



**PENYIAPAN *SUBGRADE* LANDASAN PACU BANDAR UDARA  
NOTOHADINEGORO JEMBER UNTUK Mendukung Pesawat  
UDARA BERJENIS BOEING B 737-800/900**

***PREPARING SUBGRADE FOR THE RUNWAY OF  
NOTOHADINEGORO JEMBER AIRPORT FOR SUPPORTING  
AIRCRAFT TYPE BOEING B 737-800 / 900***

**SKRIPSI**

Oleh:

**Greeman Caesarulah Erba Putra Empat  
(151910301124)**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS  
TEKNIK UNIVERSITAS JEMBER**

**2019**



**PENYIAPAN *SUBGRADE* LANDASAN PACU BANDAR UDARA  
NOTOHADINEGORO JEMBER UNTUK Mendukung Pesawat  
UDARA BERJENIS BOEING B 737-800/900**

**SKRIPSI**

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi 1 Teknik Sipil dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh:

**Greeman Caesarulah Erba Putra Empat  
(151910301124)**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS  
TEKNIK UNIVERSITAS JEMBER**

**2019**

## PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Orang tua saya terutama untuk ibu dan alm. bapak saya yang senantiasa memberikan semangat dan doa serta pengorbanan yang luar biasa hebatnya.
2. Mas Inton, Mbak Pepri, Mas Vian, Ifan, Kiki yang selalu ada sebagai saudara sekaligus sahabat setia.
3. Dian Rizki Aprianti sebagai pasangan saya dari awal memasuki perguruan tinggi negeri hingga sekarang.
4. Bagaskara Dwi W, Edwin Rhino Aditya, Bimo Ardhiansyah, Mas Mukhlis, Mas Ical yang selalu hadir dalam setiap kesusahan saya.
5. Bapak Jaka Yanuwidiasta sebagai pembimbing sekaligus motivator di setiap pengolahan data dalam pemrograman apapun yang ada dalam skripsi ini.
6. Bapak Supriyadi sebagai pemberi arahan utama dalam proses pengerjaan skripsi yang saya buat ini.
7. Almamater Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember.
8. Ibu Indra Nurtjahjaningtyas, ST.MT dan Bapak Luthfi Amri Wicaksono, ST. MT selaku dosen pembimbing yang senantiasa dengan sabar membimbing saya, serta dosen-dosen lain yang membantu saya dalam proses belajar.
9. Sahabat-sahabat Josi wes ketemu, Agam kribro, Ibam pang, Zaim kribro, The, Ulul, Putek laki, Yanto, Arizal kahim, Mahmud merah jambu, Mbud, Albi, Mas Bel, Kang, Ucup, Dandi, Eka, Danil serta KUPU-KUPU 15 yang selalu membantu baik segi moril maupun materil.
10. Teman-teman sependakian jepen, ridho, eja, ale, odan, gober, sapi, rifki, bowo, boyo, regi, angga, koreng, sugab, ngahngo, bagas, laju, faris yang hadir membantu dalam hobi saya.
11. Teman-teman KKN Andongsari yang setia menemani saat proses pembuatan skripsi ini.
12. Semua pihak yang tidak bisa saya sebutkan satu-persatu. Terimakasih atas bantuannya.

**MOTO**

“Money Over Happiness”

(Bagaskara Dwi W)

“Kita Akan Selalu Dipertemukan Oleh Apa yang Kita Cari, Rekah, Rekah, dan  
Berkahlah Terus”

(Buya Hamka ft Efek Rumah Kaca)

“Tersenyum di Akhir Episode”

(Yanuar Aditya Pratama)

“Kita Harus Bangga dengan Budaya Lokal”

(Emha Ainun Najib)

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Greeman Caesarulah Erba Putra Empat

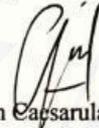
NIM : 151910301124

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Penyiapan *Subgrade* Landasan Pacu Bandar Udara Notohadinegoro Jember untuk Mendukung Pesawat Udara Berjenis Boeing B 737-800/900” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab penuh atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Juli 2019

Yang menyatakan,



Greeman Caesarulah Erba P. E

NIM. 151910301124

**SKRIPSI**

**PENYIAPAN *SUBGRADE* LANDASAN PACU BANDAR UDARA  
NOTOHADINEGORO JEMBER UNTUK MENDUKUNG PESAWAT  
UDARA BERJENIS BOEING B 737-800/900**

Oleh:

Greeman Caesarulah Erba Putra Empat

NIM 151910301124

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Indra Nurtjahjaningtyas, ST.MT

Dosen Pembimbing Anggota : Luthfi Amri Wicaksono, ST. MT

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Penyiapan *Subgrade* Landasan Pacu Bandar Udara Notohadinegoro Jember untuk Mendukung Pesawat Udara Berjenis Boeing B 737-800/900” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal :

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

**Tim Pembimbing**

Ketua,



Indra Nurtjahjaningtyus, ST., MT.  
NIP. 19701024 199803 2 001

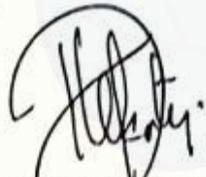
Anggota I



Luthfi Amri Wicaksono, S.T., M.T.  
NRP. 760016771

**Tim Penguji**

Ketua,



Paksitya Purnama Putra, S.T., M.T.  
NIP. 19900606 201903 1 022

Anggota I

Akhmad Hassanuddin, S.T., M.T.  
NIP. 19710327 199803 1 003

Mengesahkan

Dekan

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM.

NIP. 19661215 199503 2 001

## PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang selalu penulis panjatkan, atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga tugas akhir yang berjudul “Penyiapan *Subgrade* Landasan Pacu Bandar Udara Notohadinegoro Jember untuk Mendukung Pesawat Udara Berjenis Boeing B 737-800/900” dapat terselesaikan. Penyusunan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Strata I pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penulis menyadari dalam penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak yang senantiasa memberikan perhatian, bimbingan, dan petunjuk baik secara langsung maupun tidak langsung. Dalam kesempatan ini pula, penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Ir. Hernu Sutoso, M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.
3. Ibu Indra Nurtjahjaningtyas, ST. MT dan Bapak Luthfi Amri Wicaksono, S.T. MT selaku dosen pembimbing yang senantiasa dengan sabar membimbing saya, serta dosen-dosen lain yang membantu saya dalam proses belajar.

Pembahasan penelitian tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna, untuk itu penulis berharap adanya saran dan kritik yang membangun pada penulisan tugas akhir ini. Akhirnya, penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat.

Jember, 17 Juli 2019

Penulis

## RINGKASAN

**Penyiapan *Subgrade* Landasan Pacu Bandar Udara Notohadinegoro Jember untuk Mendukung Pesawat Udara Berjenis Boeing B 737-800/900**, Greeman Caesarulah Erba Putra Empat, 151910301124, 2019; Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Bandar Udara Notohadinegoro yang terletak di Desa Wirowongso, Kecamatan Ajung, Kabupaten Jember ini akan mengadakan suatu pengembangan bandar udara. Pengembangan ini bertujuan untuk memperluas sarana bandar udara dan meningkatkan pelayanannya. Berdasarkan RPJMD Kabupaten Jember tahun 2016-2021 dilakukan peningkatan status kelas Bandar Udara Notohadinegoro sebagai Bandar Udara Embarkasi Haji dan akhirnya meningkatkannya menjadi bandar udara komersial. Kondisi *eksisting* saat ini bandar udara Notohadinegoro Jember digunakan hanya untuk mendaratnya pesawat kecil berjenis ATR 72-500/600 dengan panjang landasan pacu sebesar 1645 x 30 m<sup>2</sup> maka perlu adanya penangan bandar udara terutama dibagian landasan pacu (*runway*).

Bedanya penangan *runway* bandar udara dengan jalan pada umumnya maka memerlukan suatu metode tersendiri yang khusus hanya untuk bandar udara saja yaitu metode FAA (*Federal Aviation Administration*). Perhitungan selanjutnya menggunakan program bantu *software* FAARFIELD. Analisis struktur perkerasan landasan pacu (*runway*) Bandar Udara Notohadinegoro menggunakan ketentuan ICAO 14 (*International Civil Aviation Organization*) dan Keputusan Menteri No. 47 tahun 2002 tentang Sertifikasi Operasi Penerbangan yang direncanakan bisa melayani pesawat terbesar yaitu berjenis Boeing B 737-800/900. Data yang digunakan pada penelitian kali ini merupakan data sekunder, berupa peta atau gambar lokasi yang menjelaskan tentang situasi dari lokasi penelitian dan nilai CBR pada tanah dasarnya (*subgrade*) adalah sebesar 6% sesuai dengan laporan PCN *Strenght Runway* yang telah di *declare* oleh Kementerian Perhubungan, nilai PCN *runway* pada kondisi *eksisting* saat ini adalah 37.

Pengolahan data untuk mengetahui kekuatan *subgrade* menggunakan program bantu FAARFIELD. Hasil dari penelitian ini didapatkan bahwa kondisi

tanah dasar (*subgrade*) dari Bandar Udara Notohadinegoro itu sendiri dapat dikategorikan sebagai baik, dan tidak diperlukan untuk perombakan secara total dalam area landasan pacu pesawat itu sendiri. Tebal struktur perkerasan lama pada luasan landasan pacu (*runway*) eksisting 1645 x 30 m<sup>2</sup> hanya perlu dilakukan pelapisan ulang (*overlay*) sesuai dengan desain untuk kapasitas pesawat Boeing B 737-800/900. Hasil analisis perhitungan antara ketebalan eksisting dan ketebalan rencana untuk jenis pesawat Boeing B 737-800/900 yaitu sebesar 27 mm.



## SUMMARY

**Preparing Subgrade For The Runway Of Notohadinegoro Jember Airport For Supporting Aircraft Type Boeing B 737-800 / 900**, Greeman Caesarulah Erba Putra Empat, 151910301124, 2019; Majoring in Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember.

The Notohadinegoro Airport located in Jember will hold an airport development. This development aims to expand airport facilities and improve its services. Based on the RPJMD of the City of Jember in 2016-2021, the status of the Notohadinegoro Airport was upgraded as the Embarkation Hajj Airport and eventually increased it to become a commercial airport. The current condition of the Notohadinegoro Jember airport is used only for landing small planes of the type ATR 72-500 / 600 with runway lengths of 1645 x 30 m<sup>2</sup> so it is necessary to handle airports, especially on the runway.

The difference between airport runway handlers and roads generally requires a special method which is only for airports, namely the FAA (Federal Aviation Administration) method. The next calculation uses the FAARFIELD software support program. Analysis of the runway structure of Notohadinegoro Airport using the provisions of ICAO 14 (International Civil Aviation Organization) and Ministerial Decree No. 47 of 2002 concerning Flight Operations Certification which is planned to be able to serve the largest aircraft, namely type Boeing B 737-800 / 900. The data used in this study is secondary data, in the form of maps or location drawings that explain the situation of the research location and subgrade value of 6% according to the PCN Runway Report that has been declared by the Ministry of Transportation, the value of the runway PCN in the existing conditions is 37.

Data processing to determine subgrade strength using the FAARFIELD assistive program. The results of this study found that subgrade conditions from Notohadinegoro Airport itself can be categorized as good, and are not needed for a total overhaul of the aircraft runway area itself. The thickness of the old pavement structure on the existing runway area of 1645 x 30 m<sup>2</sup> only needs to be overlaid

according to the design for Boeing B 737-800 / 900 capacity. The results of the calculation analysis between the existing thickness and the thickness of the plan for the type of Boeing B 737-800 / 900 is 27 mm.



DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN MOTO</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	<b>v</b>
<b>LAPORAN SKRIPSI</b> .....	<b>vi</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>vii</b>
<b>HALAMAN PRAKATA</b> .....	<b>viii</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>ix</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xvii</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	<b>3</b>
<b>1.3 Tujuan Penelitian</b> .....	<b>3</b>
<b>1.4 Manfaat Penelitian</b> .....	<b>3</b>
<b>1.5 Batasan Penelitian</b> .....	<b>4</b>
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
<b>2.1 Penelitian Terdahulu</b> .....	<b>5</b>
<b>2.2 Bandar Udara</b> .....	<b>6</b>
<b>2.3 Landasan Pacu (<i>Runway</i>)</b> .....	<b>7</b>
<b>2.4 Perkerasan</b> .....	<b>7</b>
2.4.1 Perkerasan Lentur ( <i>Fleksible Pavement</i> ).....	<b>9</b>
2.4.2 Perkerasan Kaku ( <i>Rigid Pavement</i> ).....	<b>9</b>
<b>2.5 Subgrade</b> .....	<b>9</b>
<b>2.6 CBR (<i>California Bearing Ratio</i>)</b> .....	<b>12</b>

2.7 Metode FAA ( <i>Federal Aviation Administration</i> ) .....	14
2.8 FAARFIELD .....	15
2.8.1 Input FAARFIELD .....	16
2.8.2 Input Jenis Pesawat .....	16
2.8.3 Menentukan Jumlah Keberangkatan Tahunan.....	17
2.8.4 Output .....	17
2.9 COMFAA.....	17
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>18</b>
<b>3.1 Lokasi Penelitian .....</b>	<b>18</b>
<b>3.2 Pengumpulan Data.....</b>	<b>18</b>
3.2.1 Data Primer .....	18
3.2.2 Data Sekunder.....	19
<b>3.3 Pengolahan Data .....</b>	<b>19</b>
<b>3.4 Kerangka Penelitian .....</b>	<b>20</b>
3.4.1 Survei Pendahuluan dan Studi Pustaka.....	21
3.4.2 Pemodelan Aplikasi FAARFIELD .....	21
<b>3.5 Time Schedule Penelitian.....</b>	<b>21</b>
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>22</b>
<b>4.1 Hasil Pengumpulan Data CBR Lapangan.....</b>	<b>22</b>
<b>4.2 Hasil Perencanaan Menggunakan <i>Software</i> COMFAA .....</b>	<b>26</b>
<b>4.3 Metode FAA Pesawat Boeing B 737-800/900.....</b>	<b>29</b>
<b>BAB 5. PENUTUP.....</b>	<b>34</b>
<b>5.1 Kesimpulan.....</b>	<b>34</b>
<b>5.2 Saran .....</b>	<b>34</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>35</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>37</b>

**DAFTAR TABEL**

	Halaman
2.1 Tebal campuran lapisan aspal .....	8
2.2 Kategori daya dukung <i>subgrade</i> konstruksi perkerasan kaku .....	11
2.3 Kategori daya dukung <i>subgrade</i> konstruksi perkerasan lentur.....	11
2.4 Penetrasi beban standar.....	12
4.1 Hasil Pengolahan Data Nilai CBR Lapangan Terbaru .....	24
4.2 Tabel jenis pesawat rencana .....	26
4.3 Fasilitas sisi Bandar Udara .....	27
4.4 Tebal perkerasan eksisting.....	29
4.5 Data input airplan .....	29
4.6 Tebal rencana perkerasan .....	33

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.5 Tampilan kurva.....	13
3.1 Peta Lokasi.....	18
3.4 Diagram Alir.....	20
3.4 Diagram Alir FAARFIELD.....	22
4.1 Pengambilan Sampel Tanah di Bandar Udara Notohadinegoro Jember	23
4.2 Pengambilan Sampel Tanah di Bandar Udara Notohadinegoro Jember	23
4.3 Resume COMFAA <i>flexible pavement</i> .....	27
4.4 Hasil data nilai PCN perkerasan <i>ekisting</i> .....	28
4.5 Gambar <i>Input</i> perkerasan rencana .....	30
4.6 Gambar <i>Input</i> struktur perkerasan pesawat	31
4.7 Hasil tebal perkerasan pesawat B 737-800/900	31
4.8 Grafik CDF	32
4.9 Lapisan perkerasan lentur	33

**DAFTAR LAMPIRAN**

Halaman



Lampiran 1	Pertumbuhan pengguna moda transportasi udara di Bandar Udara Notohadinegoro Jember .....	37
Lampiran 2	Daftar Sistem Koordinat Batas Lahan Bandar Udara Notohadinegoro di Kabupaten Jember Provinsi Jawa Timur .....	37
Lampiran 3	Data Curah Hujan Kawasan Bandar Udara Notohadinegoro Jember Pada Tahun 2016.....	37
Lampiran 4	Lokasi Bandar Udara Notohadinegoro Oriensasi Kabupaten Jember Update tahun 2018 .....	38
Lampiran 5	Luasan Wilayah Perencanaan Bandar Udara Notohadinegoro Jember.....	39
Lampiran 6	Titik Koordinat Lokasi Bandar Udara Notohadinegoro Jember.	40
Lampiran 7	Kondisi Fisik dasar kawasan khusus bandar Udara Hasil data nilai PCN.....	41
Lampiran 8	Peta Topografi Bandara Notohadinegoro Jember Gambar <i>Input</i> perkerasan rencana.....	42
Lampiran 9	Karakteristik tanah Untuk Penyiapan <i>Subgrade</i> .....	43



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 ` Latar Belakang

Bandar udara adalah area tertentu di daratan atau perairan (termasuk bangunan, instalasi dan peralatan) yang diperuntukkan baik secara keseluruhan atau sebagian untuk kedatangan, keberangkatan dan pergerakan pesawat (Menurut ICAO: International Civil Aviation Organization). Bandar Udara Notohadinegoro adalah sebuah bandar udara yang terletak di Desa Wirowongso, Kecamatan Ajung, Kabupaten Jember, Provinsi Jawa Timur yang berjarak sekitar 7 kilometer dari pusat kota Jember. (Penetapan Lokasi Menurut Keputusan Menteri Perhubungan Nomor 65 Tahun 2004). Bandara ini memiliki areal seluas 120 hektare, dan merupakan bandara umum sipil pertama di Indonesia yang dibangun sendiri oleh Pemerintah Kabupaten Jember dengan kekuatan APBD Kabupaten.

Bandara ini dioperasikan oleh Dinas Perhubungan Pemerintah Kabupaten Jember. Jumlah penerbangan baik yang datang maupun yang pergi terus bertambah, hal ini dikarenakan beberapa kegiatan-kegiatan nasional maupun internasional yang diselenggarakan oleh Pemerintah Kabupaten Jember yang terus meningkat setiap tahunnya. (Menurut Manajer Area PT Garuda Indonesia Wilayah Jember yaitu Bapak Budi Trihantono). Untuk melayani animo masyarakat terhadap jasa transportasi penerbangan khususnya daerah Jember sendiri, peningkatan jenis pesawat dengan penumpang lebih besar memiliki implikasi yang cukup signifikan terhadap infrastruktur bandar udara yang harus dipersiapkan. Data pengguna moda transportasi udara di Bandar Udara Notohadinegoro Jember menunjukkan peningkatan setiap tahunnya, pada tahun 2014: 16.778 pengguna, tahun 2015: 32.164 pengguna, tahun 2016: 41.664 pengguna, tahun 2017: 60.240 pengguna dan pada tahun 2018: 77.918 jumlah total pengguna moda transportasi udara, baik itu yang datang maupun berangkat (Lampiran 1).

Bandara yang kini memiliki panjang landasan pacu 1.560 meter tersebut telah kembali beroperasi sejak tanggal 16 juli 2014 lalu dengan pelayanan penerbangan komersil pertama Jember-Surabaya PP oleh maskapai Garuda Indonesia (sub brand Garuda Indonesia Explore) yang menggunakan pesawat udara

jenis ATR 72-500/600. Dengan adanya rute penerbangan tersebut dapat mempersingkat waktu tempuh Jember-Surabaya yang hanya sekitar 30 menit melalui udara, dari sebelumnya sekitar 4 sampai 7 jam menggunakan moda transportasi darat. Pemerintah Kabupaten Jember sebagai pengelola bandar udara melakukan adanya pengembangan bandar udara. Pengembangan ini bertujuan untuk memperluas sarana bandar udara dan meningkatkan skala pelayanan pada masyarakat. Berdasarkan RPJMD Kabupaten Jember Tahun 2016-2021 dilakukan peningkatan status kelas Bandar Udara Notohadinegoro sebagai Bandar Udara Embarkasi Haji Antara dan nantinya meningkatkan level bandar udara menjadi komersial. Pengembangan bandar udara ini memerlukan perencanaan dan penataan kawasan sekitarnya. Pola penataan antara kegiatan di dalam lingkungan lapangan terbang, termasuk fasilitas sarana prasarana pendukung dengan pola penataan kawasan disekitarnya serta hubungannya dengan pola struktur tata ruang kota.

Menurut Dewi, G.S (2016) bahwa untuk melakukan pengembangan 10 tahun kedepan, kondisi bandar udara Notohadinegoro Jember saat ini tidak mampu melayani pesawat udara jenis Boeing B 737-200. Pendapat tersebut diperkuat oleh penelitian dari Yecky, N (2019) yang menyebutkan bahwa hasil *forecasting* pada tahun 2024 Bandar Udara Notohadinegoro Jember memerlukan pengembangan, karena kursi penumpang tidak mencukupi untuk memenuhi jumlah permintaan masyarakat. Hasil dari penelitian yang telah dilakukan Yecky, N (2019) perbandingan tebal perkerasan struktural total yang dihasilkan dari metode CBR adalah 111 cm, metode FAA adalah 71,1 cm, dan metode LCN adalah sebesar 60,96 cm. Kedua penelitian terdahulu tidak membahas tentang penyiapan *subgrade* dari landasan pacu (*runway*) itu sendiri dan perhitungan lapisan perkerasan yang digunakan oleh kedua karya tulis menggunakan perhitungan secara *empiris*. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian tentang penyiapan *subgrade* landasan pacu dan perhitungan perkerasannya adalah perhitungan yang menggunakan *software* FAARFIELD dan COMFAA untuk melengkapi penelitian yang sudah ada. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tanah dasar (*subgrade*) bandar udara Notohadinegoro Jember memerlukan perombakan total atau hanya pelapisan ulang untuk mendaratnya pesawat berjenis Boeing B 737-800/900, serta untuk

mengetahui tebal perkerasan dengan menggunakan dua macam *software* yang terdapat dalam metode FAA yaitu *software* FAARFIELD dan COMFAA, sehingga dapat diketahui selisih dari kedua *software* tersebut.

### 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah tersebut, maka dapat dibuat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi daya dukung atau kekuatan tanah dasar dan sifat-sifat dari tanah dasar (*subgrade*) di area landasan pacu Bandar Udara Notohadinegoro?
2. Bagaimana pemodelan kondisi ketebalan landasan pacu (*Runway*) dengan menggunakan aplikasi FAARFIELD dan COMFAA pada area landasan pacu pesawat terbang Bandar Udara Notohadinegoro Jember?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui kondisi daya dukung atau kekuatan tanah dasar (*Subgrade*) dan sifat-sifat dari tanah dasar di area landasan pacu Bandar Udara yang akan di lakukan perpanjangan.
2. Mengetahui permasalahan yang terjadi di area landasan pacu (*Runway*) Bandar Udara Notohadinegoro.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan suatu manfaat baik secara langsung maupun tidak langsung, antara lain:

1. Dalam penelitian ini kita dapat menjadikan sebagai acuan dalam menentukan metode yang dipergunakan saat terjadi perbaikan tanah atau peremajaan Bandar Udara khususnya di area landasan pacu pesawat (*runway*).
2. Selain itu penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaaat untuk menambah wawasan dan mengembangkan penelitian lebih lanjut di bidang teknik sipil khususnya geoteknik.

### 1.5 Batasan Penelitian

Adapun batasan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya membahas tentang alternatif solusi dari proyek pengembangan Bandar Udara Notohadinegoro yang awalnya hanya sebatas pesawat kecil yaitu jenis ATR 72-500/600 ditingkatkan ke pesawat yang lebih besar yaitu jenis Boeing B 737-800/900.
2. Penelitian ini tidak membahas tentang rancangan anggaran biaya, desain gambar itu sendiri, dan penjadwalan dari pekerjaan proyek perbaikan Bandar Udara Notohadinegoro.



## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penelitian Terdahulu

Dewi, G.S (2016). Dalam karya ilmiahnya menjelaskan bahwa Kabupaten Jember sebagai salah satu kabupaten di Jawa Timur yang memiliki tingkat ekonomi masyarakat berkembang dengan pesat. Dilihat dari munculnya gedung-gedung bertingkat membuktikan bahwa Jember mulai dilirik dan diminati oleh investor terkemuka untuk berinvestasi di kota tembakau ini. Pertumbuhan ekonomi yang cukup pesat tentunya memberikan kontribusi terhadap kenaikan mobilitas dari dan menuju Kabupaten Jember. Bandar Udara Notohadinegoro salah satu transportasi yang berada di Kabupaten Jember. Kondisi bandara saat ini tidak mampu untuk melayani pesawat besar jenis Boeing 737-200 sehingga perlu diadakan pengembangan dalam hal sarana dan prasarana. Perencanaan pengembangan tebal perkerasan *runway*, *taxiway* dan *apron* menggunakan metode FAA (*Federal Aviation Administration*).

Dengan analisa yang dilakukan didapatkan bahwa tebal perkerasan untuk daerah kritis *runway*, *taxiway* dan *apron* dengan metode FAA sebesar 56 cm. Yang terdiri dari tebal *surface coarse* adalah 10 cm, tebal *base coarse* 11 cm dan 35 cm untuk tebal *subbase coarse* dengan jenis perkerasannya adalah *asphalt concrete*.

Sedangkan menurut Yecky, N (2019). Dalam karya ilmiahnya menyatakan bahwa Kabupaten Jember yang dikenal sebagai kota karnaval dengan adanya JFC (*Jember Fashion Carnival*) yang telah terkenal di tingkat dunia mampu meningkatkan sektor pariwisata dan perekonomian masyarakat Jember. Dengan meningkatnya sektor pariwisata dan perekonomian Pemerintah Kabupaten Jember terus melakukan pembenahan dan pengembangan transportasi yang ada. Bandar Udara Notohadinegoro Jember saat ini tergolong sebagai bandar udara kelas II dengan jenis pesawat yang beroperasi masih tergolong kecil yaitu ATR 72-600 dengan panjang landasan pacu (*runway*) sebesar 1645 m dan lebar 30 m. Dengan persentase kenaikan jumlah penumpang yang cukup tinggi maka dibutuhkan perencanaan dan pengembangan yang lebih spesifik sebagai antisipasi

pertumbuhan permintaan jasa transportasi udara dimasa yang akan mendatang agar tetap dapat memenuhi permintaan masyarakat serta ikut menunjang pertumbuhan perekonomian daerah.

Dengan hasil analisa yang telah dilakukan didapatkan bahwa perbandingan tebal perkerasan struktural total yang dihasilkan dari metode CBR adalah 111 cm, metode FAA adalah 71,1 cm, dan metode LCN adalah sebesar 60,96 cm dan pesawat rencana yang digunakan adalah pesawat jenis Boeing 737-900ER sehingga kebutuhan perencanaan dimensi pengembangan *runway* sebesar 2683,02 m x 45 m, *apron* 125,37 m x 71,1 m dan *taxiway* yang tidak perlu dilakukan pengembangan.

Dari dua penelitian terdahulu ditemukan persamaan dan perbedaan terutama pada metode yang digunakan yaitu sama-sama menggunakan metode FAA (*Federal Aviation Administration*) dan kedua penelitian tersebut sama-sama menggunakan perhitungan secara empiris untuk proses pengolahan data dari perkerasannya. Sedangkan pada penelitian kali ini dilakukan pengembangan menggunakan *software* untuk pengolahan data tentang perkerasannya yang terdapat di dalam metode FAA yaitu *software* FAARFIELD dan COMFAA, *software* COMFAA itu sendiri berada dalam *software* FAARFIELD tersebut. Perbedaan lain yaitu penelitian terdahulu tidak menganalisa tentang *subgrade* atau tanah dasar dari bandar udara Notohadinegoro Jember sehingga penelitian ini layak dilaksanakan.

## 2.2 Bandar Udara

Menurut Basuki (1986) bandar udara atau bandara memiliki pengertian yang berasal dari kata “bandar” (tempat berlabuh) dan “udara”. Bandar Udara diartikan sebagai suatu tempat di darat ataupun di air dimana pesawat udara dapat mendarat untuk menurunkan atau mengangkut penumpang dan barang, mengadakan perbaikan atau mengisi bahan bakar. Sedangkan definisi bandar udara menurut PT (Persero) Angkasa Pura adalah, lapangan udara termasuk segala bangunan dan peralatan yang merupakan kelengkapan minimal untuk menjamin tersedianya fasilitas bagi angkutan udara untuk masyarakat.

Berdasarkan Direktur Jenderal Perhubungan Udara (2015), panjang minimal landasan yang dimiliki bandar udara internasional adalah 2,350 m, bandar udara pusat utama adalah 1.850 m, bandar udara provinsi adalah 1.250 m, dan bandar udara perintis adalah 750 m.

### 2.3 Landasan Pacu (*Runway*)

menurut ICAO: *International Civil Aviation Organization* (1989) landasan pacu (*runway*) pesawat adalah suatu daerah persegi panjang yang ditentukan pada suatu bandar udara di daratan ataupun di perairan yang digunakan untuk lepas landas (*take-off*) atau mendarat (*landing*). Landasan pacu yang meliputi prinsip pengaturan tata letak *runway* yang dapat dibagi menjadi 3 (tiga) bagian, yaitu:

1. Single Runway.
2. Paralel Runway.
3. Divergent Runway.

Pengaturan ini dapat dikembangkan lebih lanjut yang dipengaruhi oleh kebutuhan panjang, jumlah, dan arah *runway* itu sendiri.

### 2.4 Perkerasan

Menurut KP (*Kementerian Perhubungan*) Direktorat Jenderal Perhubungan Udara (2015) yang terbaru, perkerasan adalah struktur yang terdiri dari beberapa lapisan dengan kekerasan dan daya dukung yang berlainan. Fungsi dari perkerasan itu sendiri adalah untuk menyebarkan beban ke tanah dasar dan semakin besar kemampuan tanah dasar untuk memikul beban, maka tebal lapisan perkerasan yang dibutuhkan semakin kecil. Karena keseluruhan struktur perkerasan didukung sepenuhnya oleh tanah dasar, maka identifikasi dan evaluasi terhadap struktur tanah dasar adalah sangat penting bagi perencanaan tebal perkerasan.

Pada perencanaan perkerasan landasan pacu (*runway*), memiliki konsep dasar yang sama dengan perencanaan perkerasan pada jalan raya, dimana perencanaan berdasarkan beban yang bekerja dan kekuatan bahan yang digunakan untuk mendukung beban yang bekerja. Namun, pada aplikasi sesungguhnya, tentu terdapat perbedaan pada perencanaan perkerasan runway dan jalan raya, yaitu :

1. Jalan raya dirancang untuk kendaraan yang berbobot sekitar 9000 lbs, sedangkan runway dirancang untuk memikul beban pesawat yang rata-rata berbobot jauh lebih besar yaitu sekitar 100.000 lbs.
2. Jalan raya direncanakan mampu melayani perulangan beban (repetisi) 1000-2000 truk per harinya. Sedangkan runway direncanakan untuk melayani repetisi beban 20.000 sampai 40.000 kali selama umur rencana.
3. Tekanan ban pada kendaran yang bekerja kira-kira 80-90 psi. Sedangkan pada runway tekanan ban yang bekerja di atasnya adalah mencapai 400 psi.
4. Perkerasan jalan raya mengalami distress yang lebih besar karena beban bekerja lebih dekat ke tepi lapisan, berbeda pada runway dimana beban bekerja pada bagian tengah perkerasan.

Adapun tabel dari tebal campuran lapisan aspal untuk landasan pacu Bandar Udara. Berikut di jelaskan dalam tabel 2.1

Tabel 2.1 Tebal campuran lapisan aspal

No	Bagian Perkerasan	Pesawat Single Wheel dan Dual Wheel	Pesawat B 47, 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: Kementerian Perhubungan Direktorat Jenderal Perhubungan Udara

Dalam perkerasan pada bandar udara itu sendiri terdapat dua jenis perkerasan yaitu perkerasan lentur (*Fleksible Pavement*) dan perkerasan kaku (*Rigid Pavement*).

#### 2.4.1 Perkerasan Lentur (Fleksible Pavement)

Perkerasan lentur (*Fleksible Pavement*) adalah perkerasan yang umumnya menggunakan bahan campuran beraspal sebagai lapis permukaan serta bahan berbutir sebagai lapisan di bawahnya. Sehingga lapisan perkerasan tersebut mempunyai fleksibilitas/kelenturan yang dapat menciptakan kenyamanan kendaraan dalam melintas di atasnya. Perlu dilakukan kajian yang lebih intensif dalam penerapannya dan harus juga memperhitungkan secara ekonomis, sesuai dengan kondisi setempat, tingkat keperluan, kemampuan pelaksanaan dan syarat teknis lainnya, sehingga konstruksi jalan yang direncanakan itu adalah yang optimal.

#### 2.4.2 Perkerasan Kaku (Rigid Pavement)

Perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) adalah suatu perkerasan jalan yang terdiri atas plat beton semen sebagai lapis pondasi dan lapis pondasi bawah di atas tanah dasar. Karena memakai beton sebagai bahan bakunya, perkerasan jenis ini juga biasa disebut sebagai jalan beton. Dalam konstruksinya, plat beton sering dinamakan lapis pondasi sebab adanya kemungkinan lapisan aspal beton di atasnya sebagai lapis permukaan.

### 2.5 Subgrade

Menurut David, R., Brill dan Y. Chen (2012) tanah dasar (*subgrade*) merupakan lapisan yang paling bawah dari suatu perkerasan, lapisan ini berfungsi menanggung beban lapisan-lapisan yang berada di atasnya. Peranan lapisan ini penting dalam menahan pembebanan akhir seluruh lapisan di atasnya sehingga dalam perencanaan lapisan *subgrade* atau tanah dasar ini harus diperhatikan kelayakannya, dilihat dari hasil test laboratorium dan lapangan, baik untuk test terhadap geser ataupun deformasinya. Untuk memenuhi persyaratan kualitas, perlu dilakukan pemadatan yang sempurna dan bila mutu tanah dasar tidak memenuhi syarat dapat diganti dengan tanah yang berkualitas baik.

Tanah adalah bagian yang cukup penting dalam pembangunan konstruksi perkerasan bandar udara, karena tanah dasar inilah yang nantinya akan mendukung semua lapisan perkerasan yang ada di atasnya termasuk menanggung pembebanan

yang diakibatkan lalu lintas pesawat udara di atasnya. Sehingga kondisi tanah dasar yang buruk akan menyebabkan kegagalan lapisan-lapisan perkerasan di atasnya. Kondisi tanah dasar ini pula yang menentukan mahal atau tidaknya pembangunan konstruksi perkerasan tersebut, karena kondisi kekuatan tanah dasar merupakan faktor penentu awal dalam menentukan perlu tidaknya serta tebal tipisnya lapisan perkerasan pada landasan, yang semua itu pada akhirnya akan menentukan biaya pembangunan konstruksi perkerasan tersebut. Sementara pemilihan jenis perkerasan dan jenis material lapisan perkerasan merupakan langkah kedua dalam mengefisienkan tebal perkerasan.

Maka keberadaan data investigasi tanah dasar yang lengkap menjadi keharusan sebelum kita merencanakan suatu tebal perkerasan, terutama data CBR (*California Bearing Ratio*). Tanah dasar atau nilai modulus reaksi tanah dasar. Dalam perencanaan lapisan perkerasan bandar udara hasil investigasi tanah dasar ini tidak langsung dipakai untuk menghitung konstruksi perkerasannya itu, namun terlebih dahulu dianalisa dan dilihat kemungkinan adanya usaha perbaikan kondisi tanah dasar jika dianggap memungkinkan. Oleh karena itu pentingnya dicari alternatif-alternatif perbaikan tanah dasar sehingga kekuatan (daya dukungnya dapat optimal) dan pada akhirnya akan mengurangi biaya pembangunan. Beberapa cara yang selama ini bisa ditempuh untuk memperbaiki tanah dasar:

- a. Pemadatan secara dinamis (menggunakan alat pemadat penggetar sesuai sifat tanah dasar).
- b. Memperbaiki gradasi dengan penambahan fraksi tanah yang kurang.
- c. Penerapan sistem stabilitasi kimia, dengan mencampur kimia dan dipadatkan.
- d. Membongkar dan mengganti tanah dasar jika dilihat tidak memenuhi syarat.

Perbaikan tanah dasar (*subgrade*) adalah salah satu cara dalam usaha untuk memperkuat daya dukung perkerasan, dan usaha yang sama juga dilakukan di setiap jenis pekerjaan konstruksi. Dengan melihat konstruksi perkerasan landasan Bandar Udara yang sangat luas maka usaha perbaikan tanah dasar juga perlu diperhatikan dengan detail. Karena hal itu juga menentukan apakah tanah tersebut

masih layak untuk digunakan atau perlu dilakukan adanya suatu perbaikan tanah secara total dan menyeluruh terhadap bangunan tersebut.

Menurut KP (*Kementerian Perhubungan*) No. 93 tahun 2015, kategori *subgrade* dibagi menjadi empat kategori, baik itu untuk perkerasan kaku (*rigid pavement*) maupun untuk perkerasan lentur (*fleksible pavement*) yaitu kategori A, B, C atau D. Penentuan kategori kekuatan *subgrade* tercantum dalam tabel 2.2 dan tabel 2.3

Tabel 2.2 Kategori daya dukung *subgrade* konstruksi perkerasan kaku

No	Kategori Sugrade	Nilai K Perukaan	Interval Nilai K	Kode
		Subgrade Pci (MN/m <sup>3</sup> )	Permukaan Subgrade Pci (MN/m <sup>3</sup> )	
1	High	555.6 (150)	$K > 442$ ( $> 120$ )	A
2	Medium	294.7 (80)	$221 < K < 442$ ( $60 < K < 120$ )	B
3	Low	147.4 (40)	$92 < K < 221$ ( $25 < K < 60$ )	C
4	Ultra Low	73.7 (20)	$K < 92$ ( $< 25$ )	D

Sumber: Kementerian Perhubungan Direktorat Jenderal Perhubungan Udara

Tabel 2.3 Kategori daya dukung *subgrade* konstruksi perkerasan lentur

No	Kategori Sugrade	Nilai CBR Subgrade	Interval Nilai CBR	Kode
		%	Subgrade	
1	High	15	$CBR \geq 13$	A
2	Medium	10	$8 < CBR < 13$	B
3	Low	6	$4 < CBR \leq 8$	C
4	Ultra Low	3	$CBR \leq 4$	D

Sumber: Kementerian Perhubungan Direktorat Jenderal Perhubungan Udara

## 2.6 California Bearing Ratio (CBR)

Menurut U.S Army Corps of Engineers CBR (*California Bearing Ratio*) adalah perbandingan antara beban penetrasi suatu lapisan tanah atau perkerasan terhadap beban standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama. Kegunaan CBR adalah untuk digunakan dalam menentukan tebal lapisan suatu perkerasan. Dalam menentukannya suatu tebal lapisan perkerasan dari nilai CBR ini, digunakan grafik-grafik yang dikembangkan untuk berbagai muatan roda kendaraan dengan intensitas lalu lintas yang berbeda-beda dan jenis dari CBR itu sendiri di bedakan menjadi 2 macam, yaitu:

1. CBR lapangan atau disebut juga CBR *inplace* atau *field* CBR.
2. CBR titik atau disebut juga CBR laboratorium atau *design* CBR.

Pengujian kekuatan dengan CBR (*California Bearing Ratio*) dapat diuji dengan menggunakan alat percobaan yang dapat menentukan atau mendapatkan nilai besarnya CBR itu sendiri, yaitu berupa alat yang mempunyai mesin (*piston*) dengan luas 3 inch<sup>2</sup>. *Piston* ini digerakkan dengan kecepatan 0,05 inch/menit, dan arahnya adalah vertikal kebawah. *Proving Ring* digunakan untuk mengukur beban yang dibutuhkan pada penetrasi tertentu yang diukur dengan arloji pengukur (*dial*). Hal tersebut dapat dilihat dalam tabel 2.4 berikut:

Tabel 2.4 Beban penetrasi standard

Penetrasi (inch)	Beban Standart (lbs)
0,1	3000
0,2	4000

Sumber: SNI Cara Uji CBR (*California Bearing Ratio*) Lapangan

Penentuan nilai CBR yang biasa digunakan untuk menghitung kekuatan pondasi jalan adalah penetrasi 0,1” dan penetrasi 0,2”, yaitu dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{CBR } 0,1'' = x / 3000 \times 100\% = a \% \quad (2)$$

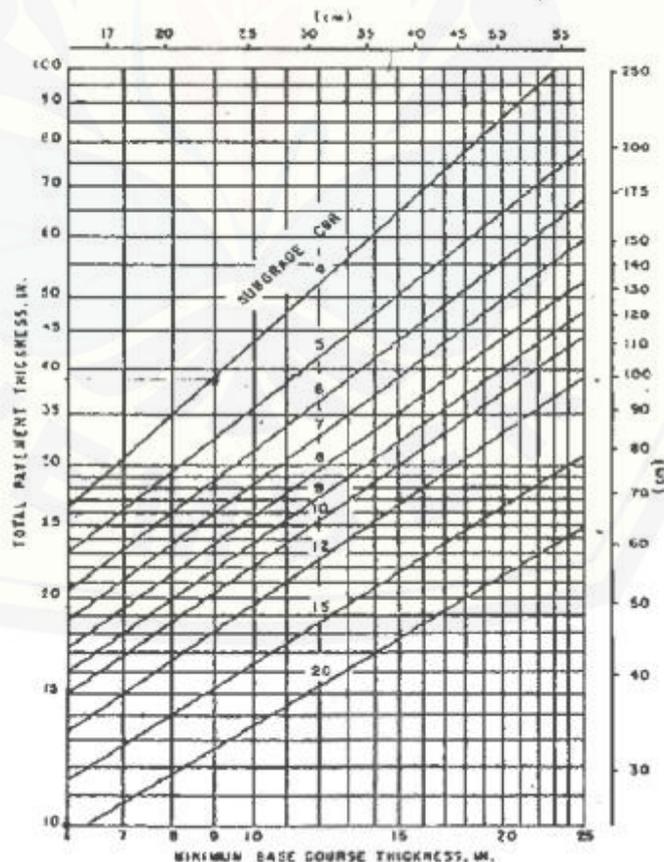
$$\text{CBR } 0,2'' = x / 4500 \times 100\% = b \% \quad (3)$$

Pengertiannya dapat di jelaskan dibawah ini :

- Nilai CBR yang didapatkan adalah nilai yang terkecil diantara hasil perhitungan kedua nilai tersebut.
- Nilai CBR adalah nilai terbesar antara nilai a dan nilai b.
- Nilai CBR tanah dasar (*subgrade*) pada penelitian.

Untuk menentukan daya dukung perkerasan yang dibutuhkan dalam sebuah landasan pacu (*runway*) bandar udara, digunakan kurva antara korelasi tanah dasar (*subgrade*), tebal perkerasan (*tebal equivalen*), annual departure (*annual departure equivalen*), dan beban pesawat terbang itu sendiri.

Dalam menentukan nilai CBR subgrade dapat ditentukan dengan pengujian CBR lapangan atau dengan menggunakan data CBR perencanaan, pada umumnya menggunakan CBR terendam (*CBR Soaked*). Nilai CBR lapangan tergantung dari jenis tanah. Adapun gambar kurva dari korelasi antara tebal perkerasan (*Total Pavement Thickness*) dan CBR *subgrade* seperti pada gambar 2.5 berikut ini :



Gambar 2.5 Kurva Korelasi

## 2.7 Metode FAA (Federal Aviation Administration)

FAA (*Federal Aviation Administration*) adalah suatu lembaga regulator penerbangan sipil di Amerika Serikat dibentuk pada tanggal 23 Agustus 1958. Sebagai bagian dari Kementerian Transportasi Amerika Serikat, badan ini bertanggung jawab sebagai pengatur dan pengawas penerbangan sipil di Amerika Serikat. Fungsi dari FAA ini mirip dengan Direktorat Jenderal Perhubungan di Indonesia. Oleh karena itu, regulasi-regulasi yang terdapat dalam FAA banyak diterapkan dalam sistem penerbangan maupun yang berhubungan dengan bandar udara di Indonesia.

Fungsi dari FAA itu sendiri mempunyai berbagai macam fungsi, dan berikut adalah delapan macam fungsi yang ada dalam metode ini, yaitu sebagai berikut:

1. Mengatur transportasi udara komersial.
2. Mengatur geometri dari navigasi udara dan standar inspeksi penerbangan.
3. Mendorong dan mengembangkan aeronautik (*navigasi udara*) dalam bidang sipil, termasuk inovasi baru dalam bidang aviasi.
4. Mengeluarkan, menanggihkan, atau dapat mencabut sertifikat seorang pilot.
5. Mengatur penerbangan sipil untuk meningkatkan keselamatan, terutama melalui kantor lokal yang sering kita sebut sebagai Flight Standards District Office (*FSDO*).
6. Mengembangkan dan mengoperasikan sistem pemanduan lalu lintas udara, untuk penerbangan sipil maupun penerbangan militer.
7. Melakukan riset dan mengembangkan National Airspace System (*NAS*).
8. Mengembangkan dan mengeluarkan program untuk mengatur polusi suara dan masalah lingkungan yang timbul akibat aktivitas suatu bandar udara.

Metode FAA digunakan khusus untuk kebutuhan pengembangan bandar udara atau suatu standar yang telah dipakai oleh Direktorat Jenderal Perhubungan Udara di Indonesia untuk kasus seperti pengembangan dan peremajaan di bidang angkutan udara. Dalam metode FAA ini terdapat banyak sekali *software* yang disarankan

untuk suatu pengembangan bandar udara termasuk *software* FAARFIELD dan COMFAA yang terdapat dalam metode FAA ini.

## 2.8 FAARFIELD

Menurut U.S Department of Transportation Federal Aviation Administration (2009) FAARFIELD merupakan suatu program komputer untuk mendesain tebal perkerasan lentur maupun kaku pada landasan suatu pacu bandar udara. FAARFIELD juga dapat mendesain tebal overlay perkerasan lentur atau kaku. Prosedur perhitungan dan desain ketebalan dalam program ini berdasarkan metode FAA. Program ini meninjau dan menghitung kebutuhan setiap jenis pesawat, namun program ini terbatas untuk perhitungan lain seperti analisa angin, dan geometrik landasan pacu. Aplikasi ini menggabungkan pemodelan elemen hingga 3D agar dapat mendesain ketebalan perkerasan pada Bandar Udara dan dapat menghasilkan waktu jangka panjang. Hasil dari investigasi tanah dasar ini adalah karakteristik kekuatan tanah dasar untuk digunakan dalam metode FAA (*Federal Aviation Administration*), yang di dalamnya terdapat nilai CBR (*California Bearing Ratio*) dan dapat digunakan untuk perkerasan lentur maupun perkerasan kaku.

Prosedur perencanaan perkerasan sudah di implementasikan di dalam program atau metode FAA (*Federal Aviation Administration*). FAARFIELD menerapkan prosedur layer elastic dan finite elemen untuk merencanakan perkerasan baru pada perkerasan lentur atau kaku. Terdapat dua prosedur yang terdapat dalam aplikasi FAARFIELD, yaitu :

1. Prinsip dasar perhitungan tebal perkerasan FAARFIELD yang didasarkan pada metode FAA ada 2 tahap, yaitu:
  - a. Masukkan jenis pesawat pengguna landasan ke pesawat rencana.
  - b. Jarak roda pendaratan utama setiap pesawat dari garis tengah landasan mempengaruhi kumulatif (*Cummulative Dammage Factor*).
2. Faktor Kerusakan Komulatif (*Commulative Damage Factor*) dalam software FAARFIELD didasarkan pada faktor kerusakan komulatif.

CDF adalah angka yang menunjukkan kelelahan struktural akibat masa pelayanan operasionalnya ditunjukkan oleh program FAARFIELD.

#### 2.8.1 Input FAARFIELD

- a. Input *subgrade support condition*: Untuk kondisi *subgrade*, dibutuhkan data nilai CBR lapangan maupun laboratorium.
- b. Material properties dari setiap lapisan, yaitu meliputi:
  - Modulus elastisitas.
  - Ketebalan untuk lapisan.
  - Poisson's Ratio (sudah ditetapkan dalam *software* FAARFIELD).
- c. Lalu lintas, meliputi karakteristik pesawat yang meliputi beban roda, letak roda, dan tekanan ban pada pesawat.
- d. Umur rencana.

Perencanaan yang disarankan dalam metode FAA (*Federal Aviation Administration*) untuk standarnya dalam sebuah perkerasan berdasarkan pada umur rencana 20 tahun. Program komputer dapat digunakan untuk menghitung umur rencana yang lain, namun penggunaan umur di luar 20 tahun akan memberikan deviasi yang berbeda dari standar FAA. Oleh karena itu untuk standar dari metode FAA itu sendiri tidak disarankan umur rencana diatas dari 20 tahun.

#### 2.8.2 Input Jenis Pesawat

Prosedur perencanaan dalam FAARFIELD tidak mengkonversikan campuran lalu lintas menjadi keberangkatan ekuivalen pesawat rencana. Software FAARFIELD itu sendiri bertujuan untuk menganalisis kerusakan pada perkerasan di masing-masing pesawat dan menentukan tebal akhir untuk kumulatif kerusakan total. Software FAARFIELD mempertimbangkan penempatan sumbu utama masing-masing pesawat terkait dengan garis sumbu perkerasan. Software FAARFIELD juga memungkinkan untuk mengetahui kerusakan perkerasan akibat pesawat tertentu dipisahkan dari pesawat lainnya dalam campuran lalu lintas pesawat.

### 2.8.3 Menentukan Jumlah Keberangkatan Tahunan dan Pendaratan Pesawat

Masing-masing di *input* manual ke dalam program untuk jumlah keberangkatan tahunan yang berbeda-beda setiap jadwal pesawat, kemudian *software* akan menjalankan dan secara otomatis mengeluarkan hasil rata-ratanya.

### 2.8.4 Output

Setelah memasukkan data yang dibutuhkan, maka *software* FAARFIELD akan mengeluarkan hasil tebal perkerasan yang dibutuhkan pesawat-pesawat yang akan memberikan kontribusi pada kerusakan usia rencana.

## 2.9 COMFAA

COMFAA merupakan suatu *software* yang berasal/berada dalam *software* FAARFIELD itu sendiri, fungsi dari *software* COMFAA itu sendiri adalah untuk menghitung nilai PCN (*Pavement Classification Number*). Berikut adalah langkah perhitungan PCN secara garis besar adalah sebagai berikut :

1. Masukkan semua jenis pesawat terbang yang ada atau yang akan direncanakan akan beroperasi pada suatu Bandar Udara ke dalam *software* COMFAA.
2. Konfirmasi karakteristik pesawat itu sendiri seperti beban, annual deppatures, tyre pressure, dan lain sebagainya.
3. Masukkan tebal perkerasan equivalen hasil perhitungan, serta nilai kekuatan *subgrade*, CBR, untuk perkerasan lentur (*flexible pavement*).
4. Klik PCN Batch, kemudian klik PCN batch flexible untuk perkerasan lentur untuk evaluasi perkerasan lentur.
5. Setelah program *runing*, hasil perhitungan PCN dapat dilihat dengan mengklik *Detail* pada menu *Miscellaneous Function*.

Dari pengerjaan atau langkah-langkah tersebut, *output* dari program COMFAA itu sendiri adalah kita dapat mengetahui ketebalan *eksisting* yang dapat dijadikan sebagai acuan atau perbandingan selisih antara pengerjaan perhitungan perkerasan rencana yang dikerjakan dengan *software* FAARFIELD dengan hasil perhitungan ketebalan *eksisting* yang dikerjakan menggunakan *software* COMFAA itu sendiri.

## BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Bandar Udara Notohadinegoro Kabupaten Jember Jawa Timur tepatnya di Desa Wirowongso Kecamatan Ajung, terletak  $113^{\circ}16'28''$  sampai  $114^{\circ}03'42''$  Bujur Timur dan  $7^{\circ}59'6''$  sampai  $8^{\circ}33'56''$  Lintang Selatan. Peta orientasi lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1 di bawah ini:



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian  
Sumber: Google Maps

### 3.2 Pengumpulan Data

#### 3.2.1 Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh dari hasil pengamatan atau survey di lokasi yakni Bandar Udara Notohadinegoro Jember Jawa Timur. Data lapangan tersebut dapat menjadi patokan dalam menganalisa pekerjaan yang akan dilakukan. Dari hasil pengamatan data yang diperoleh meliputi:

- a. Data topografi adalah sebuah data yang diperlukan baik di lapangan maupun dikantor dalam rangka membuat peta topografi atau situasi dan gambar-gambar penampang permukaan tanah dilokasi survey dengan skala tertentu, yang akan digunakan sebagai bahan untuk perencanaan.

- b. Data penyelidikan tanah (*Soil Investigation*), yaitu data yang dihasilkan dari lapangan dan uji laboratorium terbaru yang diambil pada tanggal 24 Januari 2019 untuk menentukan tipe dan karakteristik tanah di lokasi penelitian Bandar udara Notohadinegoro Jember.
- c. Data penerbangan, yaitu data yang dihasilkan dari jumlah rute penerbangan sehingga dapat menjadi parameter dalam menentukan tebal perkerasan.

### 3.2.2 Data Sekunder

Data Sekunder adalah data yang tidak diperoleh langsung dari proyek penelitian. Pengumpulan data yang dilakukan adalah :

- a. Studi Pustaka, yaitu dengan cara mengumpulkan data melalui buku-buku ilmiah, tulisan, referensi-referensi yang berhubungan dengan penelitian.
- b. Dokumentasi, yaitu teknik pengumpulan data dengan menggunakan catatan-catatan atau foto-foto yang ada di lokasi penelitian serta sumber-sumber lain yang relevan dengan objek penelitian. Data dokumentasi ini meliputi:
  1. Peta atau gambar lokasi yang menjelaskan tentang situasi dari lokasi penelitian.
  2. Gambar pengambilan sampel tanah untuk pengujian di Laboratorium yang dilakukan pada 5 titik sampel.

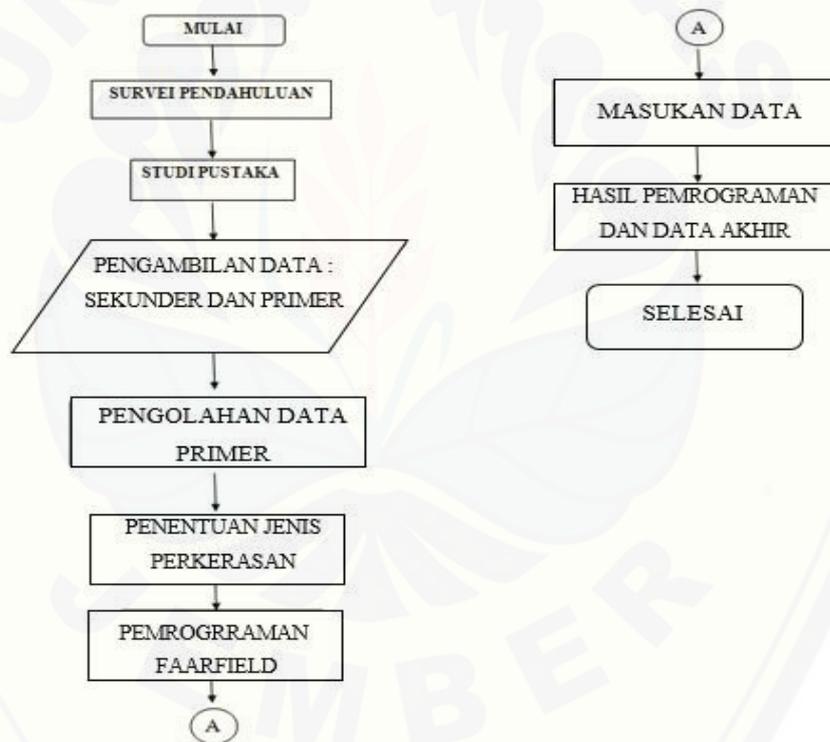
### 3.3 Pengolahan Data

Data sekunder yang ada, di analisis untuk merencanakan desain tebal perkerasan landasan pacu (*runway*), dengan menggunakan metode FAA dan diolah menggunakan software FAARFIELD (*Federal Aviation Administration Rigid and Flexible Iterative Elastic Layered Design*) merupakan suatu program komputer untuk mendesain tebal perkerasan lentur (*Flexible Pavement*) maupun perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) pada landasan pacu Bandar Udara. FAARFIELD juga dapat mendesain tebal overlay perkerasan lentur atau perkerasan kaku. Prosedur

perhitungan dan desain ketebalan dalam program ini berdasarkan metode FAA (*Federal Aviation Administration*). Program ini meninjau dan menghitung kebutuhan setiap jenis pesawat, namun program ini terbatas untuk perhitungan lain seperti analisa angin, dan geometrik landasan pacu.

### 3.4 Kerangka Penelitian

Penelitian ini terdiri dari beberapa langkah-langkah, mulai survei pendahuluan, studi pustaka, pengumpulan data, pemodelan menggunakan *software* FAARFIELD, dan hasilnya. Langkah-langkah diatas disajikan dalam bentuk diagram alir sebagai berikut:



Gambar 3.2 Diagram Alir

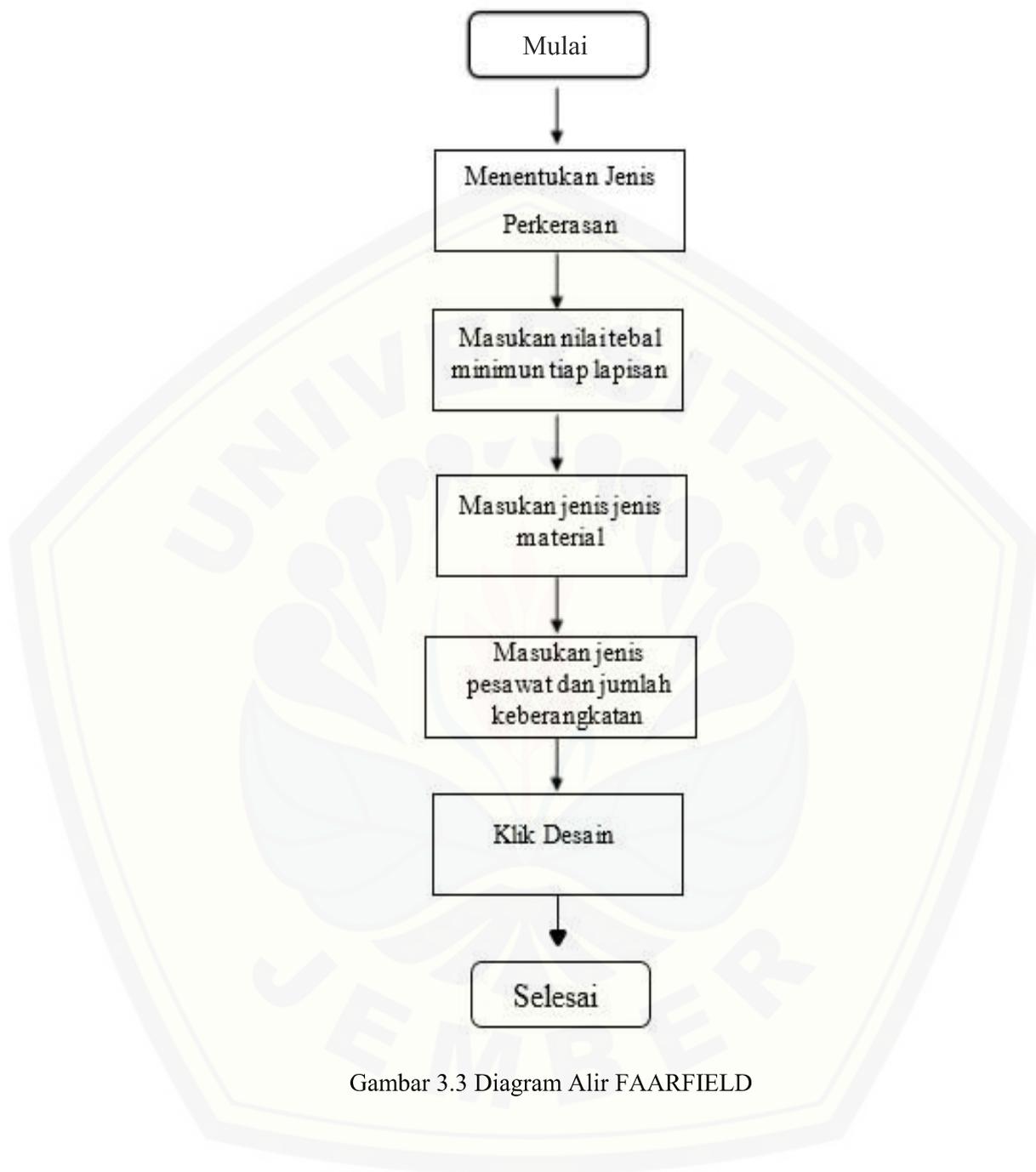
Berikut adalah penjelasan gambar 3.2:

#### 3.4.1 Survei Pendahuluan dan Studi Pustaka

Bab ini berisi tentang survei pendahuluan yang dilakukan di proyek pembangunan atau pengembangan Bandara Notohadinegoro Jember. Pada survei ini melakukan pengambilan data primer dan data sekunder. Data primer didapat dari wawancara langsung dengan pekerja lapangan, dan data penyelidikan tanah (*soil investigation*), yaitu data yang dihasilkan dari lapangan seperti pengambilan sampel tanah, juga pengambilan uji CBR lapangan dan uji laboratorium untuk menentukan tipe dan karakteristik tanah di lokasi penelitian Bandar udara Notohadinegoro. Sedangkan data sekunder didapat dari Technical Manager pengembangan bandara Notohadinegoro. Data sekunder yang didapat adalah gambar perencanaan, dan data CBR yang telah ditetapkan oleh metode FAA untuk Bandar Udara. Sedangkan studi pustaka berisi tentang data kepustakaan terdahulu, yang mendukung penelitian yang akan dilakukan.

#### 3.4.2 Pemodelan aplikasi FAARFIELD

Pemodelan FAARFIELD (*Federal Aviation Administration Rigid Flexible Iterative Elastic Layered Design*) adalah pemodelan dalam bidang perkerasan dan geoteknik khususnya pada Bandar Udara yang berfungsi untuk menentukan tebal perkerasan yang mengacu pada karakteristik pesawat perencanaan dengan menggunakan grafik tebal perkerasan pada landasan pacu. Langkah-langkah dari pemodelan ini meliputi *input data*, *input* jenis pesawat, menentukan jumlah keberangkatan tahunan dan *output*. Keluaran yang dicari dari pemodelan ini adalah desain tebal perkerasan dari landasan pacu (*runway*) itu sendiri dan berikut adalah diagram alir dari pemodelan dari *software* FAARFIELD



Gambar 3.3 Diagram Alir FAARFIELD



## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Hasil penelitian mengenai perencanaan tebal perkerasan perpanjangan landasan pacu Bandar udara Notohadinegoro untuk mendukung pesawat udara berjenis Boeing B 737-800/900 diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil penelitian yang telah dilakukan pada tanah dasar (*subgrade*) dari Bandar Udara Notohadinegoro itu sendiri dapat dikategorikan sebagai aman, dan tidak diperlukan untuk perombakan secara total dalam area landasan pacu pesawat itu sendiri. Tebal struktur perkerasan lama pada luasan landasan pacu (*runway*) eksisting 1645 x 30 m<sup>2</sup> hanya perlu dilakukan pelapisan ulang (*overlay*) sesuai dengan desain untuk kapasitas pesawat Boeing B 737-800/900.
2. Pemodelan kondisi yang didapat dari pemodelan menggunakan *software* FAARFIELD yaitu :
  - a. Analisis perhitungan ketebalan *eksisting* yang didapatkan dari aplikasi tersebut adalah sebesar 785 mm.
  - b. Perhitungan perkerasan rencana dengan menggunakan *software* untuk jenis pesawat berjenis B 737 800/900 didapatkan sebesar 812.6 mm.

Selisih hasil analisis kedua perhitungan antara ketebalan eksisting dan ketebalan rencana untuk jenis pesawat Boeing B 737-800/900 yaitu sebesar 27 mm.

### 5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut :

1. Penelitian tentang perencanaan ulang diperlukan terutama pada gambar rencana perpanjangan Bandar Udara Notohadinegoro Jember.
2. Penelitian selanjutnya dapat menghitung anggaran atau biaya dari penambahan panjang landasan pacu (*runway*) atau perombakan keseluruhan Bandar Udara Notohadinegoro Jember.

**DAFTAR PUSTAKA**

Badan Standardisasi Nasional (BSN). 2011. *Cara Uji CBR (California Bearing Ratio) Lapangan. SNI 1738:2011*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional (BSN).

Basuki. 1986. *Merancang, Merencanakan Lapangan Terbang*, Jakarta.

Daggubati, S.C., Nazneen., S. Sharma., S.R. Gurung. 2014. *Runways Design Structural Design Of An Airfield Pavement*. India: Hindustan University.

Das, B. M. 1995. *Mekanika Tanah 1 (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 1*. Jakarta: PT Erlangga.

David, R., Brill dan Y. Chen. 2012. *Airpot Pavement 10 Year R&D Program*. USA: The Federal Aviation Administration (FAA).

Dewi, G.S. 2016. *Penembangan Fasilitas Sisi Udara Banar Udara Notohadinegoro Kabupaten Jember*. Jember: Universitas Jember.

Hardiyatmo, H. C. 2002. *Mekanika Tanah 1*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.

International Civil Aviation Organization. 1989. *Aerodrome Design Manual Part 3*. USA: International Civil Aviation Organization (ICAO).

Kementerian Perhubungan Direktorat Jenderal Perhubungan Udara. 2015. *Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139-24, Pedoman Perhitungan PCN (Pavement Classification Number), Perkerasan Prasarana Bandara*. Jakarta: Kementerian Perhubungan Direktorat Jenderal Perhubungan Udara.

Landrum dan Brown. 2005. *Runway Length Requirements Analysis*. Ohio: Dayton International Airport Masterplan Update.

LA World Airport. 2010. *Sustainable Airport Planning, Design, Construction Guidelines for Implementation on All Airport Projects, Version 5.0*. Los Angeles USA: LA World Airport.

O'Donnell, M. 2009. *Airport Pavement Design and Evaluation*. USA: Departement of Transportation Federal Aviation Administration.

Yecky, N. 2019. *Perencanaan dan Estimasi Biaya Pengembangan Runway, Apron, dan Taxiway Bandar Udara Notohadinegoro Kabupaten Jember*. Jember: Universitas Jember.