



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**PROYEK AKHIR - VC 191845**

# **EVALUASI PERKERASAN RUNWAY, TAXIWAY, DAN APRON BANDAR UDARA ABDURACHMAN SALEH MALANG**

**MOH. ILHAM FAHMI**  
NRP. 10111610013008

**DOSEN PEMBIMBING**

**AMALIA FIRDAUS MAWARDI, ST., MT.**  
NIP. 19770218 200501 2 002

**Ir. RACHMAD BASUKI, MS.**  
NIP. 19641114 198903 1001

**PROGRAM SARJANA TERAPAN  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**





**PROYEK AKHIR - VC 191845**

# **EVALUASI PERKERASAN RUNWAY, TAXIWAY, DAN APRON BANDAR UDARA ABDURACHMAN SALEH MALANG**

**MOH. ILHAM FAHMI**  
NRP: 10111610013008

**DOSEN PEMBIMBING**

**AMALIA FIRDAUS MAWARDI, ST., MT.**  
NIP. 19770218 200501 2 002

**Ir. RACHMAD BASUKI, MS.**  
NIP. 19641114 198903 1001

**PROGRAM SARJANA TERAPAN  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2019**





**FINAL PROJECT - VC 191845**

**EVALUATION OF PAVEMENT RUNWAY,  
TAXIWAY, AND APRON ABDURACHMAN SALEH  
MALANG AIRPORT**

**MOH. ILHAM FAHMI  
NRP: 10111610013008**

**SUPERVISOR**

**AMALIA FIRDAUS MAWARDI, ST., MT.  
NIP. 19770218 200501 2 002**

**Ir. RACHMAD BASUKI, MS.  
NIP. 19641114 198903 1001**

**BACHELOR DEGREE PROGRAM  
CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING DEPARTMENT  
FACULTY OF VOCATIONAL  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2019**



**LEMBAR PENGESAHAN**  
**PROYEK AKHIR TERAPAN “EVALUASI**  
**PERKERASAN RUNWAY, TAXIWAY, DAN APRON**  
**BANDAR UDARA ABDURACHMAN SALEH**  
**MALANG”**

**Nama** : Moh. Ilham Fahmi  
**NRP** : 10111610013008  
**Fakultas** : Vokasi  
**Program Studi** : Teknik Infrastruktur Sipil

Mengetahui,  
Surabaya, 10 Agustus 2020  
Mahasiswa yang bersangkutan  
Mahasiswa,



**Moh. Ilham Fahmi**  
**1011161000008**



**Dosen Pembimbing I**



**Amalia Firdaus Mawardi, ST., MT.**

**NIP. 19770218 200501 2 002**

**Dosen Pembimbing II**



**Ir. Rachmad Basuki, MS.**

**NIP. 19641114 198903 1001**





## Berita Acara Sidang Proyek Akhir

Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi ITS  
Semester Genap 2019-2020

Nomor BA :

Nomor Jadwal : **39**

Program Studi : D4 Teknik Sipil (TRPPBS)

Diinput oleh : Amalia Firdaus M., ST., MT.

Bahwa pada hari ini : Kamis, 06-Agt-2020

Pukul : 8:00 s/d 10:00

Di tempat : Online Meeting

Telah dilaksanakan sidang Proposal Tugas Akhir dengan judul:

EVALUASI RUNWAY, TAXIWAY, DAN APRON BANDARA ABDULRACHMAN SALEH MALANG

Yang dihadiri dan diresentasikan oleh mahasiswa :

( Hadir / Tidak Hadir)

10111610013008 MOHAMAD ILHAM FAHMI

Hadir

Yang dihadiri oleh dosen Pembimbing:

( Hadir / Tidak Hadir)

1 Amalia Firdaus Mawardi, ST., MT.

Hadir

2 Ir. Rachmad Basuki, MS.

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 provek akhir ini memutuskan:

10111610013008 MOHAMAD ILHAM FAHMI

LULUS, DENGAN REVISI MINOR

Catatan / revisi / masukan :

Dr. Machsus, ST., MT.

- Perlu analisa dan penjelasan terkait hasil berdasarkan code/ regulasi yang berlaku di bandara, sebagai rekomendasi untuk Instansi terkait
- Sebutkan di saran, pentingnya perhitungan manual sebagai kontrol
- 
- 
-



Ir. Achmad Faiz Hadi Prajitno, MS.

- a Koreksi Runway, dimasukkan dalam kesimpulan
- b Masukkan dalam batasan masalah synchronize judul dan pembahasan terkait Taxyway, Apron dan Runway
- c Perhitungan manual di lakukan cek ulang, kesesuaian parameter dengan aplikasi
- d
- e
- f

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

### Tindak lanjut :

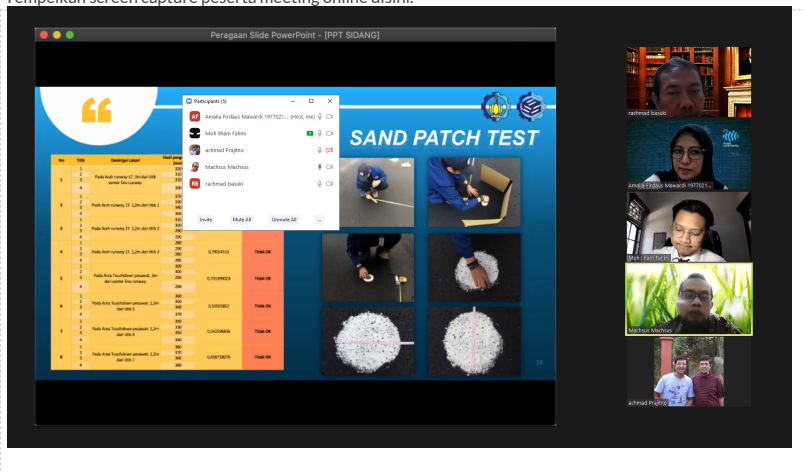
Mahasiswa memperbaiki/merevisi Proyek Akhir sesuai dengan masukan di atas.

### Penutup :

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

### Lampiran :

Tempelkan screen capture peserta meeting online disini.



# “EVALUASI PERKERASAN RUNWAY, TAXIWAY, DAN APRON BANDAR UDARA ABDURACHMAN SALEH MALANG”

**Dosen Pembimbing I : Amalia Firdaus Mawardi, ST., MT.**

**Dosen Pembimbing II : Ir. Rachmad Basuki, MS.**

**Mahasiswa : Moh. Ilham Fahmi**

**NRP : 10111610013008**

**Departemen : Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas  
Vokasi – ITS**

## ABSTRAK

Permintaan transportasi udara yang terus meningkat baik dari segi jumlah penumpang, barang dan pergerakan pesawat akan berdampak langsung pada kemampuan perkerasan Bandar Udara. Pergerakan pesawat pada Bandar Udara Abdurachman Saleh mengalami peningkatan 22% pada tahun 2017-2018. Seiring dengan bertumbuhnya sektor pariwisata di kota Malang yang diprediksi akan meningkat setiap tahunnya, maka dengan melihat kondisi ini sistem *Runway*, *Taxiway*, dan *Apron* berperan penting dalam mendukung kelancaran kegiatan operasional Bandar Udara. Sisi udara Bandar Udara Abdurachman Saleh harus memenuhi syarat kekuatan struktur untuk melayani pergerakan pesawat yang beroperasi sesuai dengan perencanaan. Bagaimana evaluasi dan analisa perkerasan fasilitas sisi udara di Bandar Udara Abdurachman Saleh saat ini apakah sudah memenuhi peraturan standar perkerasan yang boleh digunakan untuk penerbangan.

Analisis dilakukan dengan cara mengevaluasi kekuatan perkerasan *Runway*, *Taxiway*, dan *Apron* menggunakan metode perbandingan ACN-PCN, sesuai dengan *FAA Advisory Circular AC 150/5335-5B*. Mencari nilai ACN dengan 3 cara yaitu *Aircraft Manufacturer*, Program COMFAA, dan menggunakan tabel *Canadian Department of Transportation*. Sedangkan data yang diperlukan untuk menghitung adalah data pergerakan pesawat termasuk jumlah pergerakan tahunan, jenis pesawat, tekanan roda pendaratan, MTOW (*Maximum Take Of Weight*) pesawat, dan gambar struktur perkerasan eksisting. Selanjutnya hasil ACN dibandingkan dengan PCN eksisting pada *Runway*, *Taxiway*, dan *Apron*. *Sand Patch Test* juga dilakukan untuk mengetahui tingkat

kekesatan pada permukaan. Perhitungan tebal *overlay* menggunakan program FAARFIELD juga dilakukan setelah Analisa perbandingan ACN PCN.

Hasil analisa dan perhitungan menunjukkan jika pesawat yang saat ini beroperasi masih memenuhi ketentuan penerbangan ( $ACN < PCN$ ) pada *runway*, *taxiway*, maupun *apron*. Kecuali untuk pesawat rencana Airbus 330-200 tidak memenuhi. Untuk pengesanan Sand Patch Test menunjukkan keadaan runway yang licin. Perhitungan struktur dan PCN dengan metode empiris/klasik dengan metode program FAARFIELD dan COMFAA menunjukkan bahwa perhitungan dengan program FAARFIELD dan COMFAA lebih valid dan bisa digunakan sebagai acuan. Untuk tebal perkerasan dengan program menghasilkan ketebalan 95cm (950mm) dan PCN 98,7. Hasil tersebut dapat digunakan sebagai acuan untuk melakukan perbaikan pada *Runway* Bandar Udara Abdulrachman Saleh Malang.

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

# **“EVALUATION PAVEMENT OF RUNWAY, TAXIWAY, AND APRON ABDURACHMAN SALEH MALANG AIRPORT”**

**Supervisor Lecturer I : Amalia Firdaus Mawardi, ST., MT.**

**Supervisor Lecturer II: Ir. Rachmad Basuki, MS.**

**Mahasiswa : Moh. Ilham Fahmi**

**NRP : 10111610013008**

**Department : Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas  
Vokasi – ITS**

## **ABSTRACT**

The demand of air transportation which continues to increase both in terms of the number of passengers, baggage and aircraft movements will have a direct impact on the airport's pavement capability. The aircraft's movements at Abdurachman Saleh Airport experienced a 22% increase in 2017-2018. Along with the growth of the tourism sector in the city of Malang which is predicted to increase every year, then by looking at this condition the Runway, Taxiway, and Apron systems make an important role in supporting operation of the Airport. The air side of Abdurachman Saleh Airport must have the structural strength requirements to serve the movement of aircraft operating according to plan. How is the evaluation and analysis of the pavement of the air side facilities at Abdurachman Saleh Airport at present whether it have the pavement standards that can be used for aviation.

The analysis was carried out by evaluating the strength of the Pavement Runway, Taxiway, and Apron using the ACN-PCN comparison method, according to the FAA Advisory Circular AC 150 / 5335-5B. Look for ACN values in 3 ways which is Aircraft Manufacturer, COMFAA Program, and using the Canadian Department of Transportation table. While the data needed to calculate are aircraft movement data including the number of annual departures, aircraft type, landing gear pressure, MTOW (Maximum Take Of Weight) of the aircraft, and structural drawing of existing pavement structures. Then the ACN results were compared with the existing PCN on Runway, Taxiway, and Apron. Sand Patch Test is also needed to determine the level of roughness on the surface. Calculation of overlay thickness using the

FAARFIELD program was also carried out after the ACN-PCN comparison analysis.

The results show if the aircraft currently operating still comply the flight requirements ( $ACN < PCN$ ) on the runway, taxiway, and apron. Except for planes Airbus 330-200 does not comply. To test the Sand Patch Test shows the runway is slippery. Calculation of the structure and PCN with the empirical / classical method with the FAARFIELD and COMFAA method shows that the calculation with the program FAARFIELD and COMFAA is more valid and can be used as a reference. For pavement thickness the program produces a thickness of 95cm (950mm) and PCN 98.7. These results can be used as a reference to make improvements to the Abdurachman Saleh Airport Malang Runway.

Keywords: ACN, PCN, Airport, COMFAA, FAA, FAARFIELD, Sand Patch Test

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan Rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Proyek Akhir terapan. Proyek akhir terapan ini dibuat untuk 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 karya tulis 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 tak pernah putus demi kesuksesan buah hatinya.
3. Bapak M. Khoiri ST., MT., Ph.D selaku ketua Departemen Teknik Infrastruktur Sipil FV – ITS.
4. Ibu Amalia Firdaus Mawardi, ST., MT. dan bapak Ir. Rachmad Basuki, MS. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan masukan dan bimbingan selama proses pembuatan Proyek Akhir.
5. Teman-teman Teknik Infrastruktur Sipil yang selalu mendukung dan memberikan semangat dalam penyelesaian Proyek Akhir terapan ini.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penyusunan Proyek Akhir terapan 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 Proyek Akhir terapan ini.

Surabaya, 10 Agustus 2020

Penulis

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
ABSTRAK .....	iv
ABSTRACT .....	vi
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xv
BAB I .....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan .....	3
1.5 Manfaat .....	3
BAB II .....	5
TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Konsep Dasar .....	5
2.2 Metode Evaluasi Perkerasan .....	10
2.3 Kondisi <i>Overload</i> .....	18
2.4 Perencanaan Perbaikan Perkerasan .....	20
2.4.1 Metode Empiris/Klasik .....	20
2.4.2 Metode Mekanistik dengan proram FAARFIELD ...	28
2.4.3 Metode Mekanistik dengan proram COMFAA .....	30
2.5 Penelitian Terdahulu .....	32
BAB III .....	35
METODOLOGI .....	35
3.1 Metode Pengerjaan Tugas Akhir .....	35
3.2 Uraian dan Rincian Diagram .....	36
3.3 Metode Perhitungan ACN .....	38
3.3.1 Metode <i>Aircraft Manufacturer</i> .....	39
3.3.2 Metode <i>Software</i> COMFAA .....	39
3.3.3 Metode <i>Transport Canada</i> .....	41
3.4 <i>Sand Patch Method</i> .....	42

3.5	Peningkatan PCN.....	43
3.5.1	Perencanaan tebal struktur <i>Runway</i> Metode Empiris/Klasik .....	44
3.5.2	Perencanaan <i>overlay Runway</i> Metode program FAARFIELD.....	45
3.5.3	Perencanaan <i>overlay Runway</i> Metode program COMFAA.....	47
BAB IV	.....	49
ANALISA DATA	.....	49
4.1	Umum .....	49
4.2	Karakteristik <i>Runway, Taxiway, dan Apron</i> .....	49
4.2.1	<i>Runway</i> .....	49
4.2.2	<i>Taxiway</i> .....	50
4.2.3	<i>Apron</i> .....	51
4.3	Jenis Pesawat .....	51
4.4	<i>Annual Departure dan Annual Growth</i> .....	54
BAB V	.....	57
PEMBAHASAN	.....	57
5.1	Umum .....	57
5.2	Analisa Perbandingan ACN-PCN .....	57
5.2.1	Menghitung ACN Metode Aircraft Manufacturer .	57
5.2.2	Menghitung ACN Metode Program COMFAA....	58
5.2.3	Menghitung ACN Metode Transport Canada .....	59
5.2.4	Perbandingan ACN pesawat dengan PCN eksisting	61
5.3	Sand Patch Test .....	64
5.3.1	Proses Pengetesan .....	65
5.3.2	Hasil Pengetesan .....	67
5.4	Perencanaan Overlay <i>Runway</i> .....	72
5.4.1	Eksisting <i>Runway</i> .....	73
5.4.2	Perencanaan tebal struktur perkerasan metode Klasik	74
5.4.3	Perhitungan Tebal Lapisan Tambahan/Overlay Program FAARFIELD.....	81



5.4.4 Perhitungan PCN Lapisan Tambahan/Overlay	
Program COMFAA.....	84
BAB VI .....	91
KESIMPULAN & SARAN .....	91
6.1 Kesimpulan.....	91
6.2 Saran .....	93
DAFTAR PUSTAKA .....	95
LAMPIRAN.....	97
Lampiran I.....	97
Detail perhitungan <i>Overlay</i> Metode FAARFIELD.....	97
Lampiran II .....	100
Detail perhitungan PCN <i>Overlay</i> Metode COMFAA.....	100
Lampiran III .....	105
Data Proyek Akhir .....	105

“Halaman sengaja dikosongkan”

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta Bandara Abdulrachman Saleh Malang.....	4
Gambar 1.2 Layout Bandar Udara Abdulrachman Saleh malang. 4	
Gambar 2.1 Contoh grafik ACN pesawat Boeing 737-900 pabrik pesawat.....	11
Gambar 2.2 Menu COMFAA. ....	12
Gambar 2.3 Prosedur pengujian Sand Patch Test.....	16
Gambar 2.4 Kurva desain Ketebalan minimum Airbus 330-200.22	
Gambar 2.5 Kebutuhan tebal minimum lapisan Base Course ....	24
Gambar 2.6 Karakteristik tanah untuk pondasi perkerasan .....	26
Gambar 2.7 Kurva interpolasi Linier .....	27
Gambar 2.8 Tampilan Menu FAARFIELD.....	29
Gambar 2.9 Tampilan Menu COMFAA.....	31
Gambar 2.10 Tampilan Spreadsheet COMFAA.....	31
Gambar 3.1 Flowchart Metodologi.....	35
Gambar 3.2 Nilai PCN Runway, Taxiway, dan Apron.....	37
Gambar 3.3 Flowchart perhitungan ACN metode Aircraft Manufacturer.....	39
Gambar 3.4 Flowchart perhitungan ACN metode COMFAA. ....	40
Gambar 3.5 Langkah Mencari ACN metode COMFAA. ....	41
Gambar 3.6 Flowchart Sand Patch Method .....	42
Gambar 3.7 Flowchart perhitungan PCN metode Klasik .....	44
Gambar 3.8 Flowchart perhitungan tebal Overlay menggunakan Program FAARFIELD .....	45
Gambar 3.9 Hasil ketebalan yang diperlukan untuk Overlay .....	46
Gambar 3.10 Flowchart perhtungan PCN program COMFAA ..	47
Gambar 4. 1 Struktur Runway eksisting.....	50
Gambar 5.1 Lokasi Sand Patch Test.....	64
Gambar 5.2 Detail titik Sand Patch Test.....	65
Gambar 5.3 Alat dan Bahan Pengetesan .....	66
Gambar 5.4 Pengukuran, pembersihan titik pengetesan dan penuangan pasir.....	66
Gambar 5.5 Perataan pasir pada pengetesan.....	67
Gambar 5. 6 Hasil pengetesan.....	67

Gambar 5. 7 Rubber deposit pada runway bandara Abd. Saleh .	70
Gambar 5. 8 Kerusakan pada Area Touchdown .....	71
Gambar 5. 9 Nilai minimum tebal perkerasan Airbus 330-200..	76
Gambar 5. 10 Kurva kebutuhan tebal minimum Base Course....	77
Gambar 5.11 Hasil perhitungan Struktur perkerasan Runway Metode Empiris/Klasik .....	79
Gambar 5.12 Kurva evaluasi perkerasan lentur untuk pesawat dengan roda pendaratan dual tandem.....	80
Gambar 5. 13 Nilai ACN pesawat. ....	81
Gambar 5.14 Hasil perhitungan Overlay pada Runway .....	82
Gambar 5.15 Kurva CDF hasil perhitungan FAARFIELD .....	83
Gambar 5. 16 Hasil perhitungan Struktur perkerasan setelah Overlay .....	83
Gambar 5.17 Hasil perhitungan Tebal perkerasan ekuivalen Spreadsheet COMFAA .....	85
Gambar 5.18 Tampilan COMFAA untuk perhitungan PCN .....	86
Gambar 5. 19 Tampilan Library COMFAA untuk data pesawat	86
Gambar 5. 20 Tabel hasil perhitungan PCN program COMFAA87	
Gambar 5. 21 Grafik Ketebalan hasil perhitungan COMFAA ...	88
Gambar 5. 22 Grafik Perbandingan ACN dan PCN hasil perhitungan COMFAA .....	89

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Daya Dukung Tanah Dasar.....	8
Tabel 2.2 Klasifikasi Tekanan Roda Pesawat.....	9
Tabel 2.3 Tata Cara Penulisan Kode PCN.....	9
Tabel 2.4 Contoh Nilai ACN pesawat versi Transport Canada ..	12
Tabel 2.5 Nilai Minimum Untuk Kedalaman Tekstur .....	16
Tabel 2.6 Nilai konversi Landing Gear.....	21
Tabel 2.7 Tebal minimum Lapisan Campuran Aspal P-401 /P-403 .....	23
Tabel 2.8 Kebutuhan tebal minimum Base Course.....	25
Tabel 2.9 Penjelasan Section Name.....	29
Tabel 4.1 Karakteristik Runway .....	50
Tabel 4.2 Karakteristik Taxiway.....	51
Tabel 4.3 Karakteristik Apron .....	51
Tabel 4.4 Jenis Pesawat yang Beroperasi .....	52
Tabel 4.5 Karakteristik Airbus 330-200 .....	53
Tabel 4.6 Annual Departure setiap pesawat.....	54
Tabel 4.7 Annual Departure setiap pesawat.....	54
Tabel 4.8 Annual Growth pesawat.....	55
Tabel 5.1 Nilai ACN Aircraft Manufacturer lentur dan kaku setiap pesawat. ....	57
Tabel 5.2 Nilai ACN Program COMFAA lentur dan kaku setiap pesawat.....	59
Tabel 5.3 Nilai ACN Transport Canada lentur dan kaku setiap pesawat.....	60
Tabel 5.4 Hasil Perbandingan ACN-PCN Perkerasan Lentur dan Kaku .....	63
Tabel 5. 5 Hasil pengetesan Sand Patch Test.....	68
Tabel 5. 6 Karakteristik Runway .....	72
Tabel 5. 7 Perhitungan Ekuivalen Annual Departure .....	75
Tabel 5. 8 Data pesawat yang diinput untuk program FAARFIELD .....	81
Tabel 5. 9 Data pesawat yang diinput untuk program COMFAA .....	84

“Halaman sengaja dikosongkan”

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Transportasi udara kian diminati masyarakat karena memiliki berbagai keunggulan yakni cepat, aman dan efisien. Jumlah penumpang yang menggunakan jasa transportasi udara selalu meningkat dari tahun ke tahun. Sehingga kebutuhan maskapai akan pesawat berkapasitas besar dengan badan pesawat yang berbobot tinggi kian meningkat. Hal ini menjadi penyebab terus meningkatnya pergerakan pesawat. Pergerakan pesawat yang terus meningkat akan berdampak langsung pada kemampuan perkerasan pada sisi udara Bandar Udara. Dalam melayani lalu lintas udara yang tinggi diperlukan kekuatan akan sisi udara yaitu *Runway*, *Taxiway*, dan *Apron* yang tinggi pula.

Bandar Udara Abdulrachman Saleh terletak di Pakis, Kabupaten Malang, Jawa Timur, atau 17 km arah timur dari pusat Kota Malang. Bandar Udara Abdulrachman Saleh memiliki dua *Runway* yaitu 1500 m untuk pesawat kecil dan 2500 m untuk pesawat komersil. Bandar Udara yang dinobatkan sebagai Bandar Udara dengan pelayanan terbaik se-Indonesia pada tahun 2018. (malangpostonline.com, 2018) Tercatat bahwa pada tahun 2017 penumpang berjumlah 1 juta orang dan pada tahun 2018 berjumlah 1,32 juta orang, meningkat sebesar 22% dan diprediksi akan meningkat setiap tahunnya, dikarenakan kota Malang terkenal sebagai kota wisata.

Pesawat yang beroperasi di Bandar Udara Abdulrachman Saleh bertambah dan bervariasi setiap tahunnya sehingga mempengaruhi nilai ACN (*Aircraft Classification Number*) dari masing-masing pesawat tersebut. Dengan data nilai PCN (*Pavement Classification*

*Number*) pada fasilitas sisi udara seperti yang disebutkan tersebut, timbul suatu pertanyaan berkaitan dengan kekuatan perkerasan sisi udara dalam menerima beban pesawat yang bervariasi.

Proyek Akhir ini akan mengevaluasi bagaimana kondisi perkerasan pada sisi udara dengan menggunakan metode perbandingan ACN-PCN. ACN dihitung menggunakan tiga metode yaitu *Aircraft Manufacturer*, menggunakan *Program COMFAA*, dan menggunakan tabel *Canadian Department 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 150/5335-5B* nilai ACN yang telah dihitung dan dibandingkan dengan nilai PCN perkerasan *Runway, Taxiway, dan Apron* Bandar Udara. Uji kekesatan juga dilakukan untuk mengetahui *Skid Resistance* pada perkerasan. Hasil evaluasi dan analisa digunakan untuk perhitungan tebal lapisan tambahan atau *overlay* dengan menggunakan program FAARFIELD dan COMFAA pada perkerasan untuk memenuhi nilai PCN yang diperlukan pesawat yang telah ada dan rencana pesawat yang memiliki nilai ACN yang lebih besar.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Dengan melihat uraian latar belakang diatas maka dalam penulisan proyek akhir ini terdapat permasalahan antara lain :

1. Bagaimana menganalisa kekuatan perkerasan dengan menggunakan metode perbandingan ACN-PCN ?
2. Apabila struktural perkerasan masih dapat melayani pesawat yang beroperasi, bagaimana dengan kondisi fungsionalnya yang dilihat dari tingkat kekesatan *Runway*?



3. Berapa nilai ketebalan lapisan tambahan atau *overlay* yang diperlukan untuk meningkatkan nilai PCN pada *Runway*?

### 1.3 Batasan Masalah

Dalam penyajian proyek akhir ini dilakukan pembatasan masalah sebagai berikut :

1. Menggunakan data sekunder perkerasan *Runway*, *Taxiway*, dan *Apron* Bandar Udara Abdulrachman Saleh.
2. Tidak membahas masalah ekonomi dan besarnya rencana anggaran biaya (RAB) yang diperlukan dari perencanaan Bandar Udara Abdulrachman Saleh.
3. Evaluasi hanya menggunakan metode perbandingan ACN-PCN menurut *FAA Advisory Circular AC*.
4. Solusi perbaikan pada perkerasan hanya menambahkan tebal lapisan tambahan atau *overlay* pada *Runway*.

### 1.4 Tujuan

Berdasarkan dari rumusan masalah yang ada, dapat diketahui tujuan proyek akhir pada Bandar udara Abdulrachman Saleh sebagai berikut :

1. Mengetahui cara menganalisa kekuatan perkerasan sisi udara dengan menggunakan metode perbandingan ACN-PCN.
2. Mengetahui kondisi fungsional *Runway* yang ditinjau dari kekesatannya.
3. Mengetahui ketebalan lapisan tambahan atau *overlay* yang diperlukan untuk meningkatkan nilai PCN *Runway* bandar udara Abdulrachman Saleh Malang.

### 1.5 Manfaat

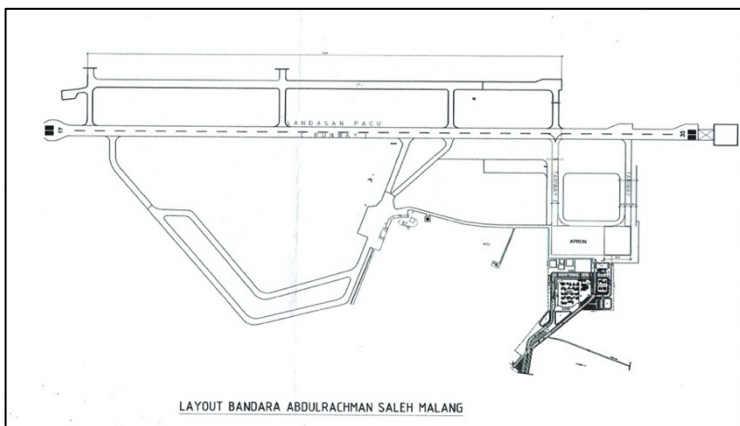
Adapun manfaat dari penulisan tugas akhir ini yaitu :

1. Mahasiswa mampu mengevaluasi perkerasan sisi udara pada Bandar Udara.
2. Memberikan wawasan dan ilmu pengetahuan bagi mahasiswa yang lain maupun penulis.

3. Mahasiswa mampu melakukan perhitungan tebal lapisan tambahan atau *overlay* pada *Runway*, *Taxiway*, dan *Apron* Bandar Udara.



*Gambar 1.1 Peta Bandara Abdulrachman Saleh Malang.  
Sumber : (Google Earth, 2019)*



*Gambar 1.2 Layout Bandar Udara Abdulrachman Saleh Malang.  
Sumber : (Unit Pelayanan Bandara Abd. Saleh Malang, 2019)*

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Konsep Dasar**

Sistem bandar udara terbagi atas dua yaitu sisi udara (*Air Side*) dan sisi darat (*Land Side*). Kedua sistem tersebut harus tersedia untuk mendukung semua kegiatan yang berlangsung dalam bandar udara. Adapun komponen dari dua system tersebut adalah sebagai berikut :

- a. Runway atau landas pacu
- b. Taxiway atau landas hubung
- c. Apron
- d. *Terminal building* atau gedung terminal
- e. *Air Traffic Controller* (Tower)
- f. *Air Rescue Service* (Penanggulangan Kecelakaan)
- g. *Curb*
- h. Parkir Kendaraan
- i. Fuel Service untuk mengisi bahan bakar

Menurut *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 dilayaninya. 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 **empiris** dan metode **mekanistik**.

Metode empiris adalah suatu metode desain perkerasan yang didasarkan pada perhitungan terhadap pesawat rencana terbesar dan nilai CBR (California Bearing Ratio). Nilai CBR sub grade (tanah dasar) digunakan sebagai dasar perhitungan tebal lapis perkerasan baik subbase course (lapis pondasi bawah), base course (lapis pondasi) dan surface course (lapis permukaan). Surface diperhitungkan dengan menggunakan stabilitas dari hasil uji perhitungan Marshall Test. Dari hasil test tersebut, akan didapatkan gambaran kapan material tersebut akan hancur atau gagal.

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 lapis sub grade perhitungan dilakukan dengan modulus of sub grade reaction, sedangkan lapis di atas sub grade baik sub base, base, maupun surface dihitung dengan modulus resilient. Modulus resilient adalah modulus yang dihitung dengan cara memberikan beban secara bertahap. Dengan adanya penambahan beban bertahap akan timbul tegangan dan regangan yang terjadi pada setiap lapis sehingga akan didapatkan data kapan kegagalan material akan terjadi, yang berarti merupakan gambaran dari kekuatan bahan pada saat material mulai kelelahan atau mulai rusak. Untuk mendeteksi lendutan dan tegangan yang terjadi akibat

beban, pada umumnya perhitungan metode mekanistik lebih rumit dan biasanya dilakukan dengan bantuan computer yaitu program COMFAA dan FAARFIELD. Metode mekanistik saat ini direkomendasikan oleh ICAO dan FAA.

Pada peraturan KP 93 tahun 2015 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).

Ada beberapa metode untuk menentukan nilai PCN diantaranya metode klasik (CBR-FAA), metode grafis dan metode FAA AC 150/5335-5C. Adapun penentuan nilai PCN yang biasa digunakan di Indonesia untuk mendapatkan nilai PCN yang lebih tepat yaitu pengujian langsung dilapangan dengan alat HWD (*Heavy Weight Deflectometer*).

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 – 5B 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 di gunakan 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 suatu 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 daya dukung untuk jenis perkerasan kaku dan lentur.

*Tabel 2.1 Klasifikasi Daya Dukung Tanah Dasar*

Kategori	Nilai CBR <i>Flexible Pavement</i>	Nilai (k) <i>Rigid Pavement</i>	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	> 281Mpa	> 1,5psi	W
Medium	281-218Mpa	1,5-1,0psi	X
Low	218-145Mpa	1,0-0,5psi	Y
Ultra Low	145-0Mpa	0,5-0psi	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 akan seperti tabel berikut ini :

*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)*

Beberapa metode untuk menentukan nilai PCN diantaranya adalah metode klasik (CBR-FAA), metode grafis dan metode FAA AC 150/5335-5C. Pada Proyek Akhir ini dilakukan perhitungan PCN dengan metode klasik dan metode FAA AC 150/5335-5C atau dengan program yang telah disediakan oleh ICAO untuk mempermudah perhitungan.

Perhitungan PCN metode klasik didasarkan pada konsep perhitungan dimana nilai PCN perkerasan dihitung berdasarkan pesawat kritis, daya dukung perkerasan, ekuivalen *Annual Departure* dan nilai CBR subgrade. Untuk mempermudah perhitungan dikembangkan kurva korelasi antara CBR subgrade, annual departure, beban pesawat dan tebal perkerasan.

**Aircraft Classification Number (ACN)** merupakan suatu angka yang menjelaskan dampak relatif suatu pesawat terbang terhadap landasan untuk suatu standar *subgrade* kategori tertentu. (Civil Aviation Safety Authority, 2017)

Pada Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor: Kp 39 Tahun 2015 Tentang Standar Teknis Dan Operasi Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil – Bagian 139 (*Manual Of Standard Casr – Part 139*) Volume I Bandar Udara (*Aerodromes*) Pasal 6.2.11.2 mengatur bahwa Bearing strength harus sedemikian rupa hingga tidak akan menimbulkan masalah keselamatan bagi pesawat udara. Nilai dari

$PCN > ACN < 1,1$  PCN ( untuk Fleksibel )

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

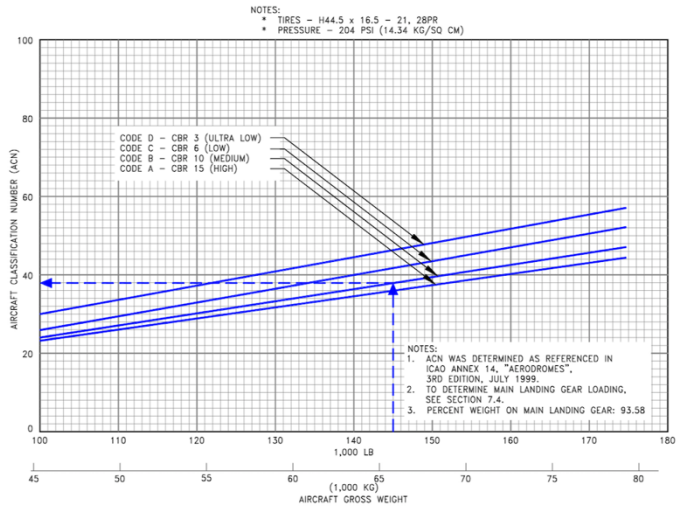
## 2.2 Metode Evaluasi Perkerasan

Untuk mengevaluasi *Runway*, *Taxiway*, dan *Apron* menggunakan asumsi sebagai berikut :

1. Menentukan nilai ACN dengan metode grafis yang telah dibuat oleh pabrik pesawat, menggunakan software COMFAA, dan



menggunakan metode *Canadian Department of Transportation*.



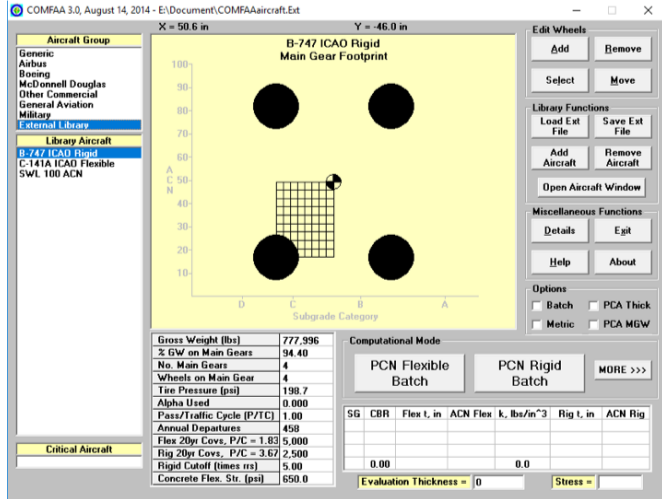
Gambar 2.1 Contoh grafik ACN pesawat Boeing 737-900 pabrik pesawat.

Sumber : (Boeing Commercial Airplanes, 2014)

Program COMFAA dapat melakukan dua jenis perhitungan, yang pertama yaitu perhitungan desain perkerasan (*Pavement Design Mode*) yang meliputi jenis perkerasan dan tebal perkerasan. Yang kedua yaitu perhitungan ACN (*ACN Computation Mode*) yang meliputi perhitungan ACN pesawat untuk perkerasan lentur (*Flexible Pavement*) dan perhitungan ACN pesawat untuk perkerasan kaku (*Rigid Pavement*)

Untuk menghitung ACN pada program COMFAA, langkah pertama adalah memilih group pesawat dari menu 'Aircraft Group' (contoh :Boeing) Kemudian memilih jenis dan tipe pesawat (contoh : 737-900ER), mengkonfirmasi parameter pesawat (*gross weight, Tire Presssure,dll*) tersebut,

dan selanjutnya meng ‘klik’ tombol ‘ACN Flexible’ (untuk perkerasan lentur) atau ‘ACN Rigid’ (untuk perkerasan kaku). Hasil akhir dari nilai ACN pesawat tersebut ditampilkan pada A dan B seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.2 Menu COMFAA.

Sumber : Program COMFAA

Untuk menentukan ACN dengan metode *Transport Canada* adalah dengan memakai tabel yang telah diterbitkan oleh *Canadian Department of Transportation*. Berikut adalah contoh tabel ACN *Transport Canada* :

Tabel 2.4 Contoh Nilai ACN pesawat versi *Transport Canada*

AIRCRAFT CLASSIFICATION NUMBERS (ACN's)										
		Flexible Pavement Subgrades				Rigid Pavement Subgrades				
		CBR				k (MPa/m)				
		High	Medium	Low	Vr Low	High	Medium	Low	Ult Low	
Aircraft	Weight Max/Min (kN)	Tire Pressure (MPa)	A	B	C	D	A	B	C	D
			15	10	6	3	150	80	40	20
B717-100, 200, 300	543	1.10	32	34	38	40	36	38	40	41
	310		16	17	19	22	18	20	21	21
B720, 720B	1045	1.01	28	30	37	49	24	29	35	41
	700		17	18	21	28	15	17	20	24

B727-100, 100C	756 450	1.14	41 23	43 23	49 25	54 30	45 24	48 26	51 28	53 29
B727-200	770 450	1.15	42 23	44 23	50 25	55 30	47 25	50 26	52 28	54 29
B727-200 (Advanced)	934 450	1.19	53 23	57 23	64 26	69 30	60 25	63 26	66 28	69 30
B727-200F (Advanced)	907 450	1.15	52 23	54 23	61 25	66 30	57 25	60 26	63 28	66 29
B737-100	445 260	1.02	23 12	23 12	26 14	30 16	25 13	26 14	28 15	29 16
B737-200, 200C, Advanced	572 300	1.26	31 15	32 15	37 16	41 19	35 17	37 18	39 19	41 20
B737-300	623 325	1.40	35 16	37 17	41 18	45 18	40 19	42 20	44 21	46 22
B737-400	670 350	1.28	38 18	40 18	45 20	49 23	43 20	45 21	47 22	49 23
B737-500	596 320	1.34	33 16	35 16	39 18	43 21	38 18	40 19	42 20	43 21
B737-600	645 357	1.30	35 18	36 18	40 19	45 22	39 20	41 21	44 22	45 23
B737-700	690 370	1.39	38 18	40 19	44 20	49 23	43 21	46 22	48 23	50 24
B737-800	777 406	1.47	44 21	46 21	51 23	56 26	51 24	53 25	56 26	57 27
B737-900	777 420	1.47	44 21	46 22	51 24	56 28	51 24	53 26	56 27	57 28
B747-100, 100B, 100SF	3350 1700	1.55	49 21	54 22	65 25	86 32	46 20	54 22	64 25	73 29
<hr/> Page 4 <span style="float: right;">Transport Canada, Aerodrome Safety (AARME), Ottawa, Canada (www.tc.gc.ca) <span style="float: right;">July 2001</span></span>										

Sumber : (Transport Canada, 2004)

Alasan menggunakan tiga metode tersebut adalah hanya untuk sebagai perbandingan dan mencari nilai terbesar dari ACN setiap pesawatnya.

2. Melakukan perbandingan antara nilai ACN eksisting dan PCN eksisting.
3. Melakukan uji kekesatan terhadap perkerasan.

*Skid Resistance* (kekesatan) adalah gaya yang dihasilkan antara permukaan perkerasan dan ban kendaraan untuk mengimbangi majunya gerak kendaraan saat dilakukan pengereman. (Sukirman, 1999). *Skid Resistance* memiliki

nilai gesekan yang terjadi antara permukaan perkerasan dan roda kendaraan. Nilai gesekan ini tergantung pada: tekstur mikro dan makro permukaan jalan, properti dari ban kendaraan, kecepatan kendaraan dan kondisi cuaca. Ada berbagai metode yang dapat digunakan dalam mengukur kedalaman tekstur, yang paling sederhana adalah Metode Lingkaran Pasir (*Sand Patch Method*).

Metode Lingkaran Pasir (*Sand Patch Method*) merupakan teknik pengukuran kedalaman tekstur permukaan secara volumetrik menggunakan pasir. Menebarkan pasir yang volumenya sudah diketahui pada suatu area secara melingkar. Diameter lingkaran yang terbentuk diukur, dari volume pasir dan ukuran diameter/luas lingkaran, dapat ditentukan kedalaman tekstur permukaan perkerasan. Pasir yang digunakan harus kering dan 90% lebih lolos dari ayakan no.60 dan tertahan 100% pada ayakan no 80. Nilai hasil pengukuran kedalaman tekstur dinyatakan dalam rata-rata kedalaman tekstur atau *Mean Texture Depth* (MTD). Menurut Spesifikasi umum Bina Marga 2018 “Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan”, metode lingkaran pasir hanya bisa digunakan untuk mengukur permukaan makrotekstur dengan nilai rata-rata kedalaman tekstur  $> 0,45$  mm.

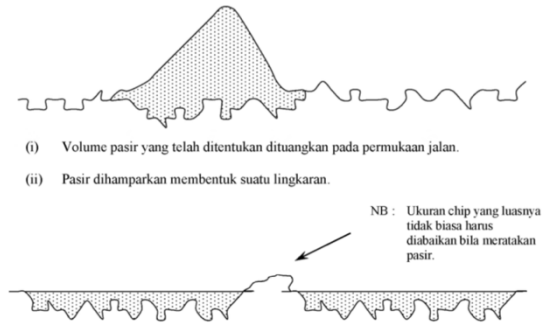
Dalam pengujian tekstur menggunakan *Sand Patch Method* terdapat beberapa alat dan material yang harus dipenuhi, yaitu:

- a. Sebuah penggaris atau pita ukur yang berskala dalam milimeter dengan panjang tidak kurang dari 400 mm.
- b. Sebuah sikat halus atau kuas. Sikat dan kuas digunakan untuk membersihkan permukaan perkerasan sebelum diuji.
- c. Sebuah papan penggaris dengan panjang antara 150 hingga 160 mm untuk membuat lingkaran. Sebagian peraturan seperti ASTM (*American Standard Testing and Material*) menggunakan benda berbentuk bulat dengan permukaan

- karet. Dalam penelitian ini digunakan benda berbentuk bulat.
- d. Sebuah silinder pengukur pasir dengan garis tengah 30 - 45 mm yang mempunyai 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 prosedur pengujian *Sand Patch Method* 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 papan penggaris.
- c. Tuangkan pasir dengan bentuk kerucut pada tengah-tengah daerah yang akan diperiksa (dalam keadaan berangin disarankan menggunakan ban atau penyekat angin mengelilingi pasir tersebut).
- d. Dengan menggunakan papan penggaris, sebar pasir dalam bentuk lingkaran hingga cekungan-cekungan permukaan diisi rata. (lihat Gambar 2.3)
- 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 2.2), yang merupakan garis tengah lingkaran pasir.



Gambar 2.3 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).

$$MTD = \frac{4V \times 1000}{\pi D^2} \dots\dots\dots \text{Pers 2.2}$$

Dimana: MTD = *Mean Texture Depth* (mm)  
 V = Volume pasir (cm<sup>3</sup>)  
 D = Diameter sand patch (mm)

Tabel 2.5 Nilai Minimum Untuk Kedalaman Tekstur

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

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

Dari tabel diatas nilai minimum yang dipakai untuk Sand Patch Test yaitu 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*

Pada operasional bandara ketika ada pesawat yang akan beroperasi dengan ACN pesawat yang melebihi nilai PCN pada eksisting masih diperbolehkan, namun ada prosedur yang harus dilakukan yaitu, operator pesawat harus terlebih dahulu melaporkan pada operator Bandar udara yang berwenang, jika pesawatnya akan beroperasi di atas nilai PCN yang dilaporkan. Kriteria berikut disarankan untuk menentukan dapat tidaknya diterima suatu pesawat terbang beroperasi kondisi *overload* atau melebihi nilai PCN pada perkerasan. Berikut adalah syarat-syarat untuk kondisi *overload* :

- a. Untuk perkerasan lentur, nilai ACN maksimal yang diijinkan adalah 10% di atas PCN yang dilaporkan.
- b. Untuk perkerasan kaku, nilai ACN maksimal yang diijinkan adalah 5% di atas 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.

Perkerasan sisi udara suatu saat akan mencapai batas maksimum seiring dengan jenis pesawat yang berbadan lebar makin banyak beroperasi. Beban pesawat yang melebihi nilai PCN perkerasan akan memperpendek usia rencana. Menurut FAA, kekuatan struktur perkerasan yang dibebani secara berlebih tidak secara tiba-tiba dengan serempak gagal.

Pedoman Evaluasi *Overload* berlaku terutama untuk perkerasan aspal dan beton yang memiliki nilai PCN yang dihitung dengan *technical method*. Perkerasan yang peringkatnya ditentukan dengan *aircraft method* dapat menggunakan pedoman Evaluasi *Overload* yang disediakan oleh ICAO.



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

- a. Nilai PCN yang berasal dari metode evaluasi teknis tetap dipakai, dengan menggunakan informasi dari bandara setempat bahwa ada beberapa pesawat dalam lalu lintas yang dapat diizinkan untuk beroperasi dengan ACN lebih besar dari PCN yang ada atau berat pesawat dikurangi agar tidak melebihi nilai PCN.
- b. Meningkatkan PCN yang ada dengan melakukan pelapisan ulang pada perkerasan eksisting atau melakukan perkuatan konstruksi perkerasan eksisting untuk mengakomodasi pesawat dengan ACN yang lebih besar.
- c. Menaikkan nilai PCN sesuai dengan ACN pesawat terbesar, dengan melakukan perencanaan ulang struktur perkerasan.

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

Pilihan kedua meredakan masalah yang dibahas untuk opsi pertama, tetapi tidak membutuhkan biaya tambahan untuk merubah perkerasan lentur maupun kaku hingga memenuhi kebutuhan dari kombinasi lalu-lintas pesawat yang ada. Namun, menyediakan penguatan perkerasan eksisting akan memungkinkan untuk beroperasi pada kekuatan yang diperlukan dan untuk umur perkerasan yang diinginkan.

Pilihan ketiga memiliki manfaat yang memungkinkan semua pesawat untuk beroperasi sesuai kebutuhan. Namun, dengan melakukan perencanaan ulang struktur perkerasan yang akan memakan biaya yang tinggi dan mengganggu aktifitas bandara.

## 2.4 Perencanaan Perbaikan Perkerasan

Pilihan yang banyak digunakan di Indonesia saat ini yaitu dengan pilihan kedua 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 atau *overlay* 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 mendapatkan nilai PCN sesuai dengan pesawat yang beroperasi. Namun karena disini kita mencari nilai PCN yang sama atau melebihi dari nilai ACN pesawat yang direncanakan dan sebagai pembanding untuk perhitungan tebal perkerasan dengan metode program FAARFIELD dan COMFAA.

### 2.4.1 Metode Empiris/Klasik

Langkah pertama yang dibutuhkan untuk melakukan perencanaan tebal perkerasan dengan metode klasik adalah sebagai berikut:

#### 1. Menghitung ekuivalen *Annual Departure*

Ketika pesawat yang beroperasi di suatu bandar udara terdiri dari berbagai jenis pesawat dengan berbagai tipe roda pendaratan (**landing gear**) dan berbagai variasi beban, efek pesawat tersebut terhadap perkerasan dihitung berdasarkan pesawat terkritis atau dalam desain pesawat desain. Perhitungan ekuivalen *annual departure* dilakukan dengan mengkonversi

**landing gear** semua pesawat yang beroperasi ke pesawat kritis. **Equivalent Annual Departures** pesawat kritis, dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\boxed{\text{Log } R1 = \text{Log } R2 \times \left(\frac{W2}{W1}\right)^{1/2}} \dots\dots\dots \text{Pers 2.3}$$

Dimana :

R1 = *Annual Departure* pesawat terkrtrits / pesawat rencana

R2 = *Annual Departure* pesawat dinyatakan dalam landing

W1 = Beban roda pesawat kritis/ pesawat rencana

W2 = Beban roda pesawat yang dikonversi

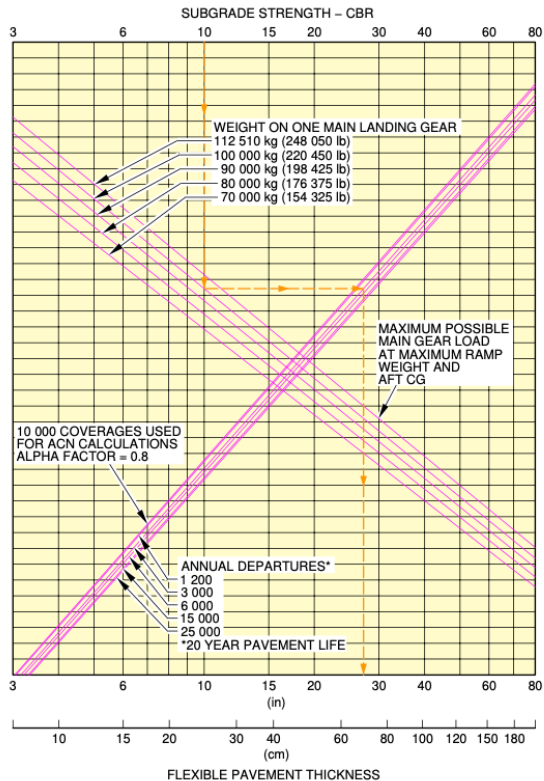
Tabel 2.6 Nilai konversi Landing Gear

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

Sumber : KP 93 2015

## 2. Menghitung tebal ekuivalen perkerasan.

Untuk menentukan tebal ekuivalen perkerasan hal pertama yang harus dilakukan yaitu menentukan nilai CBR, *one main landing gear*, dan *equivalent annual departure*, kemudian didapatkan nilai tebal perkerasan total dengan kurva yang sudah disediakan oleh pabrik pesawat.



Gambar 2.4 Kurva desain Ketebalan minimum Airbus 330-200.

Sumber : Airbus.com

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 Trated 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

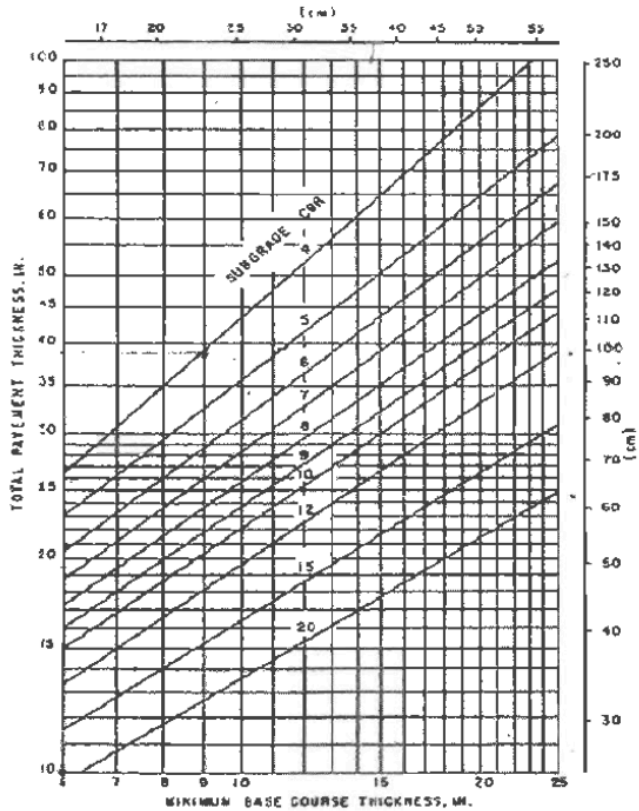
Dalam perencanaan tebal perkerasan, tebal perkerasan yang dianalisa adalah tebal perkerasan ekuivalen. Kebutuhan tebal lapisan campuran aspal minimal ditampilkan dalam tabel 2.7

*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 dengan menggunakan kurva korelasi antara tebal perkerasan (*total pavement thickness*), CBR Subgrade dan Base Course minimum ditampilkan pada gambar 2.4 dan tabel 2.8.



Gambar 2.5 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

### 3. 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 dalam gambar 2.5

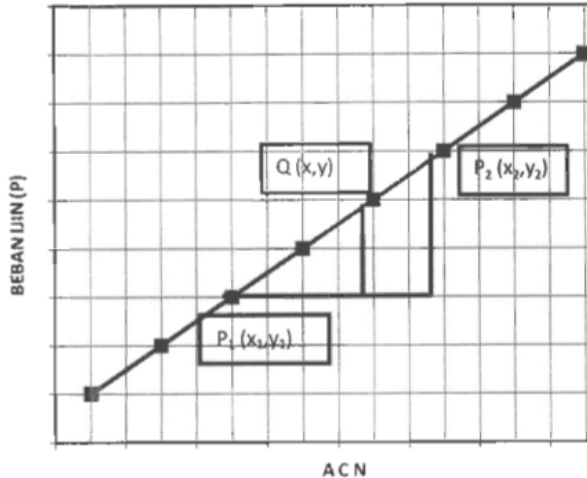
Major Divisions	Letter	Name	Value as Foundation When Not Subject to Frost Action	Value as Base Directly under Wearing Surface	Potential Frost Action	Compressibility and Expansion	Drainage Characteristics	Unit Dry Weight (pcf)	CBR	Subgrade Modulus k (pci)	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	
Coarse-gravely soils	Gravel and gravelly soils	GW	Gravel or sandy gravel, well graded	Excellent	Good	None to very slight	Almost none	Excellent	125-140	60-80	900 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
		GU	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	130-145	40-90	300 or more
	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	
	Sand and sandy soils	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
		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
		SM	Sand or gravelly sand, Poor uniformly Not suitable/graded	Fair to good	Poor	None to very slight	Almost none	Excellent	100-115	10-20	200-300
		SU	Silty sand or silty gravelly sand	Good	Not suitable	Slight to high	Very slight	Fair to poor	120-135	20-40	200-300
		SC	Clayey sand or clayey gravelly sand	Fair to good	Not suitable	Slight to high	Slight to medium	Poor to practically impervious	105-130	10-30	200-300
Fine grained soils		Low compressibility LL<20	ML	Silt, sandy silt, gravelly silt, or diatomaceous silt	Fair to good	Not suitable	Medium to very high	Slight to medium	Fair to poor	100-125	5-15
	CL		Lean clays, sandy clays, or gravelly clays	Fair to good	Not suitable	Medium to very high	Medium	Practically impervious	100-125	5-15	100-200
	OL		Organic silt or lean organic clays	Poor	Not suitable	Medium to very high	Medium to high	Poor	90-105	4-8	100-200
	High compressibility LL>20	MH	Micaaceous clays or diatomaceous soils	Poor	Not suitable	Medium to very high	High	Fair to poor	80-100	4-8	100-200
		CH	Fat clays	Poor to very poor	Not suitable	Medium	High	Practically impervious	90-110	3-5	50-100
		OH	Fat organic clays	Poor to very poor	Not suitable	Medium	High	Practically impervious	80-105	3-5	50-100
Pest and other fibrous organic soils	PT	Peat, humus and other	Not suitable	Not suitable	Slight	Very high	Fair to poor	-	-	-	

Gambar 2.6 Karakteristik tanah untuk pondasi perkerasan  
Sumber : KP 93 2015

4. Menentukan daya dukung perkerasan.  
Setelah diketahui tebal perkerasan rencana lalu menentukan daya dukung perkerasan untuk mencari nilai PCN. Dengan menggunakan kurva korelasi antara CBR subgrade, tebal perkerasan (tebal ekuivalen), annual departure (annual departure equivalen) dan beban yang telah dikembangkan oleh FAA yang telah disediakan pada peraturan KP 93 tahun 2015 Pedoman Teknis Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil bagian 139-24 tentang “pedoman perhitungan PCN perkerasan bandar udara”. Bagian appendiks D.
5. Menghitung nilai PCN dengan interpolasi linier nilai ACN pesawat sesuai dengan daya dukung perkerasan hasil perhitungan pada langkah ke (iv). ACN berbagai jenis pesawat



dapat dilihat di Appendiks E. Interpolasi linier dilakukan berdasarkan persamaan garis lurus melalui dua titik P1 dan P2 seperti ditampilkan dalam Gambar 2.7 berikut ini.



Gambar 2.7 Kurva interpolasi Linier  
Sumber : KP 93 2015

Persamaan garis lurus melalui dua titik P1 dan P2 dapat dituliskan dengan:

$$\frac{y-y_1}{y_2-y_1} = \frac{x-x_1}{x_2-x_1} \dots\dots\dots \text{Pers 2.4}$$

Sehingga diperoleh persamaan dari interpolasi sebagai berikut:

$$x = x_1 + (x_2 - x_1) \frac{y-y_1}{y_2-y_1} \dots\dots\dots \text{Pers 2.5}$$

Jika:

- X : Nilai PCN yang akan dihitung
- X1 : ACN minimum
- X2 : Beban ijin perkerasan (P)

- Y : Beban ijin perkerasan (P)  
 Y1 : Beban minimum pesawat (P min)  
 Y2 : Beban Maksimum (P maks)

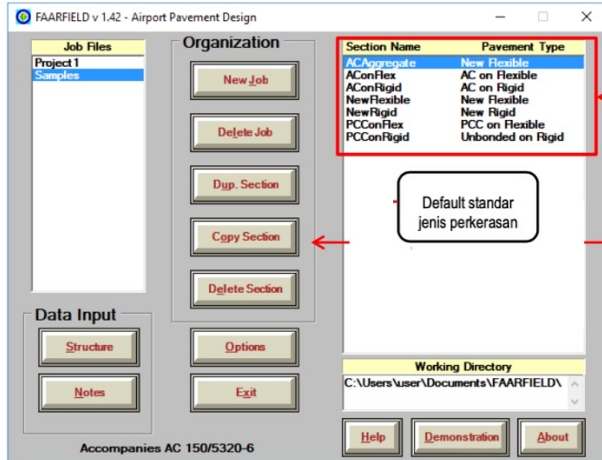
Maka persamaan interpolasi untuk mencari nilai PCN dapat ditulis,

$$PCN = ACN \text{ min} + (ACN \text{ maks} - ACN \text{ min}) \frac{P - P \text{ min}}{P \text{ maks} - P \text{ min}} \quad \text{Pers 2.6}$$

#### 2.4.2 Metode Mekanistik dengan proram FAARFIELD

FAARFIELD (*Federal Aviation Administration Rigid and Flexible Iterative Elastic Layered Design*) adalah perangkat lunak (*program*) yang dibuat oleh FAA terkait tebal perkerasan. FAARFIELD menerapkan prosedur *layer elastic* dan *finite element* untuk merencanakan perkerasan baru dan *overlay* pada perkerasan lentur dan kaku. Program FAARFIELD adalah program penyempurnaan dari program COMFAA karena pada FAARFIELD hanya menggunakan 1 program dan berdiri sendiri. Berbeda dengan COMFAA masih memerlukan dukungan Spreadsheet.

Struktur perkerasan bandar udara (bandara) 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**.



Gambar 2.8 Tampilan Menu FAARFIELD.

Pada tampilan *menu* FAARFIELD terdapat beberapa opsi untuk menyesuaikan pekerjaan yang diinginkan mulai dari perencanaan ulang struktur perkerasan lentur maupun kaku hingga penambahan *Overlay* pada perkerasan lentur atau kaku eksisting. Berikut tabel penjelasan untuk pekerjaan yang diinginkan :

Tabel 2.9 Penjelasan Section Name

Section Name	Pavement Type	Keterangan
ACAggregate	New flexible on Aggregate base	Perkerasan baru (fleksibel/lentur) di atas agregat base
AconFlex	Asphalt overlay on Flexible pavement	<i>Overlay</i> (fleksibel/lentur) di atas perkerasan asal
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

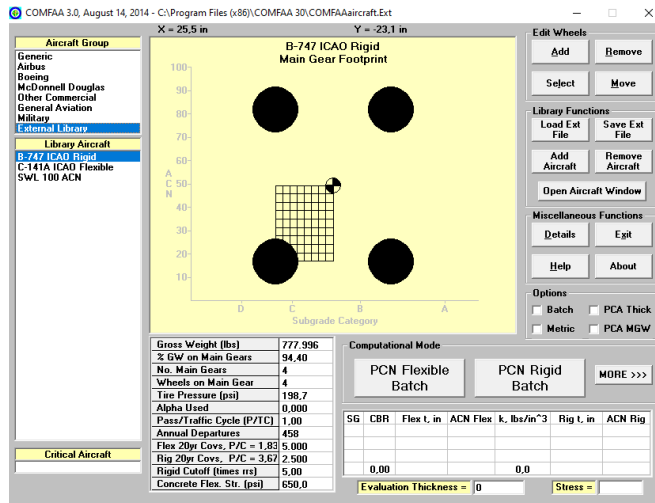
*Sumber : Modul FAARFIELD.*

### 2.4.3 Metode Mekanistik dengan proram COMFAA

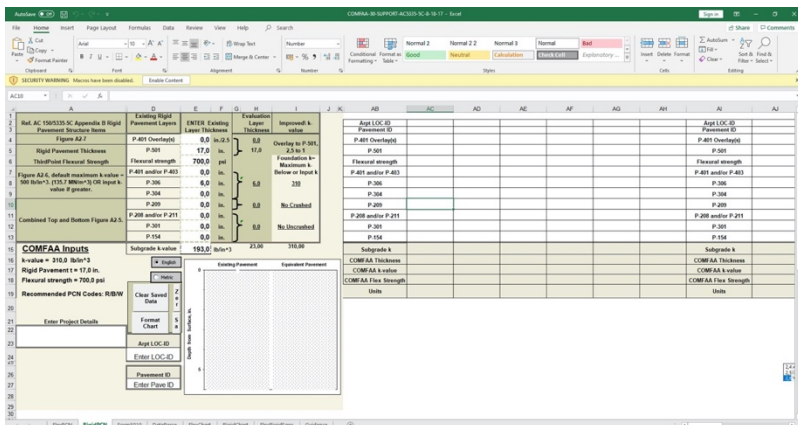
Program COMFAA adalah suatu program computer dengan tujuan untuk melakukan perhitungan Aircraft Classification Number (ACN) dan perhitungan desain perkerasan. Program COMFAA dikembangkan dengan konsep **Cummulative Damage Factor (CDF)**, yaitu dengan menghitung efek gabungan dari beberapa pesawat (gabungan 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 disebut FAA (Federal Aviation Administration). 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 2.9 Tampilan Menu COMFAA.



Gambar 2.10 Tampilan Spreadsheet COMFAA.

## 2.5 Penelitian Terdahulu

Proyek akhir ini mengacu kepada beberapa jurnal dan Proyek akhir mahasiswa lain untuk memberikan referensi lebih dan juga ide ide lain yang muncul untuk proyek akhir yang saya kerjakan. Beberapa jurnal dan proyek akhir tersebut antara lain :

1. Analisa kekuatan perkerasan *Runway, Taxiway, dan Apron* (Studi Kasus Bandar Udara Soekarno Hatta dengan Pesawat Airbus A-380) (Pradana, 2019). Tugas akhir yang 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.
2. Evaluasi perkerasan lentur hubungan antara nilai *Skid Resistance* dengan kedalaman tekstur pada permukaan perkerasan (Wiliyanda, 2015). Tugas akhir yang membahas tentang *Skid Resistane* atau kekesatan perkerasan dengan *Sand patch Method*. Skid resistance merupakan nilai gesekan yang terjadi antara permukaan perkerasan dan roda kendaraan. Bagaimana kekesatan yang ada pada permukaan apakah diperlukan perbaikan pada perkerasan tersebut.
3. Evaluasi kekuatan perkerasan sisi udara (*Runway, Taxiway, dan Apron*) Bandara Juanda dengan metode perbandingan ACN-PCN, (Seno, 2015). Tugas akhir yang membahas tentang evaluasi perkerasan *runway, taxiway* dan *apron* pada bandar udara Juanda dimana tugas akhir ini menggunakan metode perbandingan ACN-PCN.
4. Analisis Perpanjangan Landas Pacu (Runway) Dan Komparasi Biaya Tebal Perkerasan (Studi Kasus Pada Bandar Udara Abdulrachman Saleh Malang) Hary Moetrisono, Suharno. Tugas akhir yang membahas tentang analisis perpanjangan runway pada bandara Abd. Saleh Malang dengan menggunakan metode LCN dan FAA dan juga perhitungan biaya perpanjangan runway yang direncanakan.

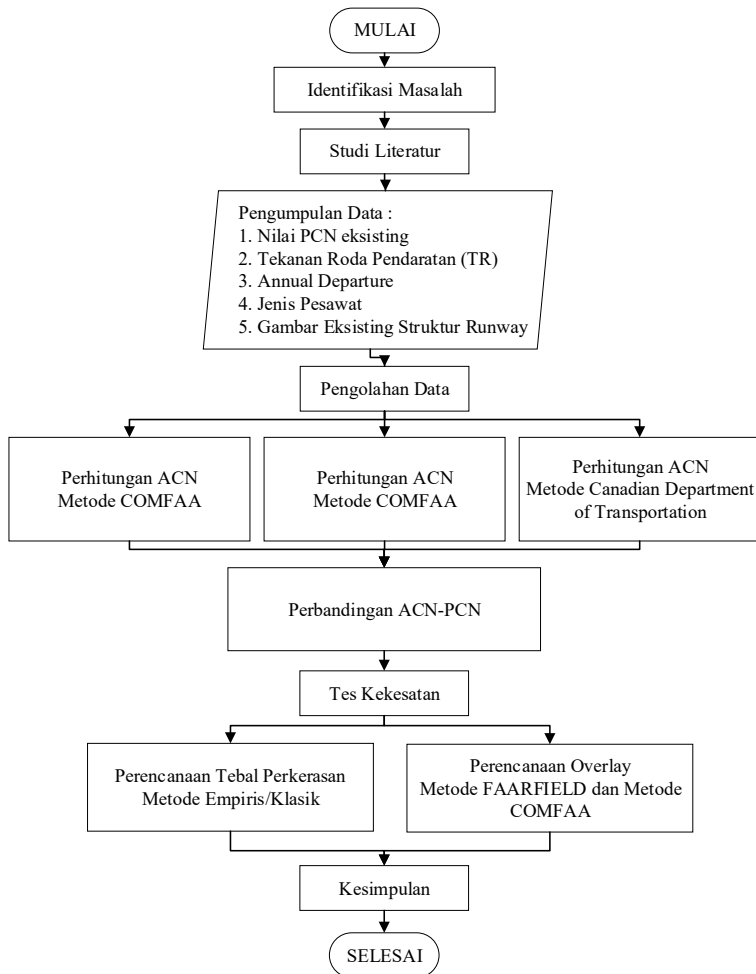
5. Analisis Perbandingan Metode Empiris Dan Metode Mekanistik Dalam Perancangan Landasan Bandar Udara (Studi Kasus Bandar Udara Kertajati – Majalengka) Muhammad Anis. Jurnal ini membahas tentang perencanaan struktur bandara dari metode empiris ke mekanistik dengan mengikuti bergantinya peraturan yang dikeluarkan oleh FAA. Melakukan analisa perbandingan dari perencanaan dua metode tersebut dan menyimpulkan bahwa dengan metode mekanistik lebih efisien dan baik.

“Halaman sengaja dikosongkan”



# BAB III METODOLOGI

## 3.1 Metode Pengerjaan Tugas Akhir



Gambar 3.1 Flowchart Metodologi

### 3.2 Uraian dan Rincian Diagram

Berikut ini adalah alur pengerjaan Tugas Akhir :

#### 1. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah merupakan proses penentuan *gap analysis*, dimana pada *gap analysis* ini terdapat *current state* dan *ideal state*. Berikut adalah identifikasi masalah *current state* dan *ideal state* :

- *Current state* : Belum pernah ada kajian terhadap PCN *Runway*, *Taxiway*, dan *Apron* atas ACN pesawat tersebut dan tekanan roda pesawat terhadap perkerasan fasilitas sisi udara.
- *Ideal State*: Kondisi *Runway*, *Taxiway*, dan *Apron* telah memenuhi standar keselamatan penerbangan dengan adanya perbaikan dan pemeliharaan.

#### 2. Studi Literatur

Dalam penyusunan Tugas Akhir dilakukan pengumpulan dari beberapa acuan teori yang mendukung dan berkaitan dengan kondisi serta permasalahan yang ada. Berikut ini merupakan beberapa referensi yang akan menjadi acuan dan untuk lebih lengkapnya akan diulas pada bab II dalam laporan Tugas Akhir.

- KP No 93 Tahun 2015 tentang Pedoman Teknis Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139-24 dan Perhitungan PCN Perkerasan Prasarana Bandar Udara
- Federal Aviation Administration (FAA)–Advisory Cirular No 150/5320-6F, Airport Pavement Design and Evaluation. 2016
- Federal Aviation Administration (FAA)–Advisory Cirular No 150/5300-13A, Airport Design. 2014
- Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara No 262 Tahun 2017 “Standar Teknis dan Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139 Volume I Bandar Udara”
- Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 tentang "Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan"

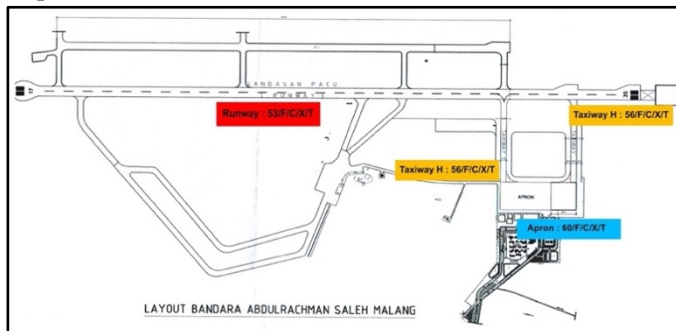
#### 3. Pengumpulan Data

Mengumpulkan data jenis pesawat, frekuensi, PCN, tekanan roda pendaratan, MTOW pesawat, data PCN perkerasan.

Pengumpulan data tersebut dapat diperoleh dari Kementerian Penerbangan Provinsi. Sedangkan data tekanan roda diperoleh dari *Maintenance* masing masing maskapai yang beroperasi.

Data PCN *Runway*, *Taxiway*, dan *Apron* bandar udara Abdulrachman Saleh.

- a. *Runway* : 53/F/C/X/T
- b. *Runway* Perpanjangan (Sta 2250-2500) : 68 F/C/X/T
- c. *Taxiway* F : 56 F/C/X/T
- d. *Taxiway* H : 56 F/C/X/T
- e. *Apron* : 60 R/C/X/T



Gambar 3.2 Nilai PCN *Runway*, *Taxiway*, dan *Apron*.

Sumber : (Unit Pelayanan Bandara Abd. Saleh Malang, 2019)

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 Department Of Transportation*.

6. Melakukan analisa perbandingan antara ACN-PCN. Seluruh perbandingan diatas dilakuan terhadap perkerasan lentur, perkerasan kaku dan pada seluruh fasilitas sisi udara yaitu *Runway*, *Taxiway*, dan *Apron*.
7. Melakukan tes kekesatan pada *Runway*, *Taxiway*, dan *Apron*.
8. Jika kondisi perkerasan tidak memenuhi syarat, maka akan dilakukan alternatif perkuatan yaitu penambahan tebal lapisan hingga perencanaan ulang perkerasan pada *Runway*, *Taxiway*, dan *Apron*.

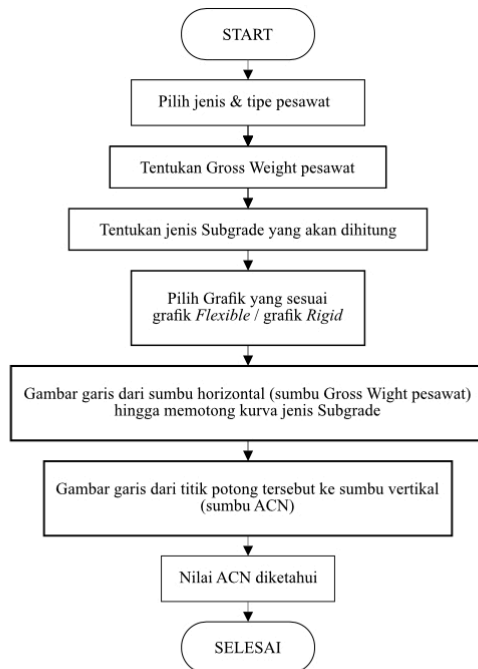
### **3.3 Metode Perhitungan ACN**

Dari semua data yang diperoleh selanjutnya akan dihitung nilai ACN masing-masing jenis pesawat yang beroperasi di bandar udara Abdulrachman Saleh untuk perkerasan lentur maupun perkerasan kaku.

Terdapat 3 metode yang akan digunakan untuk menghitung ACN yaitu:

- a. Metode *Aircraft Manufacturer*
- b. Menggunakan *Software COMFAA*
- c. Memakai tabel dari *Canadian Department of Transportation*

### 3.3.1 Metode *Aircraft Manufacturer*



Gambar 3.3 Flowchart perhitungan ACN metode *Aircraft Manufacturer*

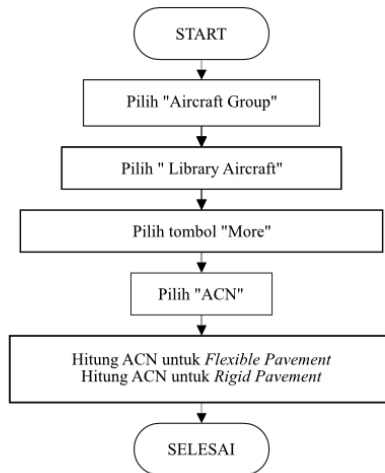
Dengan menggunakan grafik dari pembuat pesawat, kita dapat menentukan nilai ACN sebuah pesawat. Data yang diperlukan untuk menghitung dengan metode *Aircraft Manufacturer* adalah berat kotor pesawat dan jenis *subgrade* yang beroperasi pada Banda udara Abdulrachman Saleh.

### 3.3.2 Metode *Software COMFAA*

COMFAA adalah program perangkat lunak yang dikembangkan oleh FAA untuk menghitung perkerasan *Runway*, *Taxiway*, dan *Apron* baik itu perkerasan lentur maupun perkerasan kaku yang sudah mencakup hampir semua jenis pesawat seperti :

Antonov, Ilyusin, Lockheed-Martin, Canadair, Airbus, Boeing, dsb.

COMFAA telah menyediakan beberapa jenis pesawat berikut data teknisnya yang sudah ada di *library* program tersebut, untuk pesawat yang tidak tercantum dalam *library* COMFAA maka kita harus mencari informasi data teknis pesawat tersebut dan memasukkan ke dalam COMFAA dimana untuk selanjutnya program akan menghitung sendiri nilai ACN pesawat tersebut.



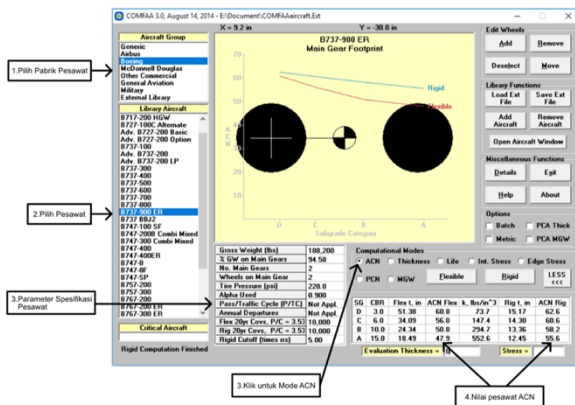
Gambar 3.4 Flowchart perhitungan ACN metode COMFAA.

Adapun tahap perhitungan ACN dengan COMFAA adalah sebagai berikut :

1. Menentukan grup pesawat (*military, general aviation, boeing, dsb*) yang terletak di bagian kiri tampilan program, kemudian dilanjutkan dengan menentukan jenis pesawat (C-130, B777-300, A330-200, dsb)
2. 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.

- Selanjutnya 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, dsb
- Di kelompok “*computational modes*”, pilih mode “ACN” dan selanjutnya pilih tombol “*flexible*” bila perkerasan kita dari beton aspal atau pilih “*rigid*” bila perkerasan kita dari semen beton.

Nilai ACN untuk perkerasan rigid & flexible ditampilkan dalam satu tabel. Untuk perkerasan lentur, nilai ACN yang dibaca adalah semua angka dibawah kolom “ACN Flex” sedangkan untuk perkerasan kaku, nilai ACN yang dibaca adalah semua angka dibawah kolom “ACN Rig”

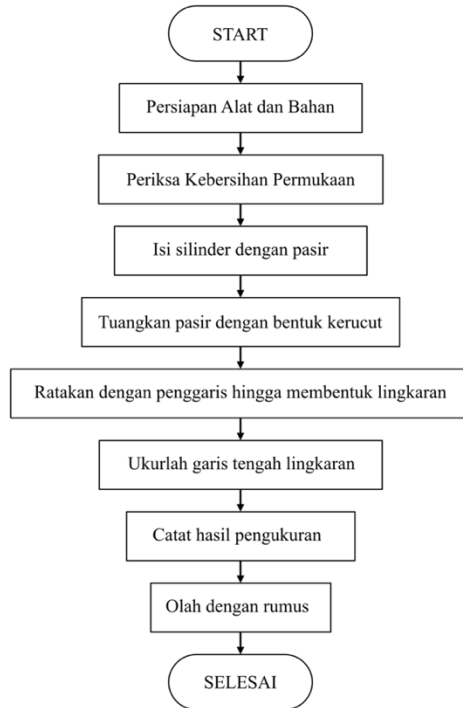


Gambar 3.5 Langkah Mencari ACN metode COMFAA.  
Sumber : Program COMFAA

### 3.3.3 Metode Transport Canada

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

### 3.4 Sand Patch Method



Gambar 3.6 Flowchart Sand Patch Method

Adapun prosedur pengujian *Sand Patch Method* adalah sebagai berikut:

- 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.
- Tuangkan pasir dengan bentuk kerucut pada tengah-tengah daerah yang akan diperiksa (dalam keadaan berangin disarankan menggunakan ban atau penyekat angin mengelilingi pasir tersebut).



- c. Dengan menggunakan papan penggaris, sebarkan pasir dalam bentuk lingkaran hingga cekungan-cekungan permukaan diisi rata. (lihat Gambar 2.3)
- d. 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 nilai D yang merupakan garis tengah lingkaran pasir.
- e. Setelah nilai D didapat kemudian diolah, sehingga didapat nilai kedalaman tekstur atau *Mean Texture Depth* (MTD).

### 3.5 Peningkatan PCN

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. 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 eksisting.
3. Menentukan beban roda pesawat.
4. Menghitung nilai ACN dari pesawat yang direncanakan.
5. Menetapkan PCN dari ACN yang diperoleh.
6. Menentukan / menambah tebal lapisan aspal baru.

Peningkatan PCN dengan 2 Metode yaitu perhitungan empiris/klasik, perhitungan mekanistik menggunakan program FAARFIELD dan menggunakan program COMFAA.

### 3.5.1 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. Adapun tahap perhitungan nilai PCN perkerasan lentur adalah sebagai berikut :

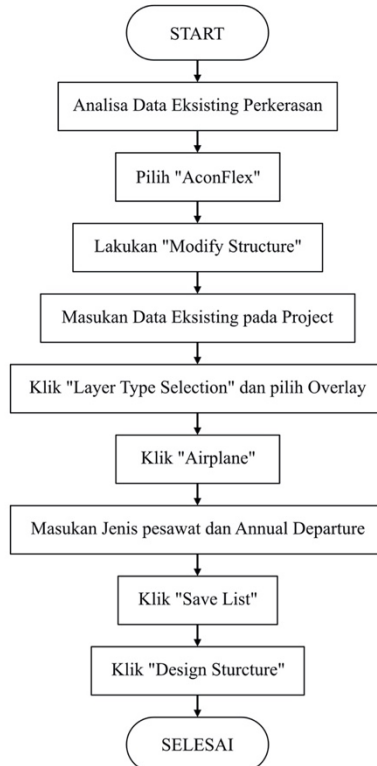


Gambar 3.7 Flowchart perhitungan PCN metode Klasik

Untuk penjelasan langkah menghitung PCN dengan metode klasik terdapat pada poin **2.4.1**.

### 3.5.2 Perencanaan *overlay Runway* Metode program FAARFIELD

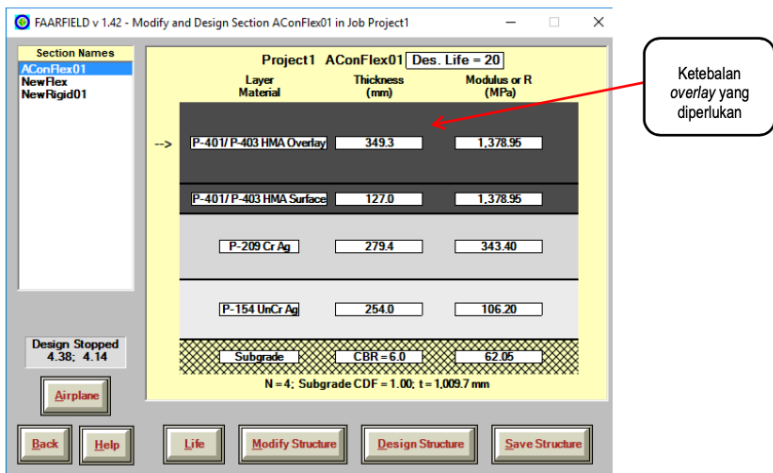
Untuk menentukan/ menambah tebal lapisan aspal baru menggunakan program FAARFIELD. Adapun tahap perhitungan *overlay* dengan FAARFIELD adalah sebagai berikut :



*Gambar 3.8 Flowchart perhitungan tebal Overlay menggunakan Program FAARFIELD*

1. Analisa struktur dan tebal perkerasan eksisting dari data yang telah diberikan oleh Unit Pelayanan Bandara Abd. Saleh Malang.

2. Pada menu FAARFIELD buat perkerasan eksisting untuk desain *overlay*, pilih dari “Samples”, pilih “AConFlex”, klik “Copy Section”, 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.



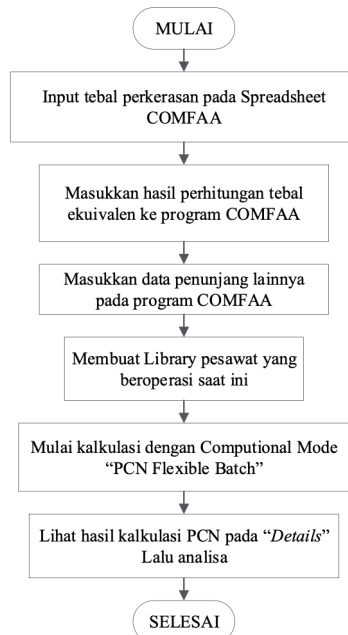
Gambar 3.9 Hasil ketebalan yang diperlukan untuk Overlay  
Sumber : Program FAARFIELD

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*.
7. Untuk prosedur perhitungan secara bertahap dengan gambar dijelaskan lebih detail pada lampiran I

### 3.5.3 Perencanaan *overlay Runway* Metode program COMFAA

Untuk menentukan nilai PCN dengan program COMFAA yaitu dengan memasukkan hasil perhitungan struktur dari FAARDIELD dan menganalisanya. 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 bisa dipakai. Sebaliknya jika rentang nilai “*Thickness for total equiv. Covs*” semakin besar dan nilai CDF semakin kecil/ 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* pada program COMFAA adalah sebagai berikut:



Gambar 3.10 Flowchart perhitungan PCN program COMFAA

1. Masukkan 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 memasukan 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.
7. Untuk prosedur perhitungan secara bertahap dengan gambar dijelaskan lebih detail pada lampiran II

## **BAB IV**

### **ANALISA DATA**

#### **4.1 Umum**

Pada bab ini akan dilakukan analisis data untuk menunjang pembahasan pada analisa perbandingan ACN-PCN, pengesanan kekesatan dengan metode *Sand Patch Test* dan juga perhitungan perencanaan *overlay* pada *runway* bandara. Analisa data sekunder yang telah diberikan oleh Unit Pelayanan Teknis dan Pangkalan Militer Udara bandara Abdulrachman saleh Malang 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 komersil tahun 2012 - 2018,

#### **4.2 Karakteristik *Runway*, *Taxiway*, dan *Apron***

Pada bandara terdapat karakteristik perkerasan, fungsi, dan nilai PCN yang berbeda. Berikut adalah nilai PCN dari masing-masing komponen pada bandara.

- *Runway* : 53/F/C/X/T
- *Runway* Perpanjangan : 68 F/C/X/T  
(Sta 2250-2500) (35)
- *Taxiway* F : 56 F/C/X/T
- *Taxiway* H : 56 F/C/X/T
- *Apron* : 60 R/C/X/T

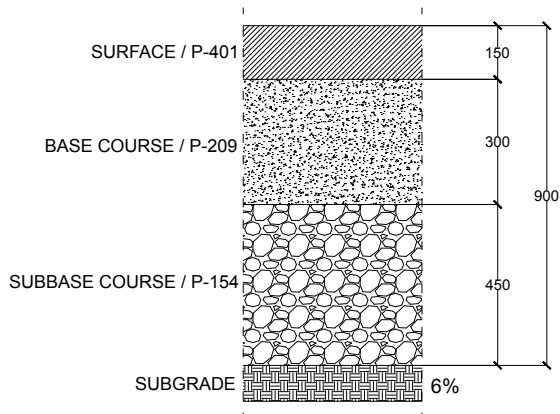
##### **4.2.1 Runway**

Karakteristik *Runway* bandara Abdulrachman Saleh pada tabel sebagai berikut.

Tabel 4.1 Karakteristik Runway

Karakteristik Runway	
Jenis perkerasan	Perkerasan Lentur/ <i>Flexible Pavement</i>
Arah Runway	35 - 17
Panjang Runway	2500 m
Lebar Runway	40 m
CBR Subgrade	6%

Sumber : (Unit Pelayanan Bandara Abd. Saleh Malang, 2019).



Gambar 4. 1 Struktur Runway eksisting

#### 4.2.2 Taxiway

Terdapat 2 *Taxiway* pada bandara Abdulrachman Saleh yaitu *Taxiway F* dan *Taxiway H* yang lokasinya berada tidak jauh dari *Runway* arah 35. Karakteristik *Taxiway* bandara Abdulrachman Saleh pada tabel sebagai berikut.



Tabel 4.2 Karakteristik Taxiway

Karakteristik Taxiway F		Karakteristik Taxiway H	
Jenis perkerasan	Perkerasan lentur/ <i>Flexible Pavement</i>	Jenis perkerasan	Perkerasan lentur/ <i>Flexible Pavement</i>
Panjang <i>Runway</i>	330 m	Panjang <i>Runway</i>	330 m
Lebar <i>Runway</i>	23 m	Lebar <i>Runway</i>	23 m

Sumber : (Unit Pelayanan Bandara Abd. Saleh Malang, 2019)

#### 4.2.3 Apron

Karakteristik *Apron* bandara Abdulrachman Saleh pada tabel sebagai berikut.

Tabel 4.3 Karakteristik Apron

Karakteristik <i>Apron</i>	
Jenis perkerasan	Perkerasan kaku / <i>Rigid Pavement</i>
Panjang <i>Apron</i>	300 m
Lebar <i>Apron</i>	110 m

Sumber : (Unit Pelayanan Bandara Abd. Saleh Malang, 2019)

#### 4.3 Jenis Pesawat

Pesawat yang beroperasi pada bandara Abdulrachman Saleh saat ini adalah sebagai berikut :

Tabel 4.4 Jenis Pesawat yang Beroperasi

Jenis Pesawat	Kode FAA	MTOW	MLW	Panjang Pesawat	Lebar Pesawat	Tipe Roda Pesawat	Jumlah Roda Pendaratan	Tire Pressure
		Tons	Tons	(m)	(m)			Psi
<b>Pesawat Komersil</b>								
ATR 72-600	AT72	22,80	22,35	27,17	27,05	Dual Wheel	6	114,58
Boeing 737-800 NG	B738	78,25	65,32	39,50	35,79	Dual Wheel	6	213,21
Boeing 737-400	B734	68,04	68,25	36,40	28,90	Dual Wheel	6	185,65
Airbus A320	A320	77	64,5	37,57	34,09	Dual Tandem	10	208,85
<b>Pesawat Militer</b>								
Hercules C-130	C130	74,4	58,97	29,8	40,4	Dual Single	6	97,18
Casa C-212	C212	6,5	5	20,3	16,1	Single wheel	3	-
Casa CN-235	CN35	16,5	12	21,4	25,8	Dual Wheel	5	-
Casa CN-295	CN95	51,15	48,2	24,5	28,1	Dual Wheel	6	-
Embraer 314	E314	5,2	4	11,33	11,14	Single wheel	3	89,92
BAE Hawk 200		9,1	7	11,35	9,4	Single wheel	3	123,28
Sukhoi Su-30MKI	SU30	38,8	24,9	21,9	14,7	Single wheel	3	-
Beechcraft 1900D	B190	7,8	7,6	17,6	17,6	Dual Wheel	5	97,18

Sumber : Web spesifikasi pesawat.

Berdasarkan data pergerakan pesawat tahunan Bandara Abdul Rachman Saleh, pesawat kritis yang beroperasi pada runway Bandara Abdulrachman Saleh adalah Boeing 737- 800. Pesawat boeing 737-800 juga menjadi pesawat komersil terbesar yang beroperasi saat ini dibandara Abdulrachman Saleh.

Namun akan ada penambahan pesawat dikarenakan rencana bandara Abdulrachman Saleh akan menjadi bandara Internasional. Untuk pesawat rencana yang akan beroperasi yaitu pesawat Airbus 330-200. Pesawat Airbus 330-200 mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

*Tabel 4.5 Karakteristik Airbus 330-200*

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 Wight (OEW) (kg)	120.000
MTOW (MaximumTake-Off Weight) (kg)	233.900
MLW (Maximum Landing Weight) (kg)	180.000
ARFL (Aerodrome Reference Field Length) (m)	2220
ARC (Aerodrome Reference Code)	4E
Kapasitas Penumpang	253
Tipe Roda Pendaratan	Dual Tandem
Weight one main landing gear (kg)	90.000

*Sumber : (Airbus Comercial Web)*

#### 4.4 *Annual Departure dan Annual Growth*

Berikut adalah pergerakan tahunan setiap pesawat yang beroperasi di bandara Abd. Saleh pada tahun 2018.

*Tabel 4.6 Annual Departure setiap pesawat*

Jenis Pesawat	Kode FAA	Annual Departure
<b>Pesawat Komersil</b>		
ATR 72-600	AT72	1055
Boeing 737-800 NG	B738	4745
Boeing 737-400	B734	88
Airbus A320	A320	1582
<b>Pesawat Militer</b>		
Hercules C-130	C130	2012
Casa C-212	C212	1446
Casa CN-235	CN35	8
Casa CN-295	CN95	44
Embraer 314	E314	3866
BAE Hawk 200		450
Sukhoi Su-30MKI	SU30	174
Beechcraft 1900D	B190	4

*Sumber* : (Unit Pelayanan Bandara Abd. Saleh Malang, 2019)

*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 4.7 Annual Departure setiap pesawat*

<b>Pesawat Rencana</b>		
Airbus 330-200	A332	365

Annual growth pesawat diperlukan untuk mengetahui peningkatan penerbangan pada bandara Abd. Saleh.

*Tabel 4.8 Annual Growth pesawat*

Tahun	Pergerakan Total Pesawat	Kenaikan/Penurunan penerbangan (%)
2012	4784	0
2013	4812	0.59
2014	5335	10.87
2015	5724	7.29
2016	6479	13.19
2017	7965	22.94
2018	10004	25.60
2019	5538	-44,64
Rata-rata <i>Annual Growth</i>		4,48

*Sumber* : (Unit Pelayanan Bandara Abd. Saleh Malang, 2019)

“Halaman sengaja dikosongkan”

## BAB V PEMBAHASAN

### 5.1 Umum

Pada bab ini akan membahas tentang analisa perbandingan ACN-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 dalam beberapa metode yang bertujuan untuk mencari nilai ACN tertinggi.

Adapun beberapa metode untuk mencari ACN yang akan dilakukan sebagai berikut :

- a. Metode *Aircraft Manufacturer*
- b. Menggunakan *Program COMFAA*
- c. Memakai tabel dari *Canadian Department of Transportation*.

#### 5.2.1 Menghitung ACN Metode *Aircraft Manufacturer*

Perhitungan telah dijelaskan pada bab 2.2 dan bab 3.3.1 tentang perhitungan ACN metode *Aircraft manufacturer*. Dengan menggunakan data pesawat yang ada pada tabel 4.4 untuk mencari nilai ACN pada perkerasan lentur dan kaku setiap pesawat yang beroperasi pada bandara Abd. Saleh.

*Tabel 5.1 Nilai ACN Aircraft Manufacturer lentur dan kaku setiap pesawat.*

Jenis Pesawat	Kode FAA	Nilai ACN Perkerasan Lentur				Nilai ACN Perkerasan Kaku			
		A	B	C	D	A	B	C	D
Pesawat Komersil									
ATR 72-600	AT72	11	12	14	15	13	13	14	15

Boeing 737-800	B738	43	45	52	55	43	45	51	55
Boeing 737-400	B734	37	40	44	48	43	45	48	49
Airbus A320- 200	A320	41	42	47	53	45	48	50	53
Pesawat Rencana									
Airbus 330-200	A332	63	68	80	108	61	70	82	96
Pesawat Militer									
Hercules C-130	C130	33	36	38	44	31	35	38	41
Casa C- 212	C212	3	3	4	5	2	3	4	5
Casa CN- 235	CN35	11	12	13	15	10	11	12	13
Casa CN- 295	CN95	22	25	29	32	21	23	27	30
Embraer 314	E314	3	3	4	5	2	3	4	5
BAE Hawk 200		3	4	6	7	3	4	5	6
Sukhoi Su- 30MKI	SU30	18	20	23	24	18	19	22	23
Beechra ft 1900D	B190	3	4	5	6	3	3	4	6

### 5.2.2 Menghitung ACN Metode Program COMFAA

Perhitungan telah dijelaskan pada bab 2.2 dan bab 3.3.2 tentang perhitungan ACN metode Program COMFAA. Dengan menggunakan data pesawat yang ada pada tabel 4.4 untuk mencari nilai ACN pada perkerasan lentur dan kaku setiap pesawat yang beroperasi pada bandara Abd. Saleh.



*Tabel 5.2 Nilai ACN Program COMFAA lentur dan kaku setiap pesawat.*

Jenis Pesawat	Kode FAA	Nilai ACN Perkerasan Lentur				Nilai ACN Perkerasan Kaku			
		A	B	C	D	A	B	C	D
Pesawat Komersil									
ATR 72-600	AT72	10	11	12	14	11	12	13	14
Boeing 737-800	B738	43	45	50	55	49	52	54	56
Boeing 737-400	B734	37	40	44	48	42	45	47	49
Airbus A320-200	A320	39	40	45	50	44	46	49	51
Pesawat Rencana									
Airbus 330-200	A332	62	67	78	106	53	61	73	85
Pesawat Militer									
Hercules C-130	C130	32	35	37	43	31	35	38	41
Casa C-212	C212	3	3	4	5	2	3	4	5
Casa CN-235	CN35	11	12	13	15	10	11	12	13
Casa CN-295	CN95	22	25	29	32	21	23	27	30
Embraer 314	E314	3	3	4	5	2	3	4	5
BAE Hawk 200		3	4	6	7	3	4	5	6
Sukhoi Su-30MKI	SU30	18	20	23	24	18	19	22	23
Beechcraft 1900D	B190	3	4	5	6	3	3	4	6

### **5.2.3 Menghitung ACN Metode Transport Canada**

Perhitungan telah dijelaskan pada bab 2.2 dan bab 3.3.3 tentang perhitungan ACN metode Transport Canada. Dengan

menggunakan data pesawat yang ada pada tabel 4.4 untuk mencari nilai ACN pada perkerasan lentur dan kaku setiap pesawat yang beroperasi pada bandara Abd. Saleh.

*Tabel 5.3 Nilai ACN Transport Canada lentur dan kaku setiap pesawat.*

Jenis Pesawat	Kode FAA	Nilai ACN Perkerasan Lentur				Nilai ACN Perkerasan Kaku			
		A	B	C	D	A	B	C	D
Pesawat Komersil									
ATR 72-600	AT72	11	12	14	15	13	14	14	15
Boeing 737-800	B738	45	48	53	56	51	53	55	57
Boeing 737-400	B734	38	40	45	49	43	45	47	49
Airbus A320-200	A320	41	42	47	53	46	49	51	53
Pesawat Rencana									
Airbus 330-200	A332	62	67	78	106	53	61	73	85
Pesawat Militer									
Hercules C-130	C130	33	36	38	44	31	35	38	41
Casa C-212	C212	3	3	4	5	2	3	4	5
Casa CN-235	CN35	11	12	13	15	10	11	12	13
Casa CN-295	CN95	22	25	29	32	21	23	27	30
Embraer 314	E314	3	3	4	5	2	3	4	5
BAE Hawk 200		3	4	6	7	3	4	5	6
Sukhoi Su-30MKI	SU30	18	20	23	24	18	19	22	23

Beechcraft 1900D	B190	3	4	5	6	3	3	4	6
---------------------	------	---	---	---	---	---	---	---	---

#### 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 Abd. Saleh memiliki **PCN = 53/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 Manufacturer /COMFAA (A, B, C atau D) kita bandingkan yang sesuai yaitu dengan nilai 'C' dari PCN apron tersebut, apakah lebih besar atau lebih kecil.

Diambil contoh PCN Runway = 53/F/C/X/T, namun terdapat nilai toleransi atau *bearing strength* sesuai dengan Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor: Kp 39 Tahun 2015 Pasal 6.2.11.2 bahwa nilai toleransi untuk perkerasan lentur adalah 10% sehingga nilai PCN yang akan dibandingkan yaitu **58,3/F/C/X/T** kemudian akan dibandingkan dengan masing-masing ACN pada tabel 5.1, 5.2, dan 5.3. Untuk pesawat Boeing 737 – 800 yang menjadi pesawat kritis dan beroperasi saat ini di bandara Abd. Saleh, maka analisisnya adalah sebagai berikut :

- a. Jenis perkerasan = Lentur (*Flexible Pavement*)

- b. Nilai ACN versi Transport Canada dengan subgrade 'C' adalah = 53
- c. Nilai ACN versi Aircraft Manufacturer dengan subgrade 'C' adalah = 53
- d. Nilai ACN versi COMFAA dengan subgrade 'C' adalah = 52

Pada analisa diatas menunjukkan bahwa pesawat Boeing 737-800 sebagai pesawat kritis masih memenuhi persyaratan. Ditambah juga dengan pergerakan tahunan pesawat atau *Annual Departure* Boeing 737-800 hanya sebanyak 4745 penerbangan, lebih kecil dari 10.000 pergerakan per tahun sehingga memenuhi batasan dari FAA Advisory Circular AC 15015335. Untuk analisa pesawat lainnya akan ditunjukkan pada tabel 5.4 untuk perkerasan lentur dan perkerasan kaku.

Untuk pesawat yang beroperasi saat ini di Bandara Abd. Saleh semua masih memenuhi persyaratan keselamatan penerbangan. Namun terdapat rencana bahwa bandara Abd. Saleh akan menjadi bandara Internasional yang tentunya akan ada pesawat tambahan, penambahan rute penerbangan, penambahan jam penerbangan dan juga rekondisi runway agar memenuhi persyaratan bandara internasional.

Pesawat yang nantinya direncanakan beroperasi pada bandara Abd. Saleh adalah pesawat Airbus A330-200 yang mempunyai nilai **ACN lebih tinggi** dari PCN eksisting saat ini. Sehingga perlu dilakukan penambahan overlay pada runway.

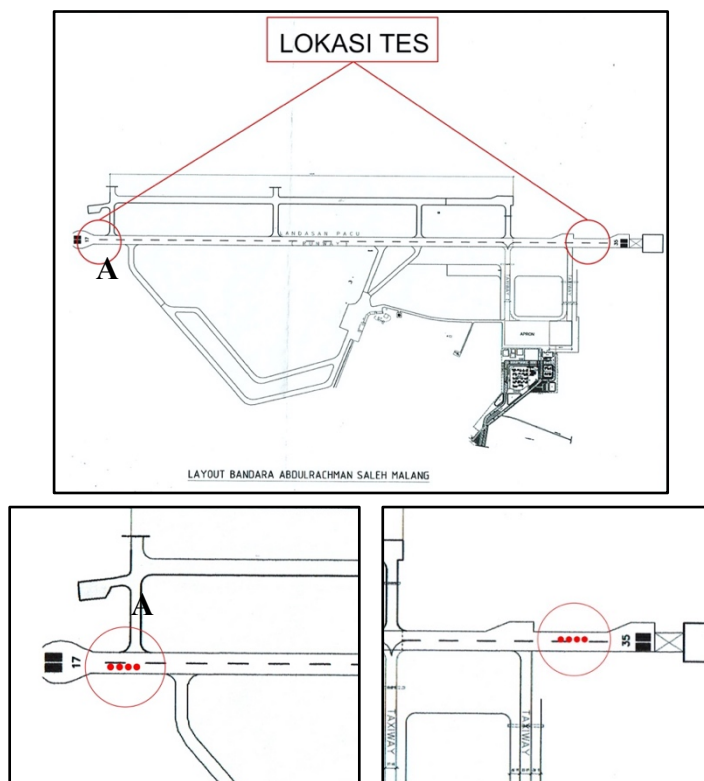
Tabel 5.4 Hasil Perbandingan ACN-PCN Perkerasan Lentur dan Kaku

Jenis Pesawat	Kode FAA	PCN Runway = 53/F/C/X/T						PCN Taxiway H & F = 56/F/C/X/T						PCN Apron = 60/R/C/X/T						Annual Departure
		≤ 58,3 (10%)			> 58,3 (10%)			≤ 61,6 (10%)			> 61,6 (10%)			≤ 63 (5%)			> 63 (5%)			
Pesawat Komersil		AM	TC	CMF	AM	TC	CMF	AM	TC	CMF	AM	TC	CMF	AM	TC	CMF	AM	TC	CMF	
ATR 72-600	AT72	14	14	12				14	14	12				14	14	13				1055
Boeing 737-800	B738	50	51	50				50	51	50				50	55	54				4745
Boeing 737-400	B734	44	45	44				44	45	44				48	47	47				88
Airbus A320	A320	47	47	45				47	47	45				50	51	49				1582
Pesawat Rencana																				
Airbus 330-200	A332				73	72	71,6				73	72	71,6				70	66	61,2	
Pesawat Militer																				
Hercules C-130	C130	38	38	38				38	38	38				38	38	38				2012
Casa C-212	C212	4	4	4				4	4	4				4	4	4				1446
Casa CN-235	CN35	13	13	13				13	13	13				13	13	13				8
Casa CN-295	CN95	29	29	29				29	29	29				29	29	29				44
Embraer 314	E314	4	4	4				4	4	4				4	4	4				3866
BAE Hawk 200		6	6	6				6	6	6				6	6	6				450
Sukhoi Su-30MKI	SU30	23	23	23				23	23	23				23	23	23				174
Beechcraft 1900D	B190	5	5	5				5	5	5				5	5	5				4

\* Ket : AM = Aircraft Manufacturer  
 TC = Transport Canada  
 CMF = Program COM

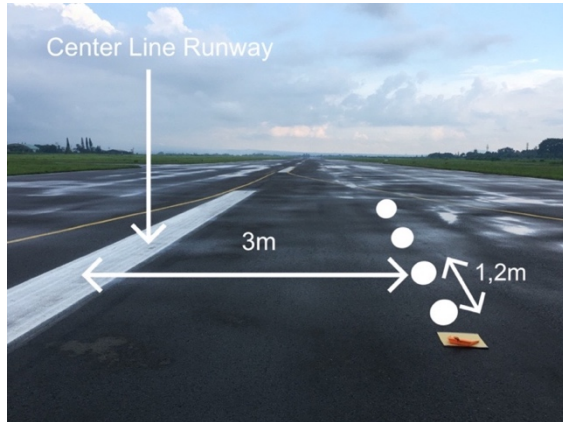
### 5.3 Sand Patch Test

Sand Patch Test dilakukan untuk mengetahui kekesatan pada *runway* Bandar Udara Abdulrachman Saleh Malang sebagai salah satu syarat keselamatan penerbangan. Pada *runway* Bandara Abdulrachman Saleh Malang, telah dilakukan Sand Patch Test pada tanggal 31 Januari 2019 di salah satu ujung *Runway* dan di *touchdown* pesawat atau area roda pesawat pertama kali menyentuh aspal dan biasanya pesawat akan mendarat di salah satu sisi dengan mempertimbangkan arah angin. Dimana itu adalah area kritis karena sering digunakan untuk mendaratkan pesawat dan menerima beban pertama atau beban tertinggi.



Gambar 5.1 Lokasi Sand Patch Test

Pada setiap lokasi A dan B pengetesan diambil 4 titik, sehingga total ada 8 titik. Untuk pengambilan titik diambil sejauh 3m dari tengah *runway* (*center line*) dan 1,2m dari setiap titiknya seperti pada gambar 5.2.



*Gambar 5.2 Detail titik Sand Patch Test*

### 5.3.1 Proses Pengetesan

Setiap titik pengetesan menggunakan pasir dengan volume = 50ml, Pengetesan dilakukan saat jam penerbangan telah habis atau dalam keadaan tidak ada aktivitas penerbangan sehingga tidak mengganggu jalannya pengetesan. Untuk setiap titik pengetesan membutuhkan waktu kurang lebih 15 menit. Alat dan bahan disiapkan terlebih dahulu seperti pada gambar 5.3. Pasir yang digunakan untuk pengetesan adalah pasir Ottawa atau pasir silika yang memiliki sifat kering, bersih dan keras. Pasir harus berwarna terang dengan butiran yang bulat, 100% lolos ayakan 600  $\mu\text{m}$  atau ayakan no 30 dan 100% tertahan pada ayakan 300  $\mu\text{m}$  atau ayakan no 50.



*Gambar 5.3 Alat dan Bahan Pengetesan*

Langkah awal untuk pengetesan yaitu menentukan titik pengetesan dengan mengukur 3m dari tengah *runway*. Kemudian periksa bahwa daerah yang akan diperiksa cukup kering dan bebas dari kotoran. Sikat setiap material halus dari permukaan yang diperiksa.



*Gambar 5.4 Pengukuran, pembersihan titik pengetesan dan penuangan pasir*

Setelah dibersihkan Tuangkan pasir dengan bentuk kerucut pada tengah-tengah daerah yang akan diperiksa. Kemudian ratakan membentuk melingkar dengan menggunakan penutup tabung pasir sampai cekungan-cekungan terisi oleh pasir. Jika keadaan



berangin, untuk melindungi pasir agar tidak berterbangan digunakan penyekat atau penutup mengelilingi pasir tersebut.



*Gambar 5.5 Perataan pasir pada pengetesan*

Kemudian ukur pasir yang sudah rata dengan penggaris atau meteran lainnya dengan panjang lebih dari 40cm . Diukur 4kali pada beberapa sisi lingkaran setiap titiknya.



*Gambar 5. 6 Hasil pengetesan*

### **5.3.2 Hasil Pengetesan**

Untuk perhitungan setiap titiknya menggunakan rumus *Mean Texture Depth* pada persamaan 2.2.

Contoh perhitungan Salah satu titik.

Pada titik 1 (satu) hasil pengetesan diketahui yaitu :  
320mm,310mm,310mm,300mm.

Dengan rata-rata hasil pengetesan yaitu 310mm.

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

$$MTD = \frac{4 \times (50ml) \times 1000}{\pi \times 310mm^2}$$

$$MTD = 0,66 < 1,5mm$$

Dapat disimpulkan bahwa keadaan *runway* bandara Abdulrachman Saleh **licin**. Selanjutnya untuk titik lainnya perhitungan pada tabel 5.1.

Tabel 5. 5 Hasil pengesanan Sand Patch Test

No	Titik	Deskripsi Lokasi	Hasil pengesanan (mm)	Rata-rata diameter (MTD)	Keterangan
1	1	Pada Arah <i>runway</i> 17. 3m dari titik <i>center line runway</i> .	320	0,66233090 5	Tidak OK
	2		310		
	3		310		
	4		300		
2	1	Pada Arah <i>runway</i> 17. 1,2m dari titik 1	370	0,51959183 7	Tidak OK
	2		330		
	3		340		
	4		360		
3	1	Pada Arah <i>runway</i> 17. 1,2m dari titik 2	310	0,71915825 2	Tidak OK
	2		300		
	3		290		
	4		290		
4	1	Pada Arah <i>runway</i> 17. 1,2m dari titik 3	280	0,79054513	Tidak OK
	2		290		
	3		280		
	4		285		
5	1	Pada Area <i>Touchdown</i> pesawat.	300	0,73139902 3	Tidak OK
	2		300		
	3		290		

	4	3m dari <i>center line</i> <i>runway.</i>	290		
6	1	Pada Area <i>Touchdown</i> <i>n</i> pesawat. 1,2m dari titik 5	360	0,50505852	Tidak OK
	2		350		
	3		340		
	4		370		
7	1	Pada Area <i>Touchdown</i> <i>n</i> pesawat. 1,2m dari titik 6	350	0,54259683 5	Tidak OK
	2		330		
	3		350		
	4		340		
8	1	Pada Area <i>Touchdown</i> <i>n</i> pesawat. 1,2m dari titik 7	380	0,45871807 6	Tidak OK
	2		370		
	3		360		
	4		380		

Dari hasil tes Sand Patch Test yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa tidak ada satupun hasil penggetesan yang melebihi nilai 1,5mm. ini membuktikan bahwa *runway* dalam keadaan **licin**.

Penyebab *runway* licin dikarenakan banyak sekali faktor. Contohnya *rubber deposit*. *Rubber deposit* yang tertinggal di landas pacu setiap kali satu pesawat mendarat rata-rata 700g (Douglas D. Gransberg,2008). Maka untuk frekuensi penerbangan di *runway* kurang lebih 45 pergerakan/hari, maka *rubber deposit* yang ditinggalkan sebanyak  $45 \times 700\text{gr} = 31.500\text{gr} = \mathbf{31,5 \text{ kg/hari}}$ . Dapat dilihat pada Gambar 5.7 *rubber deposit* yang tertinggal oleh pesawat.



*Gambar 5. 7 Rubber deposit pada runway bandara Abd. Saleh*

Keadaan *runway* saat ini juga mengalami kerusakan yang cukup parah sehingga harus sering dilakukan penambalan pada titik-titik tertentu. Titik terparah adalah pada touchdown pesawat. Menurut laporan dari pihak pangkalan militer TNI AU bahwa sering terjadi kerusakan pada area touchdown seperti terjadi lendutan dan terkelupasnya runway apalagi di musim hujan. Pihak bandara kerap kali melakukan penambalan pada area tersebut. Dapat dilihat pada gambar 5.8 bahwa keadaan perkerasan di area touchdown banyak sekali tambalan.





*Gambar 5. 8 Kerusakan pada Area Touchdown*

Pangkalan udara atau Lanud Abdulrachman Saleh dibangun oleh pemerintahan Belanda pada era 1937-1940 (Wikipedia). Sudah lebih dari 50 tahun perkerasan bandara belum dilakukan pelapisan ulang atau overlay secara total. Sehingga bisa banyak sekali faktor yang mempengaruhi kerusakan pada perkerasan *runway*. Untuk mengetahui penyebab pasti mengapa sering terjadi kerusakan pada perkerasan *runway* perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dan pengambilan sampel untuk diuji di laboratorium.

Pada *runway* Bandara Abd. Saleh menunjukkan bahwa terdapat setidaknya 2 kerusakan yang dapat membahayakan pelayanan operasi penerbangan yaitu tentang kekesatan (*Skid Resistance*) dan kerontokan (*Disintegration*) perkerasan. Terdapat juga keretakan pada perkerasan namun hanya sedikit sehingga tidak membahayakan operasi penerbangan.

Maka untuk mengatasi kerusakan pada perkerasan *runway* Bandara Abd. Saleh perlu dilakukan langkah perbaikan. Setelah melakukan analisa dan pertimbangan aspek yang ada bahwa langkah perbaikan yang paling tepat yaitu dengan melakukan *overlay* atau penambahan tebal lapisan pada perkerasan lentur eksisting. Penambahan tebal lapisan atau *overlay* dibahas pada bab selanjutnya.

#### 5.4 Perencanaan Overlay Runway

Untuk mengatasi kerusakan pada perkerasan *runway* Bandara Abdulrachman Saleh perlu dilakukan langkah perbaikan. Terdapat beberapa langkah perbaikan yang dapat dilakukan. Namun setelah melakukan pertimbangan langkah yang tepat untuk memperbaiki perkerasan saat ini adalah melakukan penambahan lapisan/*overlay* pada *runway*. Dengan menambah tebal lapisan permukaan maka nilai PCN akan meningkat juga. Dengan meningkatnya nilai PCN maka akan tercapai syarat operasi dari pesawat yang memiliki nilai ACN yang lebih tinggi dari pesawat yang beroperasi saat ini

Pesawat rencana yang digunakan untuk pedoman perencanaan adalah pesawat Airbus 330-200 yang mempunyai karakteristik pada tabel 4.5.

Guna mengetahui panjang runway aktual yang dibutuhkan pesawat yang beroperasi di Bandara Abdul Rachman Saleh, perlu beberapa koreksi terhadap faktor elevasi, temperatur, dan slope (kelandaian) runway. Untuk menghitung faktor koreksi, terlebih dahulu harus mencari ARFL. ARFL 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 (Aerodrome Reference Field Length) didapat dari pabrik pembuat pesawat bersangkutan. Adapun ARFL pesawat Airbus 330-200 adalah 2220m.

Tabel 5. 6 Karakteristik Runway

Karakteristik Runway	
Jenis perkerasan	Perkerasan Lentur/ <i>Flexible Pavement</i>
Arah Runway	35 - 17
Panjang Runway	2500 m
Lebar Runway	40 m
Elevasi Runway	528 m

Suhu Rata-rata	24 <sup>0</sup> C
Slope <i>Runway</i>	1,6%
CBR Subgrade	6%

*Sumber* : (Unit Pelayanan Bandara Abd. Saleh Malang, 2019)

Perhitungan koreksi terhadap runway berdasarkan metode “*Aerodrome Design Manual*” oleh ICAO adalah sebagai berikut:

- Koreksi terhadap Elevasi (KE)  
 $KE = [ARFL \times 7\% \times ] + ARFL$   
 $KE = [2220 \times 7\% \times ] + 2220$   
 $KE = 2375,4 \text{ m}$
- Koreksi terhadap Elevasi Temperature (KET)  
 $KET = \{KE \times [temperatur - (15 - 0,0065 \times h)]\} \times 1\% + KE$   
 $KET = \{2375,4 \times [24 - (15 - (0,0065 \times 528))]\} \times 1\% + 2375,4$   
 $KET = 2670,7 \text{ m}$
- Koreksi terhadap Elevasi, Temperatur dan Slope (KETS)  
 $KETS = [KET \times slope \times 10\%] + KET$   
 $KETS = [2670,7 \times 1,6\% \times 10\%] + 2670,7$   
 $KETS = 2674,7 \text{ m}$   
 $KETS = 2675 \text{ m}$

Dengan mempertimbangkan faktor keamanan dan kemudahan pengerjaan maka panjang runway aktual, atau yang juga dikenal sebagai TORA (Take-off Run Available) adalah 2675 m. Panjang runway eksisting di Bandara Abdul Rachman Saleh saat ini adalah 2500 m, sehingga perlu dilakukan penambahan panjang runway sebesar 175 m agar pesawat Airbus 330-200 yang mempunyai ARFL 2675 m dapat beroperasi.

#### 5.4.1 Eksisting Runway

Untuk melakukan perhitungan tebal perkerasan tambahan atau *overlay* diperlukan data jenis dan tebal struktur perkerasan eksisting saat ini.

## **5.4.2 Perencanaan tebal struktur perkerasan metode Klasik**

### **A. Perhitungan Ekuivalen *Annual Departure***

Karena perhitungan untuk pesawat rencana, maka untuk pesawat Airbus 330-200 tidak mempunyai *annual departure*. Untuk *annual departure* direncanakan sesuai dengan pesawat Airbus 320 yang mempunyai nilai *Annual Departure* sebesar 365. Pesawat kritis yang menjadi acuan adalah pesawat Airbus 330-200.

Perhitungan Ekuivalen Annual Departure menggunakan persamaan 2.3 dimana menggunakan data pesawat yang sedang beroperasi dan pesawat rencana. Perhitungan ditampilkan pada tabel 5.8



Tabel 5. 7 Perhitungan Ekuivalen Annual Departure

No	Jenis Pesawat	Konfigurasi Roda	Beban Pesawat (Kg)	Annual Departure	Ekuivalen Dual Gear	Beban Roda Pesawat	Beban Roda Pesawat Kritis	Log R2	$(\frac{w2}{w1})^{0,5}$	Log R1	Ekuivalen Annual Dep.
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	ATR 72-600	Dual Wheel	22800	1055	633	5415	27669	2,80	0,44	1,24	17,4
2	Boeing 737-800 NG	Dual Wheel	78245	4745	2847	18583	27669	3,45	0,82	2,83	676,1
3	Boeing 737-400	Dual Wheel	68040	88	53	16160	27669	1,72	0,76	1,32	20,9
4	Airbus 320-200	Dual Tandem	77000	1582	1582	9144	27669	3,20	0,57	1,84	69,2
5	Airbus 330-200	Dual Tandem	233000	365	365	27669	27669	3,20	1,00	3,20	1584,9
6	Hercules C-130	Dual Single	74400	2012	1207	17670	27669	3,08	0,80	2,46	288,4
7	Casa C-212	Single Wheel	6500	1446	723	3088	27669	2,86	0,33	0,96	9,12
8	Casa CN-235	Dual Wheel	16500	8	5	3919	27669	0,68	0,38	0,26	1,9
9	Casa CN-295	Dual Wheel	51150	44	26	12148	27669	1,42	0,66	0,94	8,7
10	Embraer 314	Single wheel	5200	3866	1933	2470	27669	3,29	0,30	0,98	9,6
11	BAE Hawk 200	Single wheel	9100	450	225	4323	27669	2,35	0,40	0,93	8,5
12	Sukhoi Su-30MKI	Single wheel	38800	174	87	18430	27669	1,94	0,82	1,58	38,01
13	Beechcraft 1900D	Dual Wheel	7800	4	3	1853	27669	0,48	0,26	0,12	1,32
Total											2734,05

Keterangan tabel :

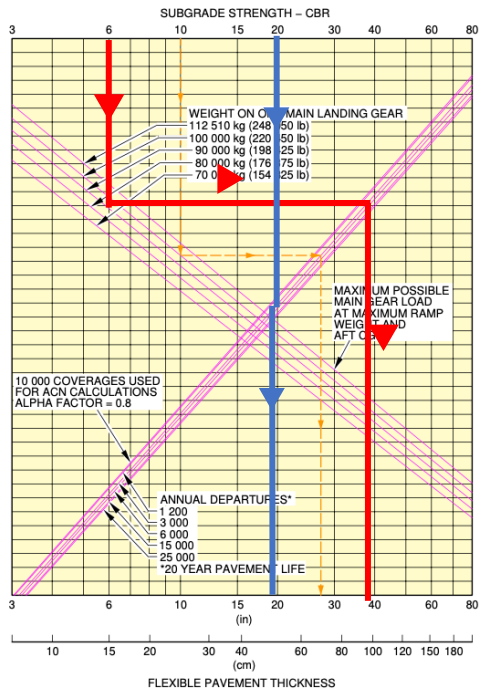
- Kolom 6 = kolom 5 x faktor konversi roda pada tabel 2.6
- Kolom 7 = kolom 4 x 95% / jumlah roda pada main gear
- Kolom 8 = beban roda terbesar pada kolom 7
- Kolom 9 = Log (kolom 6)
- Kolom 10 = (kolom 7/kolom 8)<sup>0,5</sup>
- Kolom 11 = kolom 9 x kolom 10
- Kolom 12 = Invers Log (kolom 11)

Didapatkan nilai Ekuivalen Annual Departure yaitu 2734,0

## B. Menghitung Tebal Ekuivalen Perkerasan.

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

1. Nilai CBR Subgrade dan Subbase
  - CBR Subgrade : 6%
  - CBR Subbase : 20%
  - Annual Departure : 2734,05
2. Menentukan tebal perkerasan total menggunakan kurva *flexible pavement requirement* pesawat Airbus 330-200 pada gambar 5.9 dengan karakteristik pesawat Airbus 330-200 pada **tabel 4.5**.



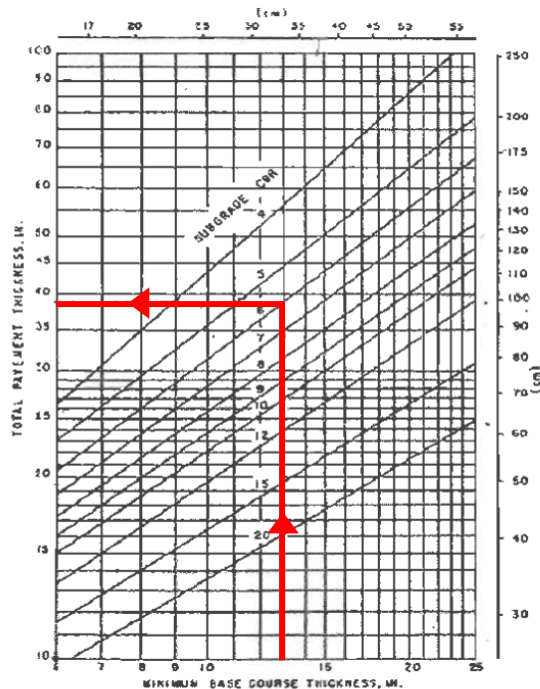
Gambar 5.9 Nilai minimum tebal perkerasan Airbus 330-200

Dari kurva didapat tebal perkerasan total adalah 39" (99 cm)  
Jadi untuk susunan perkerasan sementara :

- Sub Base Course =  $39'' - 19'' = 20''$  (50,80 cm)
- Surface Course = 6" (15,2 cm) (ditentukan)
- Base Course =  $39 - 20 - 6 = 13''$  (33,02 cm)

Perlu dilakukan pengecekan dengan syarat" minimum perkerasan pada tahap selanjutnya.

### 3. Syarat minimum Total tebal perkerasan.

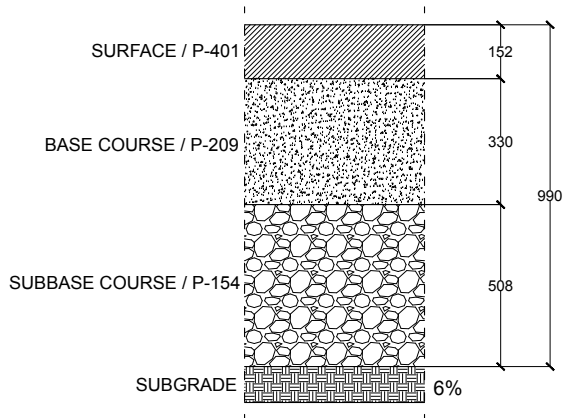


Gambar 5. 10 Kurva kebutuhan tebal minimum Base Course  
Sumber : KP 93 2015

Didapat pada kurva bahwa total minimum tebal perkerasan adalah 38" (82 cm).

Pada susunan rencana perkerasan untuk total tebal perkerasan bernilai 39” ( 99 cm), sehingga memenuhi persyaratan.

4. Syarat tebal lapisan campuran Aspal (P-401)  
Pada tabel 2.7 ditentukan bahwa pesawat Airbus 330-200 menggunakan tebal lapisan Campuran Aspal minimum **5” (12,7cm)** untuk area kritis (jalur roda) dan minimal **4” (10cm)** untuk area diluar jalur roda. Pada susunan rencana perkerasan untuk Surface Course bernilai 6” ( 15 cm), sehingga memenuhi persyaratan.
5. Syarat tebal lapisan Base Course  
Pada tabel 2.8 ditentukan bahwa pesawat Airbus 330-200 sejenis dengan pesawat B-747 karena menggunakan konfigurasi roda “dual tandem” maka tebal lapisan Base Course minimum yaitu **8” (20 cm)**. Pada susunan rencana perkerasan untuk Base Course bernilai 13” (33,02) , sehingga memenuhi persyaratan.
6. Tebal perkerasan Ekuivalen
  - P-401 (*Surface Course*) = **6” (15,24 cm)**
  - P-208 (*Base Course*) = **13” ( 33,02 cm)**
  - P-154 (*Subbase Course*) = **20” (50,80 cm)**
  - CBR Tanah Dasar = 6%
  - CBR Subbase = 20%
  - Total Lapisan Perkerasan adalah **39” (99 cm)**



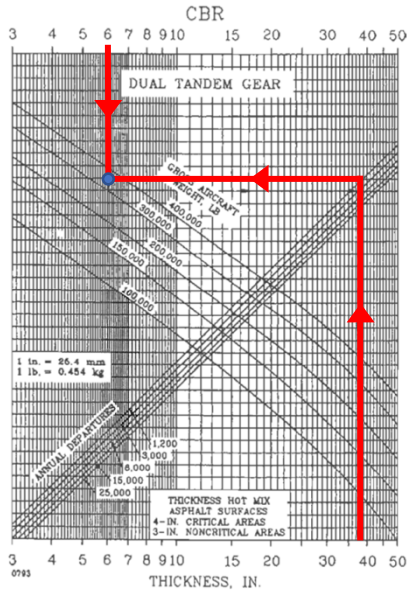
*Gambar 5.11 Hasil perhitungan Struktur perkerasan Runway Metode Empiris/Klasik*

C. Menentukan nilai CBR Subgrade.

Nilai CBR Subgrade ditentukan dengan pengujian CBR lapangan yang telah dilakukan oleh pihak UPT bandara yaitu bernilai **6%**.

D. Menentukan daya dukung perkerasan.

Untuk menentukan daya dukung perkerasan menggunakan nilai CBR subgrade yaitu 6%, menggunakan Ketebalan ekuivalen yaitu 48", dan menggunakan annual departure pesawat rencana yaitu 365. Maka didapatkan nilai daya dukung perkerasan yaitu **350.000 lbs**.



Gambar 5.12 Kurva evaluasi perkerasan lentur untuk pesawat dengan roda pendaratan dual tandem  
 Sumber : KP 93 2015

E. Menentukan nilai ACN pesawat kritis.  
 Untuk menentukan ACN pesawat Airbus 330-200 digunakan tabel yang telah disediakan pada KP 93 2015 pada apendiks E.

Tipe Pesawat	Maximum Apron Mass and Operating Empty Mass		Load on One Main Gear Leg	Standard Aircraft Tire Pressure			ACN relative to							
							Rigid pavement subgrades				Flexible pavement subgrades			
							A	B	C	D	A	B	C	D
							High K = 150	Medium K = 80	Low k = 40	Ultra low K = 20	High CBR = 15	Medium CBR = 10	Low CBR = 6	Very low CBR = 3
	lbs	kgs	%	Psi	Kg/cm2	Mpa	MN/m <sup>2</sup>	MN/m <sup>2</sup>	MN/m <sup>2</sup>	MN/m <sup>2</sup>	%	%	%	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
...	...	...	...	...	...	...	20	21	20	20	20	20	20	20
Airbus A330-200	515656	233900	.47	206	14.5	1.42	53	62	73	86	58	63	72	98
Airbus	258029	117041					26	27	30	34	25	26	29	35

*Gambar 5. 13 Nilai ACN pesawat.*

*Sumber : KP 93 2015*

ACN pesawat Airbus 330-200 untuk subgrade 6% atau kategori C

- Beban minimum : 258029 lbs , ACN minimum : 29
- Beban Maksimum : 515656 lbs, ACN maksimum : 72

F. Menghitung PCN

Dengan persamaan 2.6

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

$$PCN = 29 + (72 - 29) \frac{350000 - 258029}{515656 - 258029}$$

$$PCN = 44,36$$

#### 5.4.3 Perhitungan Tebal Lapisan Tambahan/Overlay Program FAARFIELD

Perhitungan tebal lapisan overlay pada program FAARFIELD membutuhkan data jenis pesawat, *annual departure*, dan struktur runway eksisting. Untuk perencanaan menggunakan umur rencana 20 tahun.

Struktur runway eksisting :

- P-401 (*Surface Course*) = 150 mm
- P-209 (*Base Course*) = 300 mm
- P-154 (*Subbase Course*) = 450 mm
- CBR Subgrade = 6%

Data pesawat yang diinput :

*Tabel 5. 8 Data pesawat yang diinput untuk program FAARFIELD*

Airplane Name	Gross Taxi Weight (tons)	Annual Departures	% Annual Growth
ATR 72-600	22.80	1055	4,8
Airbus 320-200	78.25	1582	4,8
Boeing 737-400	68.27	88	4,8
Boeing 737-800 NG	79.24	4745	4,8

Hercules C-130	74.4	2012	4,8
Casa C-212	6.5	1446	4,8
Casa CN-235	16.5	8	4,8
Casa CN-295	51.15	44	4,8
Embraer 314	5.2	3866	4,8
BAE Hawk 200	9.1	450	4,8
Sukhoi Su-30MKI	38.8	174	4,8
Beechcraft 1900D	7.8	4	4,8
Airbus 330-200	233.9	365	4,8

Hasil dari analisa tebal perkerasan tambahan/overlay adalah sebagai berikut:

FAARFIELD v 1.42 - Modify and Design Section AConFlex01 in Job BismillahTA

Section Names  
AConFlex01  
NewFlexib~01

BismillahTA AConFlex01 Des. Life = 20

Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
P-401/P-403 HMA Overlay	50.8	1.378,95
P-401/P-403 HMA Surface	150,0	1.378,95
P-209 Cr Ag	300,0	425,27
P-154 UnCr Ag	450,0	122,63
Subgrade	CBR = 6.0	62.05

N = 0; Sublayers; Subgrade CDF = 0,26; t = 950,8 mm

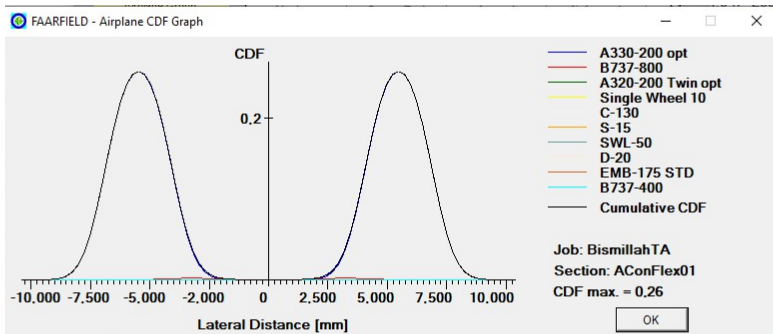
Life Stopped  
0.52; 0.44

Airplane

Back Help Life Modify Structure Design Structure Save Structure

Gambar 5.14 Hasil perhitungan Overlay pada Runway

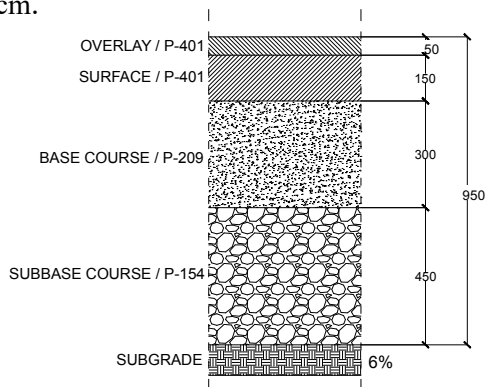




Gambar 5.15 Kurva CDF hasil perhitungan FAARFIELD

Hasil perhitungan tebal lapisan tambahan/*overlay* adalah 50,8mm atau 5,1 cm. Nilai 5,1 cm akan dibulatkan naik menjadi 5 cm karena untuk memudahkan penghamparan nantinya. Angka CDF (*Cumulative Damage Factor*) menunjukkan angka 0,26 yang berarti perkerasan saat umur rencana 20 tahun masih belum mengalami runtuh (*failure*). Kekuatan perkerasan hanya terpakai 26% pada saat umur rencana 20 tahun.

Sehingga untuk membuat pesawat Airbus 330-200 dapat beroperasi di bandara Abd. Saleh diperlukan penambahan **tebal lapisan/*overlay* setebal 5 cm**. Sehingga tebal total lapisan nantinya menjadi 95cm.



Gambar 5. 16 Hasil perhitungan Struktur perkerasan setelah Overlay

*Overlay* tidak hanya menambah tebal lapisan untuk mencapai nilai PCN yang diinginkan atau memenuhi pesawat rencana. *Overlay* juga dapat memperbaiki perkerasan eksisting yang saat ini mengalami kerusakan.

#### 5.4.4 Perhitungan PCN Lapisan Tambahan/Overlay Program COMFAA

Perhitungan tebal lapisan overlay pada program COMFAA membutuhkan data jenis pesawat, annual departure, dan struktur runway eksisting. Pada Surface ditambahkan overlay sebesar 5cm (60 mm).

Struktur runway percobaan 1 :

- P-401 (*Surface Course*) = 150 mm + 50 mm = 200 mm
- P-209 (*Base Course*) = 300 mm
- P-154 (*Subbase Course*) = 450 mm
- CBR Subgrade = 6%

Data pesawat yang diinput :

*Tabel 5. 9 Data pesawat yang diinput untuk program COMFAA*

<b>Airplane Name</b>	<b>Gross Taxi Weight (tons)</b>	<b>Annual Departures</b>
ATR 72-600	22.80	1055
Airbus 320-200	78.25	1582
Boeing 737-400	68.27	88
Boeing 737-800 NG	79.24	4745
Hercules C-130	74.4	2012
Casa C-212	6.5	1446
Casa CN-235	16.5	8
Casa CN-295	51.15	44
Embraer 314	5.2	3866
BAE Hawk 200	9.1	450
Sukhoi Su-30MKI	38.8	174
Beechcraft 1900D	7.8	4

Airbus 330-200	233.9	365
----------------	-------	-----

Hasil perhitungan tebal ekuivalen program COMFAA :

Reference Guidance	AC 150/5335-5C App B Fig. A2-2	Convert to P-209	App B Figs.A2-1&2 Convert to P-154	Existing Flexible Pavement Layers	ENTER Existing Layer Thickness	
P-401/3 P 403	1,6		<input checked="" type="checkbox"/> Use FAA Std Factors	P-401/3	200,0 mm	
P-306 ECONOCRTE	1,2			P-306	0,0 mm	
P-304 CEM. TRTD	1,2	n/a		P-304	0,0 mm	
P-209 Cr AGG	1,0	1,4		P-209	300,0 mm	
P-208 Agg. P-211	1,0	1,2		P-208	0,0 mm	
P-301 SOIL-CEM.	n/a	1,2		P-301	0,0 mm	
P-154 Subbase	n/a	1,0		P-154	450,0 mm	
Equivalent Thickness, mm					Subgrade CBR...	6,0
P-401/3					127,0	
P-209					203,2	
P-154					749,0	
Total					1079,2	

ENTER Ref.Section Requirements	
P-401 reference t	127,00 mm
P-209 reference t	203,20 mm

Loc_ID	Pavement ID
LOC ID	GA RW
Project Details	
Examples	

**COMFAA Inputs**

Evaluation thickness t = 1.079 mm

Evaluation CBR = 6,0

Recommended PCN Codes: F/C/X

Gambar 5.17 Hasil perhitungan Tebal perkerasan ekuivalen Spreadsheet COMFAA

Hasil perhitungan COMFAA untuk tebal ekuivalen perkerasan adalah 1079 mm. Kemudian dimasukkan ke dalam program COMFAA. Lalu memasukkan data pesawat pada library COMFAA.



Setelah memasukkan data pesawat kemudian hitung PCN perkerasan. Lalu hasil perhitungan PCN adalah sebagai berikut :

ICAO ACN Computation, Detailed Output

Unit Conversions Show Alpha Show Ext File Single Aircraft ACN  Flexible  Rigid Other Calculation Modes  PCN  ACN Batch  Thickness  Life  MGW Back

Save PCN Output to a Text File

Results Table 2. PCN Values

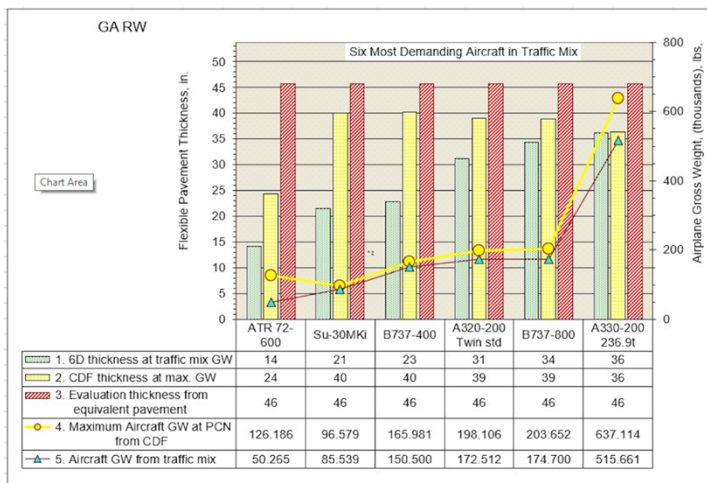
No.	Aircraft Name	Critical Aircraft Total Equiv. Covs.	Thickness for Total Equiv. Covs.	Maximum Allowable Gross Weight	ACN Thick at Max. Allowable Gross Weight	CDF	PCN on C(6)
1	A330-200 236.9t	4.229	926,1	209,990	1149,89	0,0512	97,8
2	Bee1900D	>5,000,000	599,6	26,272	539,03	0,0000	11,7
3	Su-30MK1	>5,000,000	1.015,7	43,807	723,79	0,0000	38,2
4	Bae H-200	>5,000,000	636,3	26,179	539,14	0,0000	21,7
5	Emb 314	>5,000,000	443,7	30,765	539,51	0,0000	21,7
6	Casa CN-295	>5,000,000	893,9	71,336	664,04	0,0000	32,9
7	Casa CN-235	>5,000,000	899,2	24,303	539,10	0,0000	21,7
8	Casa C-212	>5,000,000	496,1	30,765	539,51	0,0000	21,7
9	C-130	>5,000,000	1.069,3	75,563	696,44	0,0000	38,2
10	B737-800	367.103	987,0	92,375	901,30	0,0041	60,7
11	B737-400	>5,000,000	1.021,2	75,298	814,62	0,0000	49,6
12	A320-200 Twin std	776.900	993,9	89,859	872,91	0,0006	56,9
13	ATR 72-600	>5,000,000	620,5	57,237	669,08	0,0000	33,5
						Total CDF =	0,0559

Results Table 3. Flexible ACN at Indicated Gross Weight and Strength

No.	Aircraft Name	Gross Weight	ACN on Main Gear	ACN on Tire Pressure	ACN Thick	ACN on C(6)
1	A330-200 236.9t	233,900	93,40	1.420	977,2	71,4
2	Bee1900D	7,800	95,00	621	295,5	6,7
3	Su-30MK1	38,900	95,00	862	691,2	34,7
4	Bae H-200	9,100	95,00	517	317,9	7,5
5	Emb 314	5,200	95,00	345	221,8	3,7
6	Casa CN-295	51,150	95,00	724	550,0	22,6
7	Casa CN-235	16,500	95,00	862	444,2	14,9
8	Casa C-212	6,500	95,00	345	249,0	4,6
9	C-130	74,400	95,00	724	690,2	34,6
10	B737-800	79,243	93,56	1.413	820,3	50,3

Gambar 5. 20 Tabel hasil perhitungan PCN program COMFAA

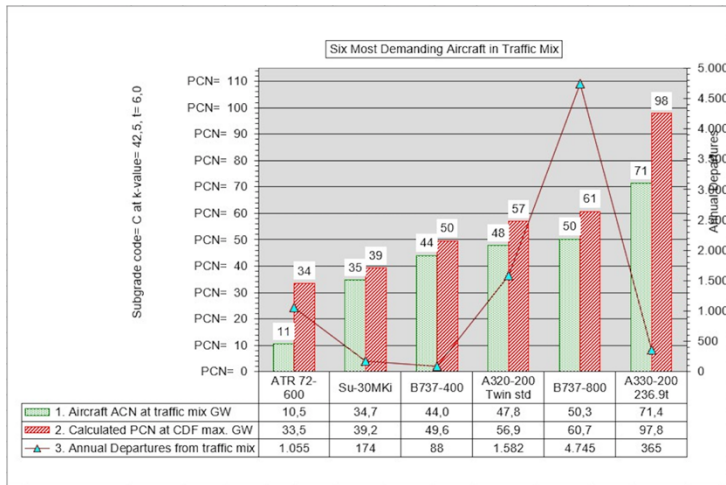
Pada tabel hasil perhitungan PCN menunjukkan nilai PCN pada pesawat kritis Airbus 330-200 adalah **97,8**. Nilai CDF 0,056 atau 5,6%. Selanjutnya akan dianalisa dengan grafik 6 pesawat yang paling berpengaruh pada perkerasan.



Gambar 5. 21 Grafik Ketebalan hasil perhitungan COMFAA

Grafik diatas menunjukkan perbandingan ketebalan antara ketebalan 6D, ketebalan CDF dan *Evaluation thickness*. Dari grafik diatas menunjukkan bahwa tebal PCC/*Evaluation thickness* masih lebih tinggi dari ketebalan 6D dan CDF. Sedangkan garis dengan lingkaran berwarna kuning menunjukkan berat maksimum pesawat yang mampu ditanggung dengan ketebalan PCC/ *Evaluation thickness*. Maka dapat disimpulkan dari grafik diatas struktur perkerasan tersebut mampu menampung beban lalu lintas hingga 20 tahun mendatang.

Namun pada grafik diatas menunjukkan bahwa masih terjadi sedikit *overdesign* karena dilihat dari nilai CDF yang kecil, keseragaman nilai "*Thickness for total equiv. Covs*" tidak terlalu seragam dan perbedaan nilai PCN dan ACN pada pesawat A330-200 yang masih besar. Ketidak seragaman nilai dikarenakan terjadi perbedaan yang besar antara pesawat yang beroperasi saat ini dan pesawat rencana. Namun dapat disimpulkan bahwa desain struktur tersebut dapat dan mampu digunakan untuk acuan.



*Gambar 5. 22 Grafik Perbandingan ACN dan PCN hasil perhitungan COMFAA*

“Halaman sengaja dikosongkan”



## BAB VI KESIMPULAN & SARAN

### 6.1 Kesimpulan

Proyek akhir ini menghasilkan suatu proses evaluasi terhadap kemampuan pelayanan perkerasan sisi udara Bandara Abd Saleh. Pada proyek akhir ini ada tiga permasalahan yang harus diselesaikan, yaitu berkaitan dengan perbandingan ACN-PCN pesawat yang beroperasi, kondisi fungsional *Runway* yang dilihat dari tingkat kekesatannya, dan peningkatan PCN dengan melakukan *overlay* pada *Runway*.

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

1. Hasil analisa perbandingan ACN-PCN pesawat yang beroperasi saat ini menunjukkan bahwa :
  - a. Semua pesawat yang saat ini beroperasi masih memenuhi ketentuan  $ACN < PCN$  baik dari *runway*, *taxiway*, maupun *apron*. Dari metode Aircraft Manufacturer, Transport Canada, maupun program COMFAA untuk mencari nilai ACN setiap pesawat yang beroperasi tidak melebihi nilai PCN eksisting.
  - b. Untuk pesawat rencana yaitu Airbus 330-200 perbandingan ACN dan PCN semuanya tidak memenuhi. Sehingga perlu untuk dilakukan peningkatan PCN.

PCN Runway = 53/F/C/X/T			PCN Taxiway H & F = 56/F/C/X/T			PCN Apron = 60/R/C/X/T		
58,3 (10%)			61,6 (10%)			63 (5%)		
AM	TC	CMF	AM	TC	CMF	AM	TC	CMF
73	72	71,6	73	72	71,6	70	66	61,2

2. Hasil Pengetesan kekesatan *runway* Bandara Abd. Saleh menunjukkan *runway* dalam keadaan **licin**. Dalam pengamatan

visual juga terdapat setidaknya 2 kerusakan yang dapat membahayakan pelayanan operasi penerbangan yaitu tentang kekesatan (*Skid Resistance*) dan kerontokan (*Disintegration*) perkerasan. Kesimpulan bahwa runway dalam keadaan licin disini hanya sebagai peringatan bahwa terdapat kemungkinan pesawat akan mengalami tergelincir, namun tidak menghentikan kegiatan penerbangan di bandara abd. Saleh karena faktor yang mempengaruhi pesawat tergelincir tidak hanya kekesatan runway. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut.

3. Peningkatan PCN pada *runway* dengan dengan acuan pesawat rencana Airbus A330-200 metode klasik dan metode program:
  - a. Untuk hasil perhitungan struktur dan tebal perkerasan :

Jenis lapisan	Metode Empiris/Klasik		Metode FAARFIELD dan COMFAA	
	cm	mm	cm	mm
Surface/P401	15.2	152	20	200
Base Course/ - 209	33	330	30	300
Subbase Course/ P-154	50.8	508	45	450
Total		990		950

- b. Untuk hasil perhitungan PCN :

Metode	Metode Empiris/Klasik	Metode FAARFIELD dan COMFAA
PCN <i>runway</i>	69,3	98,7

c. Untuk hasil perhitungan panjang minimum runway :

TORA (Take Off Run Available)	2675 m
----------------------------------	--------

Hasil analisa dan perhitungan menunjukkan bahwa perhitungan tebal perkerasan dengan metode klasik masih boros/*overdesign*. Sedangkan untuk perhitungan tebal perkerasan dengan metode program hanya menambahkan 5cm *overlay* dari perkerasan eksisting sudah dapat digunakan sebagai acuan peningkatan PCN. Sedangkan untuk nilai perhitungan nilai PCN dengan metode klasik tidak valid karena seharusnya nilai PCN dengan tebal perkerasan tersebut dapat lebih tinggi. Berbeda dengan perhitungan program menunjukkan nilai PCN yang sesuai dengan tebal perkerasannya. Hal ini dikarenakan terdapat perbedaan cara menghitung PCN dari metode klasik dan metode program. Untuk panjang minimum runway pesawat Airbus 330-200 adalah 2675m sedangkan panjang runway eksisting adalah 2500m sehingga perlu dilakukan perpanjangan 175m pada runway.

## 6.2 Saran

Dari kesimpulan mengenai hasil Proyek Akhir diatas didapatkan saran antara lain sebagai berikut :

1. Diperlukan perhitungan manual sebagai pembanding dan acuan untuk menentukan kesesuaian perhitungan.
2. Diperlukan kajian lebih untuk melakukan analisa struktur perkerasan. Karena pada *runway* bandara Abd Saleh terdapat perbedaan pada tebal dan struktur perkerasannya. Memiliki nilai PCN yang berbeda-beda pula. Sehingga perlu dikaji satu persatu untuk mendapatkan data yang lebih valid.
3. Segera melakukan perbaikan atau *overlay* pada perkerasan lama yang sering mengalami kerusakan.

“Halaman sengaja dikosongkan”

## DAFTAR PUSTAKA

- Bina Marga. (2018). *Spesifikasi Umum 2018 "Pekerjaan Kontruksi Jalan dan Jembatan"*. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Boeing Commercial Airplanes. (2014). *737 Airplane Characteristics for Airport Planning*. Chicago: Boeing.
- Civil Aviation Safety Authority. (2017). *Manual Of Standard 139-Aerodrome*. Australian: Australian Government.
- FAA Advisory Circular. (2011). *Standardized Method Of Reporting Airport Pavement Strength – PCN*. . Us Department Of Transportation.
- Google Earth. (2019). Peta Bandar Udara Abdulrachman Saleh Malang. Malang.
- Malangpostonline.com. (2018). *Penumpang Bandara Abdul Rachman Saleh Capai 1,32 Juta Orang*. Retrieved from <https://www.malangpostonline.com/read/10735/2018-penumpang-bandara-abdul-rachman-saleh-capai-132-juta-orang>
- Manual of Contract Documents for Highway Works. (2008). *Highway Construction Details*. UK: Standars For Highways .
- Pradana, M. F. (2019). *Analisa Kekuatan Perkerasan Runway, Taxiway, dan Apron (Studi Kasus Bandar Udara Soekarno Hatta dengan Pesawat Airbus A-380)*. *Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa* .
- Rahman, H. (1998). *Tinjauan Parameter Polished Stone Value (PSV) dan Hubungannya dengan Kekesatan Permukaan Perkerasan*. -: Simposium I Perguruan Tinggi.
- Rahmawati, A. (2018). *Evaluasi Tebal dan Analisis Kerusakan Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Analisa Komponen, Austroads, Asphalt Institute dan program*

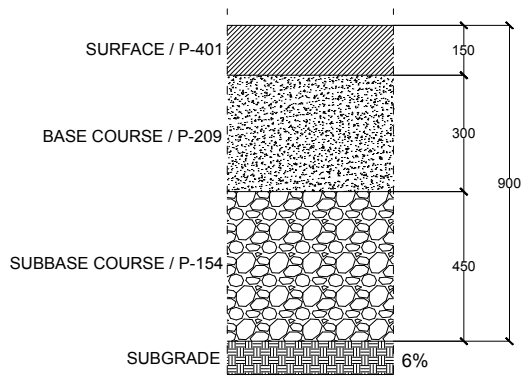
- Kenpave . *Tugas akhir Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.*
- Seno, R. H. (2015). Evaluasi kekuatan perkerasan sisi udara (Runway, Taxiway, dan Apron) Bandara Juanda dengan metode perbandingan ACN-PCN. *Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.*
- Sukirman, S. (1999). *Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan.* Bandung: Nova.
- Transport Canada. (2004). *Aircraft Classification Numbers (ACN's).* Canada: Aerodrome Safety Branch.
- Unit Pelayanan Bandara Abd. Saleh Malang. (2019). *Layout Bandar Udara Abdul Rachman Saleh Malang.* Malang.
- Wiliyanda, D. (2015). Hubungan Antara Nilai Skid Resistance dan Kedalaman Tekstur Pada Permukaan Perkerasan. *Bidang Studi Transportasi Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara.*

## LAMPIRAN

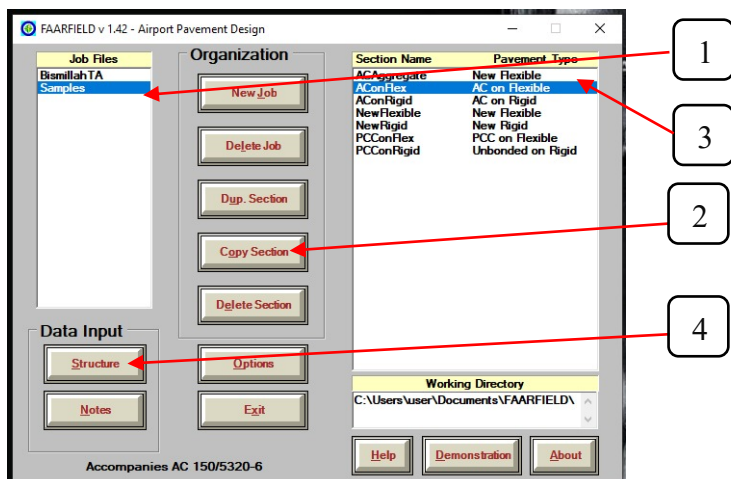
### Lampiran I

#### Detail perhitungan *Overlay* Metode FAARFIELD

##### 1. Jenis dan tebal struktur eksisting



- Perkerasan eksisting desain *overlay*, pilih dari “samples”. Pilih “AConFlex”, klik “Copy Section”, “Bismillah TA”, beri judul “EndCopy”, selanjutnya klik “Structure”.



3. Lakukan “modify structure” dan “Add/delete Layer” untuk menyesuaikan dengan kondisi eksisting.

Pilih untuk mengubah nilai

Pilih untuk modify dan end modify struktur perkerasan

4. Klik pada lapisan paling atas untuk memastikan bahwa lapisan tersebut adalah lapisan *overlay* (lihat “Layer Type Selection”). Setelah selesai pilih “End Modify”.

Klik pada

Ceklist bagian overlay, klik OK

Klik End Modify



5. Setelah selesai memodifikasi, maka klik “Airplane” untuk memasukkan jenis pesawat dan jumlah “Departure”.

Section Names  
NewFlexib"01

BismillahTA AConFlex01 | Des. Life = 20

Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
P-401/P-403 HMA Overlay	50.8	1.378.95
P-401/P-403 HMA Surface	150.0	1.378.95
P-209 Cr Ag	300.0	425.27
P-154 UnCr Ag	450.0	122.63
Subgrade	CBR = 6.0	62.05

Total thickness to the top of the subgrade = 900.8 mm

Status  
Airplane

Back Help Life End Modify Add/Delete Layer Save Structure

Klik Airplane

6. Masukkan jenis pesawat dan “Annual Departure”, simpan data dengan klik “Save List” kemudian pilih “Back”.

Airplane Group

Airplane Name (13)	Gross Taxi Weight (tms)	Annual Departures	% Annual Growth
SWL-50	22,800	1,055	4,80
A320-200 Twin opt	78,250	1,582	4,80
B737-400	68,266	88	4,80
B737-800	79,243	4,745	4,80
C-130	74,400	2,012	4,80
S-15	6,500	1,446	4,80
S-35 HTP	16,500	8	4,80
Bombardier CRJ-100	51,150	44	4,80

Float Airplanes

Add Remove

Save List Clear List

Save to Float Add Float

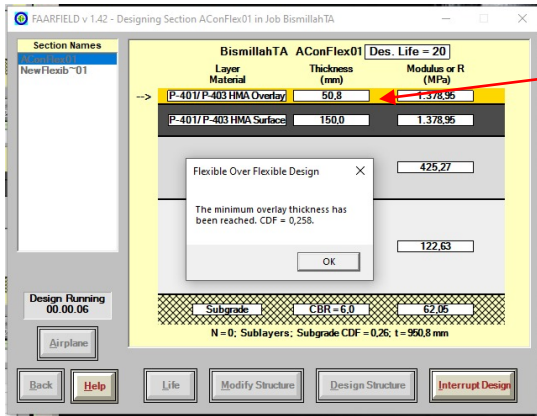
Back Help CDF Graph View Gear

Klik Airplane

Klik “Save List”

Klik “Back”

7. Klik “Design Structure” untuk melihat ketebalan *overlay* yang diperlukan.

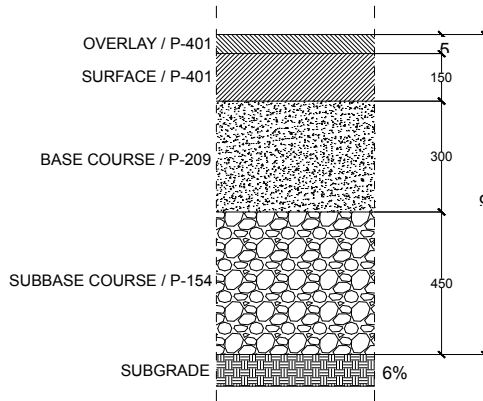


Ketebalan *overlay* yang diperlukan

## Lampiran II

### Detail perhitungan PCN *Overlay* Metode COMFAA

1. Struktur setelah dilakukan penambahan tebal lapisan.



2. Langkah pertama yang dilakukan dalam penentuan PCN perkerasan lentur adalah memasukan tebal evaluasi menggunakan *spreadsheet* COMFAA pada *sheet* "FlexPCN". Isi tebal referensi yang sesuai dengan struktur setelah *overlay* pada cell B20 dan B21 kemudian masukkan data karakteristik perkerasan yang ditinjau ke dalam cell G6 hingga G12. Input pula nilai CBR pada cell G14. Nilai tebal evaluasi kemudian dapat dilihat pada cell B18. Berikut tampilan penggunaan *spreadsheet* COMFAA dalam penentuan nilai tebal evaluasi.

The screenshot displays the COMFAA spreadsheet interface. The main data table is as follows:

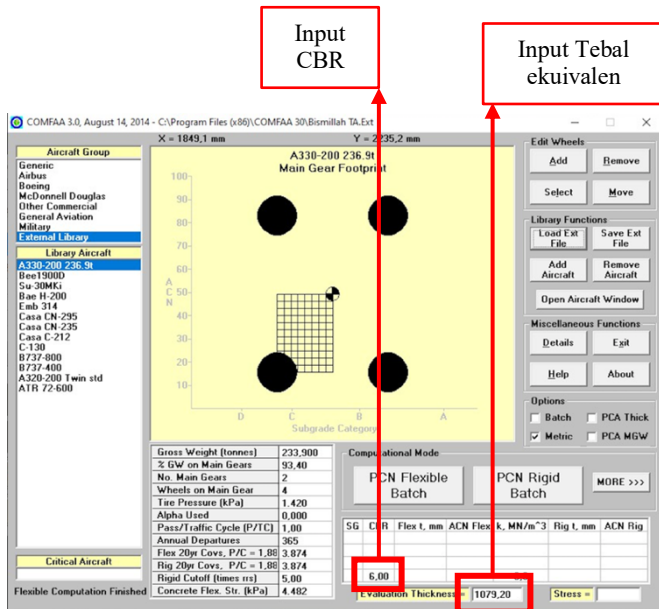
Reference Guidance	AC 150/5335-5C A to B	Existing Flexible Pavement Layers	ENTER Existing Layer Thickness
Flexible Pavement Structure Items	Fig. A2-2 Com vert to P-209	Fig. 2-182 Com vert to P-154	
P-401/3 P 403	1.6	P-401/3	200.0 mm
P-306 ECONOCRTE	1.2	P-306	0.0 mm
P-304 CEM. TRTD	1.2	P-304	0.0 mm
P-209 Cr AGG	1.0	P-209	300.0 mm
P-208 Agg, P-211	1.0	P-208	0.0 mm
P-301 SOIL-CEM.	n/a	P-301	0.0 mm
P-154 Subbase	n/a	P-154	450.0 mm

Below the table, the 'Equivalent Thickness, mm' is calculated as 1079.2. The 'Subgrade CBR' is 6.0. The 'COMFAA Inputs' summary box shows:

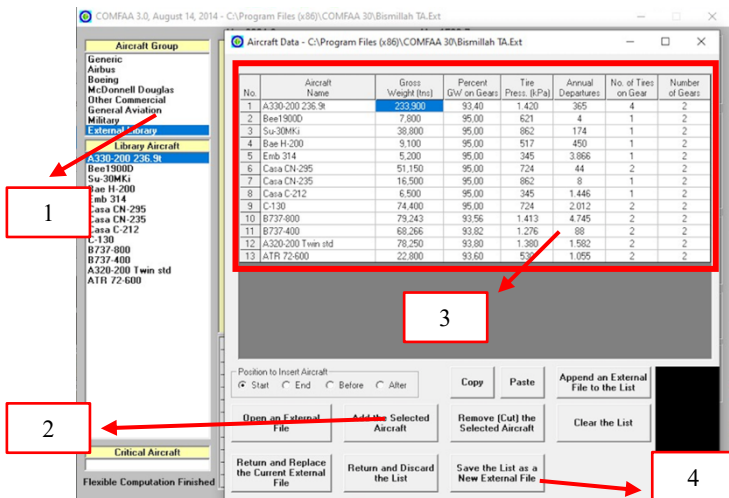
- Evaluation thickness  $t = 1,079$  mm
- Evaluation CBR = 6.0
- Recommended PCN Codes: F/C/X

The cross-section chart on the right shows the pavement structure layers: P-401/3, P-306, P-304, P-209, P-208, P-301, and P-154, with a Subgrade CBR of 6.0. The vertical axis represents 'Depth from Surface, mm' from 0 to 875.

3. Langkah selanjutnya adalah menginput data traffic dan karakteristik perkerasan ke dalam program COMFAA.



4. Lalu memasukan data pesawat ke dalam library COMFAA dengan cara klik “Open aircraft Window” pada Library Fuction.





ICAO ACN Computation, Detailed Output

Unit Conversions:  Show Alpha  Show Ext File

Single Aircraft ACN:  Flexible  Rigid

Other Calculation Modes:  PCN  ACN Batch  Thickness  Life  MGW  Back

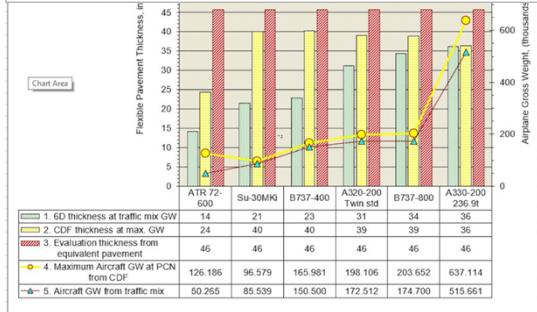
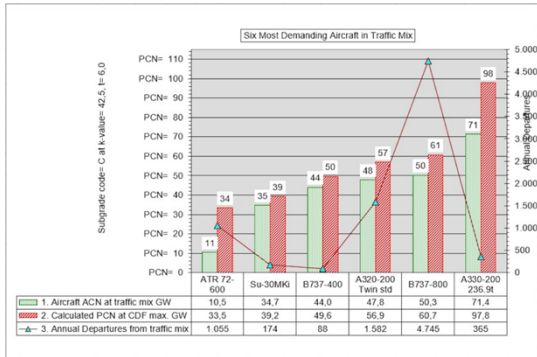
Save PCN Output to a Text File

Results Table 2. PCN Values

No.	Aircraft Name	Critical Aircraft Total Equiv. Covs.	Thickness Equiv. Covs.	Maximum Allowable Gross Weight	ACN Thick at Max. Allowable Gross Weight	PCN on C(€)
1	A330-200 236.9t	4,229	926,1	289,590	1143,93	0,0512 <b>97,8</b>
2	Bee1900D	>5,000,000	599,6	26,272	539,03	0,0000 21,7
3	Su-30MK1	>5,000,000	1.015,7	43,507	723,79	0,0000 39,2
4	Bee H-200	>5,000,000	636,3	26,179	539,14	0,0000 21,7
5	Emb 314	>5,000,000	443,7	30,765	539,51	0,0000 21,7
6	Casa CN-295	>5,000,000	893,9	71,336	664,04	0,0000 32,9
7	Casa CN-235	>5,000,000	899,2	24,303	539,10	0,0000 21,7
8	Casa C-112	>5,000,000	496,1	30,765	539,51	0,0000 21,7
9	C-130	>5,000,000	1.069,3	78,563	606,44	0,0000 35,2
10	B737-800	367.108	987,0	92,378	901,30	0,0041 60,7
11	B737-400	>5,000,000	1.021,2	78,289	814,62	0,0000 49,6
12	A320-200 Twin std	776.500	993,9	89,859	872,91	0,0006 56,9
13	ATR 72-600	>5,000,000	620,5	87,237	669,08	0,0006 56,9
Total CDF =						<b>7,0559</b>

Results Table 3. Flexible ACN at Indicated Gross Weight and Strength

No.	Aircraft Name	Gross Weight	Main Gear	Tire Pressure	ACN Thick	ACN on C(€)
1	A330-200 236.9t	289,590	99,40	1,420	977,2	71,4
2	Bee1900D	7,800	98,00	621	299,5	6,7
3	Su-30MK1	38,800	98,00	862	681,2	34,7
4	Bee H-200	9,100	98,00	517	317,9	7,8
5	Emb 314	8,200	98,00	946	221,8	9,7
6	Casa CN-295	81,180	98,00	724	580,0	22,6
7	Casa CN-235	16,800	98,00	862	444,2	14,8
8	Casa C-112	4,500	98,00	946	248,0	4,6
9	C-130	74,400	98,00	724	680,2	34,6
10	B737-800	79,243	93,86	1,413	820,3	50,3



Lampiran III  
Data Proyek Akhir

Perkembangan Data Pesawat, Penumpang, Bagasi dan Kargo  
Datang dan Berangkat di Bandara Abdulrachman Saleh Malang  
Tahun 2012 - 2019

Tahun	Pesawat				Penumpang				Bagasi (Kg)				Kargo (Kg)			
	Datang	Berangkat	Jumlah	Nalk/Turun (%)	Datang	Berangkat	Jumlah	Nalk/Turun (%)	Datang	Berangkat	Jumlah	Nalk/Turun (%)	Datang	Berangkat	Jumlah	Nalk/Turun (%)
2012	2392	2392	4784	0	255999	253496	509495	0	1701528	1986606	3688134	0	1317453	224481	1541934	0
2013	2406	2406	4812	0,59	265790	261377	527167	3,47	1826036	2025258	3851294	4,42	1382239	303178	1685417	9,31
2014	2.667	2.668	5.335	10,87	315.040	311.650	626.690	18,88	2.065.765	2.346.144	4.411.909	14,56	1.691.679	492.762	2.184.441	29,61
2015	2.860	2.865	5.724	7,29	360.266	362.561	722.827	15,34	2.313.574	2.675.680	4.989.254	13,09	1.559.173	360.733	1.919.906	-12,11
2016	3.236	3.243	6.479	13,19	425.885	433.993	859.878	18,96	2.638.174	3.113.001	5.751.175	15,27	1.485.757	340.900	1.826.657	-4,86
2017	3.952	4.013	7.965	22,94	538.281	554.670	1.092.951	27,11	3.250.177	4.101.606	7.351.783	27,83	1.629.118	483.435	2.112.553	15,65
2018	5.002	5.002	10.004	25,60	661.050	671.813	1.332.863	21,95	3.903.994	4.849.227	8.753.221	19,06	1.753.983	681.365	2.435.345	15,28
2019	2.769	2.769	5.538	-44,64	326.007	335.284	661.291	-50,39	1.761.904	2.144.138	3.906.042	-55,38	527.803	127.173	654.976	-73,11
<b>Total</b>	<b>25.284</b>	<b>25.358</b>	<b>50.641</b>	<b>4,48</b>	<b>3.148.318</b>	<b>3.184.844</b>	<b>6.333.162</b>	<b>6,91</b>	<b>19.461.152</b>	<b>23.241.660</b>	<b>42.702.812</b>	<b>4,86</b>	<b>11.347.205</b>	<b>3.014.027</b>	<b>14.361.229</b>	<b>-2,53</b>

UPDATE 30 SEPTEMBER 2019

**Lampiran D**  
**DATA PRASARANA SISI UDARA**

1. Nama Bandar Udara : Abdulrachman Saleh
2. Nama Penyelenggara : Unit Pelaksana Teknis (UPT) Bandar Udara Abdulrachman Saleh Malang Dinas Perhubungan Provinsi Jawa Timur
3. Nama Kota/Kabupaten, Provinsi : Malang, Jawa Timur
4. Aerodrome Reference Point
  - Latitude : 07°55'46" S
  - Longitude : 112°42'43" E
5. Elevasi : 1726 ft / 526 m MSL
6. Aerodrome Referensi Temperature : -
7. Kode Referensi Bandar Udara : 4C
8. Jam Operasi pelayanan Pesawat Udara : 07.00 - 17.00 WIB
9. Status Penggunaan : *Umum – Domestik*
10. Type Runway
  - Runway 17 : Non Instrument
  - Runway 35 : Instrumen – Non Presisi
11. Sertifikat/Register : Sertifikat Bandar Udara
12. Pesawat beroperasi / terkritis : B739 / B739
13. Pengecualian : Tidak terpenuhinya karakteristik runway strip
14. Kategori PKPPK : Cat. 6

A. FASILITAS SISI UDARA	DATA EXISTING	KETERANGAN
<b>1 Runway</b>		
a Runway Designation/Number/Azimuth	17 – 35	
True Bearing RW.17	165°	
True Bearing RW.35	345°	
b Dimension :		
- Length	2500 m	
- Width	40 m	
c Koordinat Threshold / Elevasi		
TH.17 / RW.35	07°55'05,345" LS 112°41'963" BT Elevasi 526 m	
TH.35 / RW.17	..... LS ..... BT Elevasi 523 m	
d Turning area		
TH.17 / RW.35	Ada	
TH.35 / RW.17	P1 : 50m, P2 : 50m, L : 20m	
e Longitudinal Slope	0,0013 %	
f Transverse Slope	1% - 1,5%	
g Surface Type	Asphalt Concrete	
h Strength	53 F/C/X/T	Area Perpanjangan (sta 2.250 s/d 2.500) : 68 F/C/X/T
i Marking :		
- Runway Designation Marking	Ada	Kondisi saat ini marka belum disesuaikan terhadap panjang runway 2500 m
- Runway Centre Line Marking	Ada	
- Runway Side Stripe Marking	Ada	
- Threshold Marking	Ada	
- Aiming Point Marking	Ada	
- Touchdown zone marking	Ada	
- Nose Wheel Guidance Line Marking	Ada	
- Runway Turmpad	Tidak Ada	

1 - 3

**Bandara Abdulrachman Saleh Malang**

**I. Data Prasarana Bandar Udara**

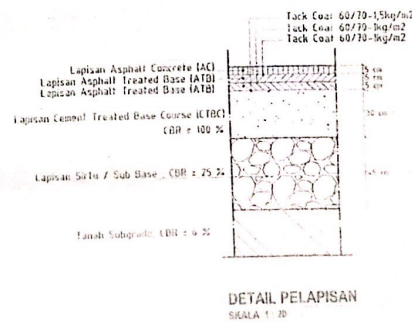
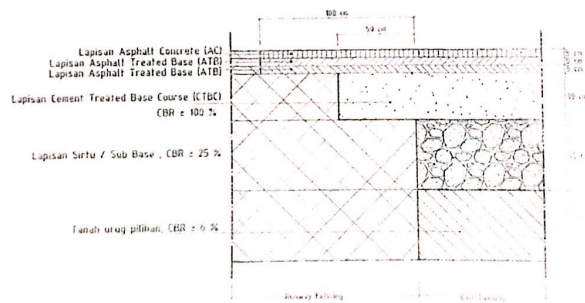
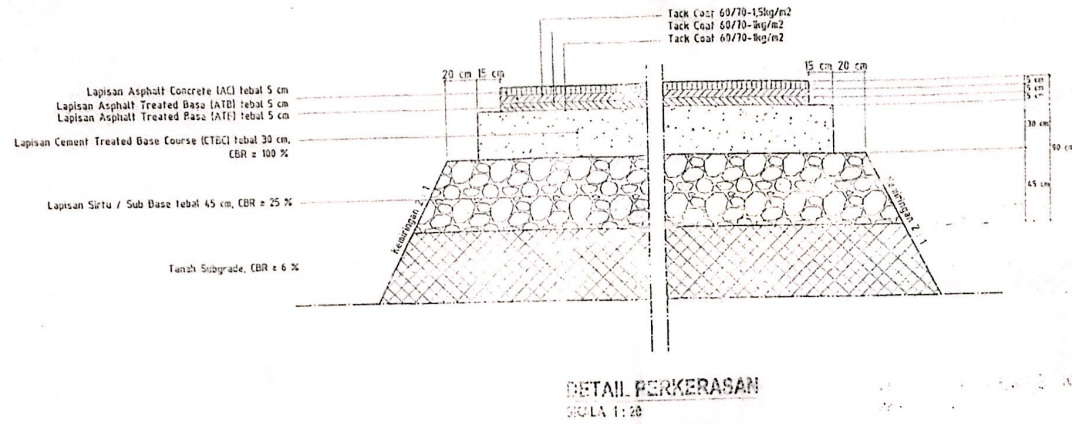
1. Nama Penyelenggara : Unit Pelaksana Teknis Pelayanan Jasa Kebandarudaraan Abdulrachman Saleh Malang Bandar udara Dinas Perhubungan Propinsi Jawa Timur
2. Dasar Hukum :
  - Undang-undang No. 1 Tahun 2009 tentang Penerbangan.
  - Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 83 Tahun 2017 tentang Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139 (Civil Aviation Safety Regulations part 139) tentang Bandar udara.
  - Sertifikat Bandar udara Nomor : 070/SBU-DBU/IV/2013, Tanggal 24 April 2013 JL. Lettu Udara Soeto Kecamatan Pakis Kabupaten Malang-Jawa Timur
3. Alamat Bandar Udara : (0341) 793888, (0341) 793900
4. Nomor Telepon : (0341) 793888, (0341) 793900
5. Koordinat Titik Referensi : 07°55'00" S - 112°42'00"
6. Arah dan Jarak ke Kota : ± 10,36 KM Bearing 55,74° dari Kota Malang
7. Elevasi/Referensi : 1726 feet MSL / 526 meter / 24 °C
8. Tipe Runway : Runway 17 (Non Instrument)  
Runway 35 (Instrument )
9. Kode Referenci Bandar Udara : 4C
10. Tipe Pesawat Udara : B737-900ER/B737-900ER yang beroperasi/Terkritis
11. Jam Operasi : 07.00 WIB s/d 17.00 WIB
12. Pertolongan Kecelakaan Pesawat Udara dan Pemadam Kebakaran (Rescue and Fire Fighting) : Katagori PKP-PK (Aerodrome Cat. For Fire Fighting) 3 Unit Foam Tender Type-4 Kapasitas air 4000 ltr, Foam Kap. 480 Ltr. 2 unit Ambulance
13. Apron, Taxiway dan Check Location Data :

Uraian	Dimensi	Permukaan	Strength
Apron	300 m x 110 m	Rigid Pavement	60 R / C / Y / T
Taxiway F	330 m x 23 m	Flexible Pavement	56 F / C / Y / T
Taxiway H	330 m x 23 m	Flexible Pavement	56 F / C / Y / T

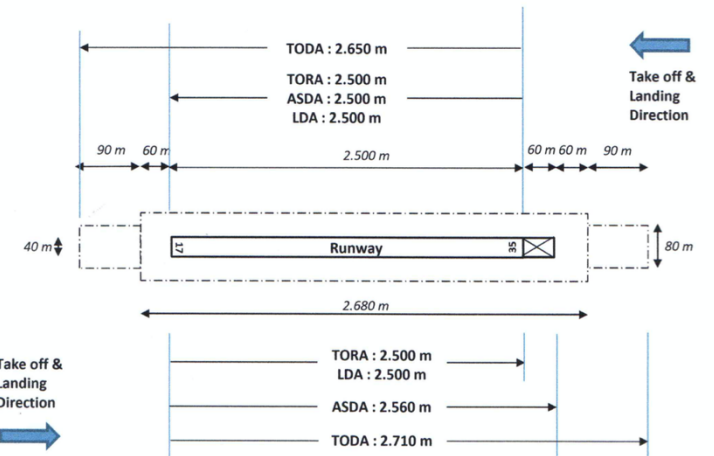
14. Parkir Stand :

Nomor Parkir	Pesawat	Koordinat Geografis (WGS-84)	
		Lintang	Bujur
1	ATR 72-600	112° 42' 46.86827" E	07° 55' 52.47323" S
2	B737-900ER/A320	112° 42' 44.93959" E	07° 56' 18.89970" S
3	B737-900ER/A320	112° 42' 44.65784" E	07° 56' 17.71288" S
4	B737-900ER/A320	112° 42' 44.01918" E	07° 56' 16.38289" S
5	B737-900ER/A320	112° 42' 43.69641" E	07° 56' 13.68720" S
6	B737-900ER/A320	112° 42' 43.37888" E	07° 56' 12.33270" S
7	B737-900ER/A320	112° 42' 43.05278" E	07° 56' 10.97765" S





**Lampiran E**  
**Declared Distance Bandar Udara Abdulrachman Saleh**



RUNWAY DESIGNATION	TORA	ASDA	TODA	LDA
17	2.500	2.560	2.710	2.500
35	2.500	2.500	2.650	2.500





KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60118

Telp. 031-5847637 Fax. 031-5938025

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

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1. MOHAMAD ILHAM FAHMI 2  
NRP : 11011610013008 2  
Judul Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing : 1. AMALIA FIRDAUS MAHWARDI ST, MT

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan			
1.	19 Februari 2019	• Keterangan arah angin dan ketinggian Lokasi Pengukuran Sand Patch test					
		• Penjelasan rumus hingga cu bab 2.			B	C	K
		• Pemberian arahan / perhitungan manual baru tabel		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		• Bab 4. Analisa data					
		Bab 5. Revisi data			B	C	K
		Bab 6. Kesimpulan & saran		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.	26 Februari 2019	• Pemberian detail Gambar <del>and</del> runway Taxiway, & APON pada bab 4					
		• Penambahan perhitungan tebal perkerasan untuk perencanaan.		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		• Menambahkan detail penjelasan Gambar pada pemilihan lapisan Perkerasan.			B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	12 Maret 2020	• Revisi Flowchart utama		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		• Pembinaan detail <sup>perhitungan</sup> Perhitungan Manual, COMPA & FAARFIELD					
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Ket. :  
B = Lebih cepat dari jadwal  
C = Sesuai dengan jadwal  
K = Terlambat dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116  
Telp. 031-5947637 Fax. 031-5936025  
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 MOHAMAD ILHAM FAHMI 2  
NRP : 1 10111610003008 2  
Judul Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing : 1 Ir. Rachmad Basuki MIT

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1	28 Feb 2020	• Perhitungan PCN /tebal anjungan manual • Memohon ke Anjungan Bustaka • kondisi Overload		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	12 Maret 2020	• Membuat perkiraan Kasimpulan sehingga mengetahui tujuan dari tugas Akhir		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket.  
B = Lebih cepat dari jadwal  
C = Sesuai dengan jadwal  
K = Terlambat dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
 Kampus ITS, Jl. Menor 127 Surabaya 60116  
 Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025  
 http://www.itstomasppl-its.ac.id

**ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN**

Nama : 1 XI04 - LHAM FANMI 2  
 NRP : 1 104610013008 2  
 Judul Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing : Ir. Rachmad Basuki MT

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
3	18 Juli 2020	• Revisi Abstrak • Penambahan lampiran	<i>[Signature]</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	17 Agustus 2020	• Revisi flowchart • Revisi Grafik PCM	<i>[Signature]</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket.  
 B = Lebih cepat dari jadwal  
 C = Sesuai dengan jadwal  
 K = Terlambat dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 FAKULTAS VOKASI  
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
 Kampus ITS - Jl. Menur 127 Surabaya 60116  
 Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025  
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

**ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN**

Nama : 1 MOH. ILHAM FANMI 2  
 NRP : 1 1011610013008 2  
 Judul Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing : AMALIA FIRDAUS MAWARDI ST. MT

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan
1	4 Mei 2020	A. Tata Tulis		
		1. cover & lembar pengesahan		
		2. Apa sudah di dlm format A 5		B C K
		3. Urutan singkatan		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
		4. Kata pengantar (vacup sudah gmn)	<i>Chulif</i>	
		5. Daftar lampiran		B C K
		6. Abstrak paragraf 3		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
		B. Bab 1		
		1. Synchronisasi data		
		C. Bab 1		B C K
		1. Ada dan belum kin data		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
		2. ada dan ke word		
5	13 Juli 2020	keleksi NIP, Virtual	<i>Chulif</i>	B C K <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
				B C K <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Ket.  
 B = Lebih cepat dari jadwal  
 C = Sesuai dengan jadwal  
 K = Terlambat dari jadwal

## BIODATA PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Moh. Ilham Fahmi, dilahirkan di Banyuwangi pada tanggal 14 September 1997. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal di TK. Dewi Sartika Banyuwangi, SDN Brawijaya Banyuwangi, SMPN 1 Banyuwangi dan SMAN Glagah Banyuwangi. Setelah lulus dari SMAN Glagah Banyuwangi pada tahun 2016, penulis mengikuti ujian masuk DIV Teknik Sipil yang diselenggarakan oleh ITS (Institut

Teknologi Sepuluh Nopember) Surabaya dan diterima di Jurusan DIV Teknik Infrastruktur Sipil - Fakultas Vokasi – ITS di tahun 2016 dan terdaftar dengan NRP 10111610013008. Selama menempuh program studi Diploma IV Teknik Infrastruktur Sipil, penulis juga aktif terdaftar dalam banyak kegiatan di tingkat jurusan, institut dan internasional. Penulis juga pernah melakukan praktek kerja di proyek perpanjangan dan pelebaran *runway* Bandara Banyuwangi pada tahun 2019. Untuk saran serta diskusi dapat menghubungi penulis melalui email : [ilhmfm@gmail.com](mailto:ilhmfm@gmail.com)