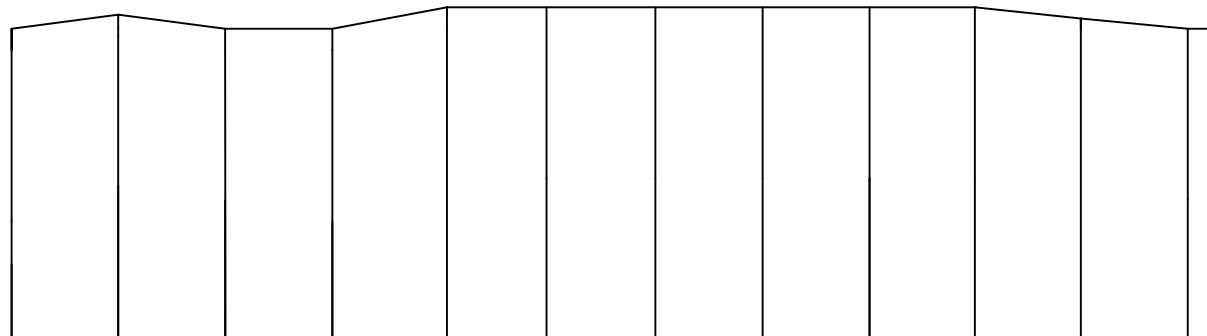
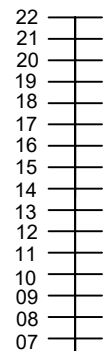
UMI CHOIRUN NISA
 10111710010105

NAMA GAMBAR

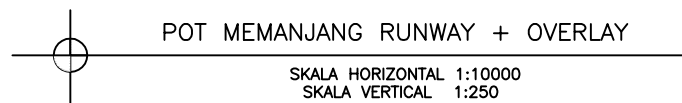
POT.MEMANJANG
 RUNWAY+OVERLAY

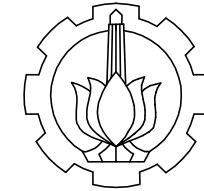
**NOMOR
 GAMBAR**

**JUMLAH
 GAMBAR**



STA	0+000	0+200	0+400	0+600	0+800	1+000	1+200	1+400	1+600	1+800	2+000	2+200	2+250
Elevasi STA (m)	19	19.5	19	19	20	20	20	20	20	20	19.5	19	19
Kelandaian(%)		0.25	0.25	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.25	0.00
Jarak STA (m)		200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	50
Tebal Perkerasan (mm)		890	890	890	890	890	890	890	890	890	890	890	890





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 PROGRAM STUDI DIPLOMA IV

PROYEK AKHIR

EVALUASI PERKERASAN FASILITAS
 SISI UDARA BANDAR UDARA
 INTERNASIONAL AJI PANGERAN
 TUMENGGUNG PRANOTO
 SAMARINDA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Rachmad Basuki, MS
 Amalia Firdaus Mawardi, ST.,MT.

NAMA MAHASISWA

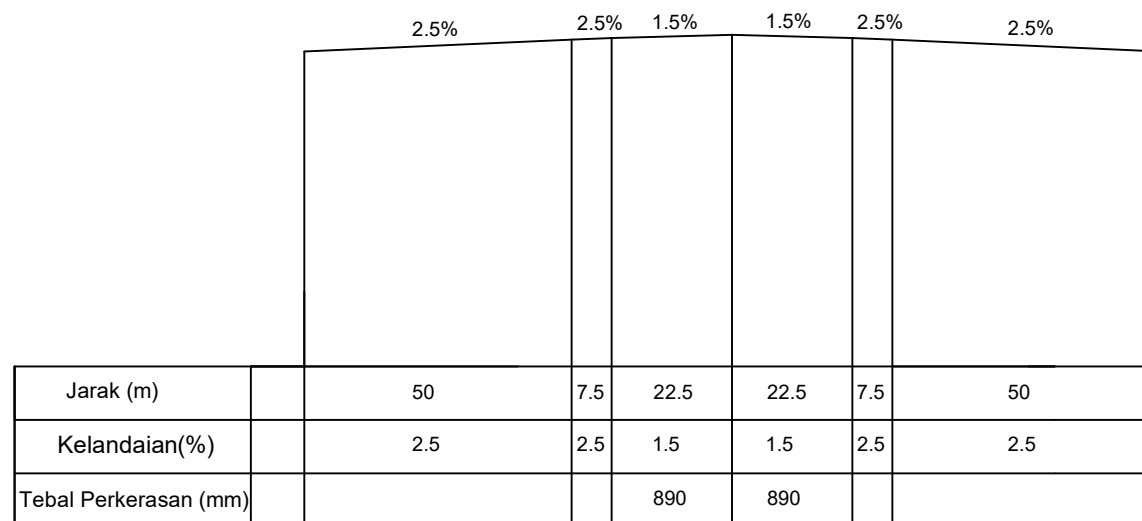
UMI CHOIRUN NISA
 10111710010105

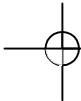
NAMA GAMBAR

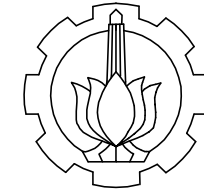
POT.MELINTANG
 RUNWAY+OVERLAY

**NOMOR
 GAMBAR**

**JUMLAH
 GAMBAR**




POT MELINTANG RUNWAY + OVERLAY
 SKALA HORIZONTAL 1:100
 SKALA VERTICAL 1:100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI DIPLOMA IV

PROYEK AKHIR

EVALUASI PERKERASAN FASILITAS
SISI UDARA BANDAR UDARA
INTERNASIONAL AJI PANGERAN
TUMENGGUNG PRANOTO
SAMARINDA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Rachmad Basuki, MS
Amalia Firdaus Mawardi, ST.,MT.

NAMA MAHASISWA

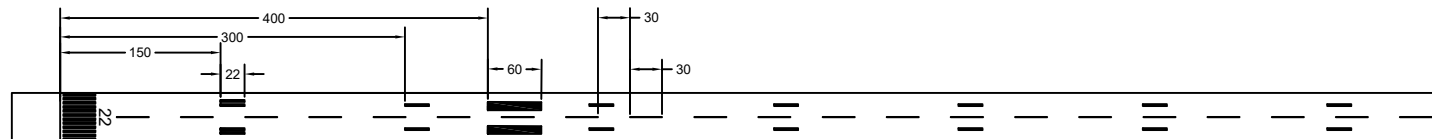
UMI CHOIRUN NISA
10111710010105

NAMA GAMBAR

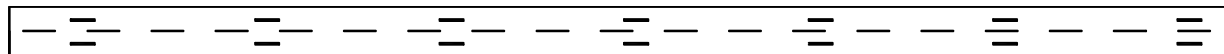
LAYOUT
RUNWAY+PERPANJANGAN

**NOMOR
GAMBAR**

**JUMLAH
GAMBAR**



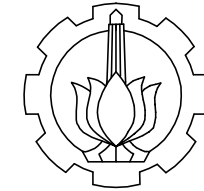
RUNWAY 0+00 - 1+200
SKALA 1:5000



RUNWAY 1+200 - 2+250
SKALA 1:5000



RUNWAY 2+250 - 2+990
SKALA 1:5000



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 PROGRAM STUDI DIPLOMA IV

PROYEK AKHIR

EVALUASI PERKERASAN FASILITAS
 SISI UDARA BANDAR UDARA
 INTERNASIONAL AJI PANGERAN
 TUMENGGUNG PRANOTO
 SAMARINDA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Rachmad Basuki, MS
 Amalia Firdaus Mawardi, ST.,MT.

NAMA MAHASISWA

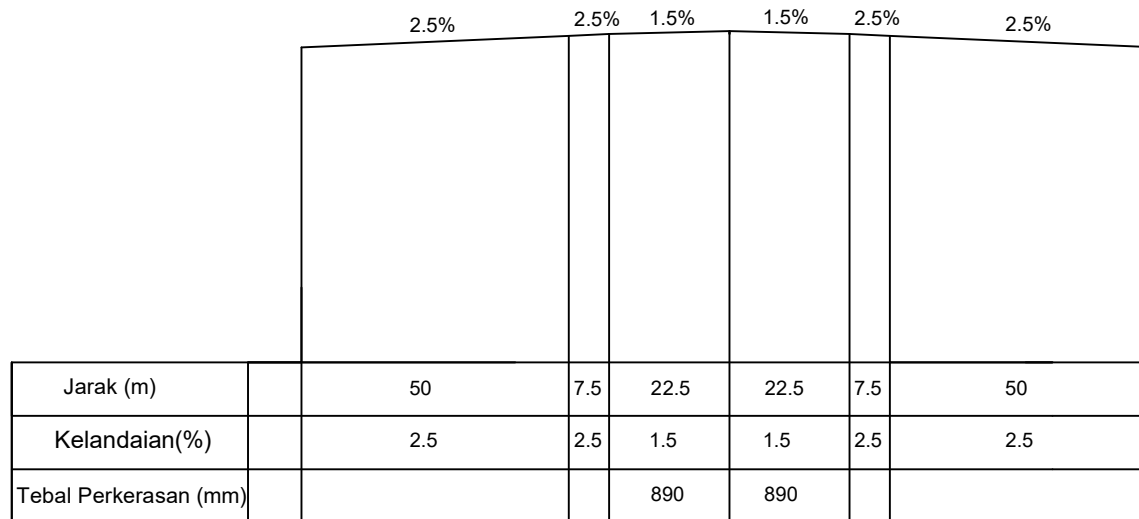
UMI CHOIRUN NISA
 10111710010105


NAMA GAMBAR

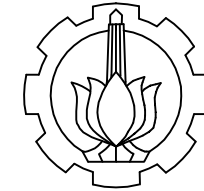
POT.MELINTANG
 PERENCANAAN
 PERPANJANGAN RUNWAY

**NOMOR
 GAMBAR**

**JUMLAH
 GAMBAR**




 POT MELINTANG PERPANJANGAN RUNWAY
 SKALA HORIZONTAL 1:100
 SKALA VERTICAL 1:100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 PROGRAM STUDI DIPLOMA IV

PROYEK AKHIR

EVALUASI PERKERASAN FASILITAS
 SISI UDARA BANDAR UDARA
 INTERNASIONAL AJI PANGERAN
 TUMENGGUNG PRANOTO
 SAMARINDA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Rachmad Basuki, MS
 Amalia Firdaus Mawardi, ST.,MT.

NAMA MAHASISWA

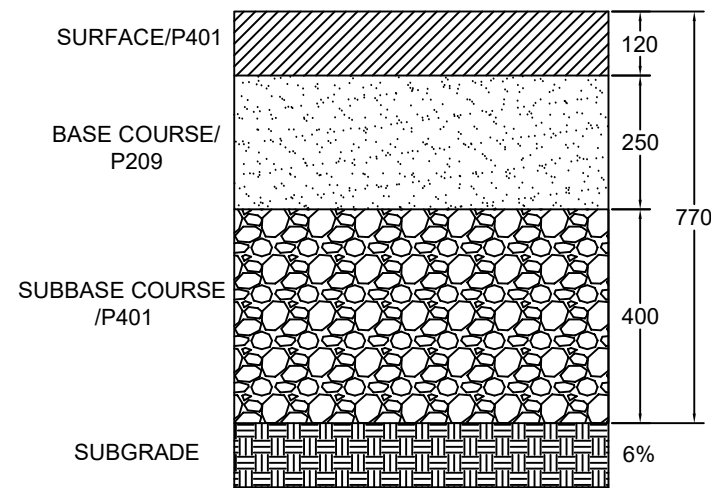
UMI CHOIRUN NISA
 10111710010105

NAMA GAMBAR

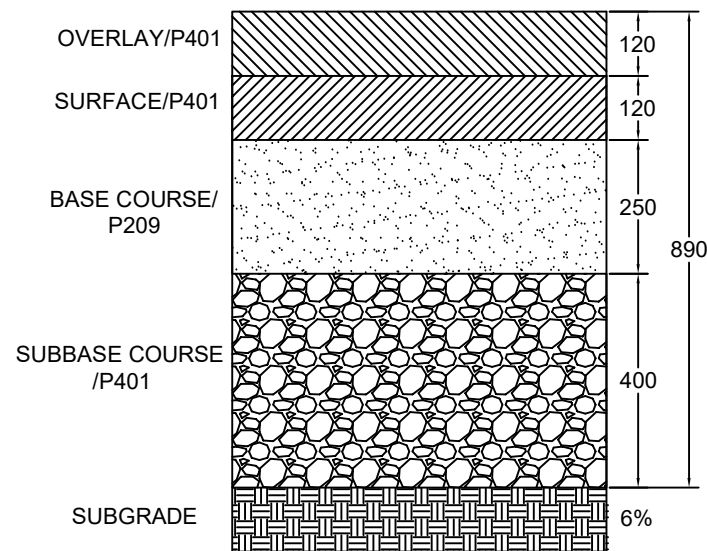
DETAIL STRUKTUR
 RUNWAYPERBAIKAN

**NOMOR
 GAMBAR**

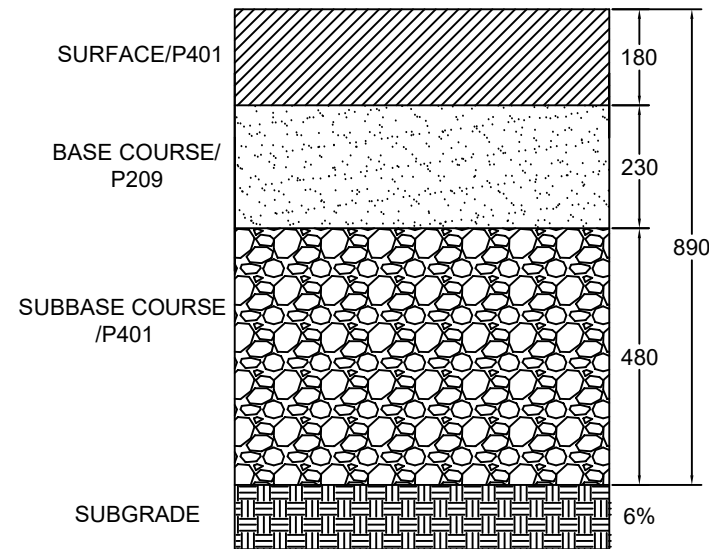
**JUMLAH
 GAMBAR**



STRUKTUR RUNWAY EKSISTING



STRUKTUR RUNWAY
 EKSISTING+OVERLAY



STRUKTUR PERPANJANGAN
 RUNWAY

BIODATA PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Umi Choirun Nisa, dilahirkan di Bontang pada tanggal 5 Februari 1999. Penulis merupakan anak pertama dari empat bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal di TK YPPSB Sangatta Utara, SD YPPSB 2 Sangatta Utara, SMP Sangatta Utara, dan SMAN 2 Sangatta Utara. Setelah lulus dari SMAN 2 Sangatta Utara pada tahun 2017, penulis mengikuti ujian masuk DIII Teknik Infrastruktur Sipil ITS. Pada tahun 2019, dikarenakan adanya pembaharuan pada kebijakan kampus Program DIII untuk Fakultas Vokasi ditiadakan. Sehingga penulis sekarang menempuh DIV Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi ITS. Selama menempuh program studi Diploma IV Teknik Infrastruktur Sipil, penulis juga aktif terdaftar dalam banyak kegiatan kemahasiswaan dan perlombaan di tingkat jurusan, fakultas, institut, dan nasional. Untuk saran serta diskusi dapat menghubungi penulis melalui email: umichoirun05@gmail.com.