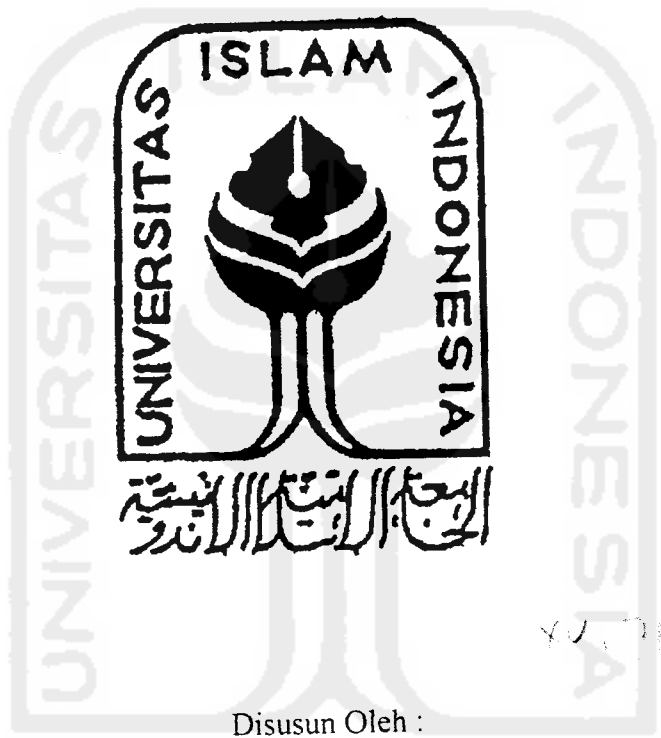


PERPUSTAKAAN FTSP UM  
HADIHARJELI  
TGL TERIMA :  
NO. JUDUL :  
NO. INV. : 5120061553021  
NO. INDUK :

**TUGAS AKHIR**

**EVALUASI TEBAL LAPIS KERAS LANDAS PACU BANDARA  
ADISUTJIPTO GUNA MELAYANI PENERBANGAN  
INTERNASIONAL DENGAN METODE CBR, FAA DAN LCN**



R  
6157  
100  
e  
1

Disusun Oleh :

**ANTON BUDI DHARMA**  
No. Mhs : 00 511 256

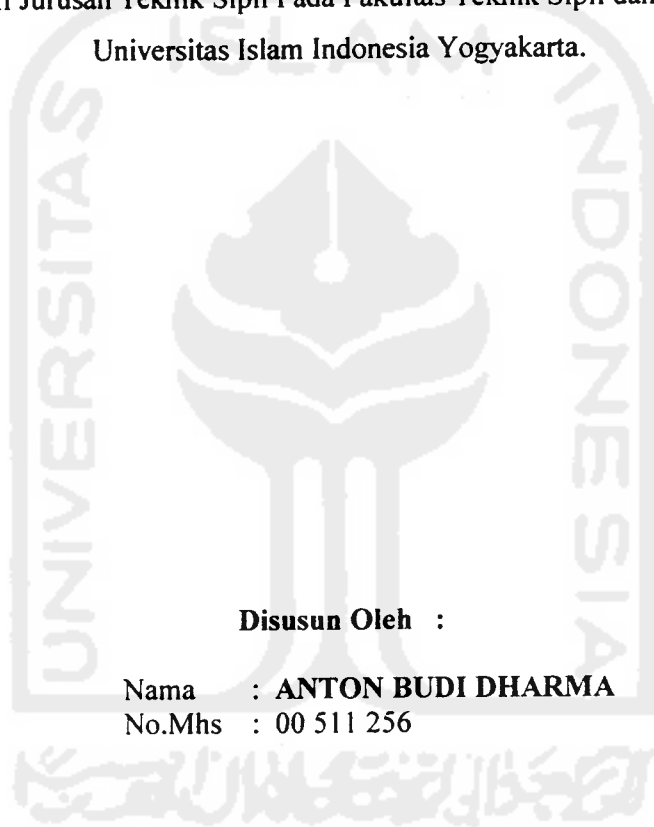
Handwritten notes and signatures, including the word 'Jalan' and 'landas pacu'.

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2005**

## **TUGAS AKHIR**

### **EVALUASI TEBAL LAPIS KERAS LANDAS PACU BANDARA ADISUTJIPTO GUNA MELAYANI PENERBANGAN INTERNASIONAL DENGAN METODE CBR, FAA DAN LCN**

Diajukan untuk Memenuhi salah satu Syarat Guna Memperoleh Gelar Sarjana  
Teknik Sipil Jurusan Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.



**Disusun Oleh :**

Nama : **ANTON BUDI DHARMA**

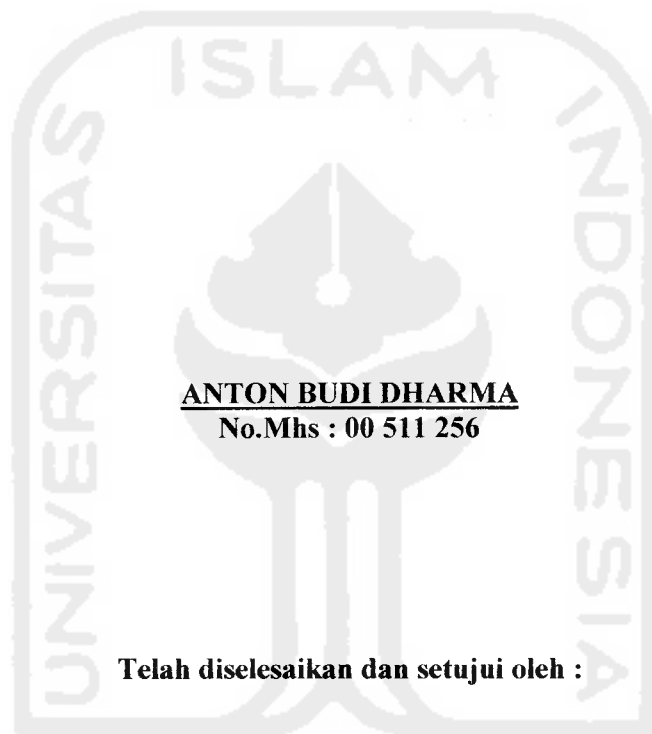
No.Mhs : **00 511 256**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2005**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**TUGAS AKHIR**

**EVALUASI TEBAL LAPIS KERAS BANDARA ADISUTJIPTO GUNA  
MELAYANI PENERBANGAN INTERNASIONAL DENGAN METODE  
CBR, FAA DAN LCN**



Telah diselesaikan dan setuju oleh :

**Ir. H. Balya Umar, MSc**  
Dosen Pembimbing I

**Ir. Moch. Sigit DS, MS**  
Dosen Pembimbing II

Tanggal : 03/05  
3

Tanggal : |

## HALAMAN PERSEMBAHAN

*Saya persembahkan skripsi ini untuk*

*Kedua orang tuaku, Ayahanda Anwar Usman dan Ibunda Siti Anla tercinta yang selalu memberikan nasihat, bimbingan, dan doa diidalam setiap langkahku, serta dorongan untuk terus menjalani hidup dengan penuh keyakinan diri.*

*Saudaraku, Adikku tercinta Dian Perlimi dan Raffiq Sukanda yang selalu memberikan semangat kepada Abangnya didalam menyelesaikan tugas akhir selama ini.*

*Teman-temanku,*

*Chan, Iwan, Feri, Emil, Dendy, Ipoel, Andy, Andrai, Wendara, Rafael serta anak-anak Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan "2000, Kopma, dan Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil UIN.*

*Yang tersayang, Nooriyani dan atas segala dorongan dan dukungan selama ini. I LOVE YOU ALL.*

*Anton Budi Dharma*

## KATA PENGANTAR



Assalaamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul “ **Evaluasi Tebal Lapis Keras Landas Pacu Bandara Adisutjipto Guna Melayani Penerbangan Internasional Dengan Metode CBR, FAA dan LCN** “. Tak lupa shalawat serta salam kepada Muhammad Rasulullah SAW . yang telah membawa umat manusia dari jaman kegelapan menuju jalan yang benar.

Laporan Tugas Akhir ini ditulis sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan jenjang strata satu (S1) di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Selama pelaksanaan penulisan laporan Tugas Akhir, penulis tidak lepas dari hambatan dan rintangan. Namun berkat dorongan dan bantuan dari berbagai pihak akhirnya penulis dapat menyelesaikan laporan ini dengan baik. Untuk itu kiranya tidak berlebihan jika pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ungkapan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Ir. H. Widodo, MSCE, Ph.D, Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. H. Munadhir, MS, Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

3. Bapak Balya Umar, Ir, H, MSc, selaku Dosen Pembimbing I dan penguji Tugas Akhir.
4. Bapak Moch. Sigit DS, Ir, H, MS, selaku Dosen Pembimbing II dan penguji Tugas Akhir.
5. Bapak Subarkah, Ir, MT, selaku dosen penguji.
6. Bapak Ir.Johni T.Pollopana, Kepala Devisi Teknik PT (persero) Angkasa Pura I Yogyakarta.
7. Bapak Agus Hidayat ST, Kadin Teknik Umum PT (Persero) Angkasa Pura I Yogyakarta.
8. Semua pihak yang telah membantu penulis selama pelaksanaan dan penyusunan Laporan Tugas Akhir.

Akhirnya besar harapan penulis semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis dan bagi siapa saja yang membacanya. Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis terbuka menerima kritik dan saran serta berdiskusi dengan pembaca.

Wassalaamu'alaikum Wr. Wr

Yogyakarta, Maret 2005

Penulis

## Intisari

*Landas pacu merupakan salah satu komponen utama dalam sistem bandar udara, yang sangat mempengaruhi kinerja dari seluruh kegiatan operasional. Pengetahuan tentang penentuan ketebalan lapis keras landas pacu sangatlah penting, agar bandar udara yang dirancang mampu memberikan pelayanan yang optimal bagi lalu lintas yang direncanakan dan dapat melayani perkembangan yang akan datang. Bandar udara Adisutjipto Yogyakarta saat ini mempunyai panjang landas pacu 2200 m, lebar 45 m, dan tebal total perkerasan 92,5 cm.*

*Penentuan tebal lapis keras landas pacu (runway) untuk bandar udara Adisutjipto Yogyakarta, dimana dengan menggunakan beberapa metode perancangan yang telah diakui oleh Internasional Civiliation Aviation Organization (ICAO). Metode ini diantaranya adalah metode CBR, LCN, dan FAA.*

*Dengan menggunakan data perancangan yang sama ditentukan tebal lapis keras landas pacu dengan menggunakan ketiga metode perancangan diatas. Perbedaan mendasar hasil perhitungan tebal lapis keras landas pacu dengan menggunakan ketiga metode tersebut terletak pada asumsi dan parameter yang digunakan pada masing-masing metode, serta prosedur perancangan yang digunakan dalam penelitian dan pengembangan permasalahan lapis keras landas pacu yang dilakukan oleh masing-masing badan penerbangan yang mengeluarkan metode tersebut, sedangkan persamaan dari ketiga metode adalah daya dukung dasar dan bahan lapis keras (surface dan base course) dinyatakan dalam nilai CBR. Kajian ulang hitungan ketebalan lapis keras landas pacu bandar udara Adisutjipto Yogyakarta menggunakan data yang didapat dari PT. Angkasa Pura I bandar udar Adisutjipto Yogyakarta.*

*Dari hasil perhitungan dengan menggunakan pesawat rencana B-737-400 untuk masing-masing metode didapat ketebalan total lapis keras landas pacu sebesar 102 cm berdasarkan metode CBR, 87,7 cm berdasarkan metode FAA, 85,0 cm berdasarkan metode LCN. Berdasarkan pada hasil perhitungan maka dapat disimpulkan bahwa metode CBR merupakan metode yang menghasilkan ketebalan total terbesar (102 cm) sedangkan LCN merupakan metode yang menghasilkan ketebalan total yang paling tipis (85,0 cm), dan masih memenuhi persyaratan untuk keamanan dan kenyamanan selama pesawat akan melakukan tinggal landas dan pendaratan .*

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	iii
INTISARI .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR ISTILAH .....	vii
DAFTAR TABEL .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	2
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Studi .....	2
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Batasan Masalah .....	3
1.6 Lokasi Penelitian .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
2.1 Umum .....	4
2.2 Lapis Keras Lentur Landas Pacu .....	6
2.2.1 Struktur Lapis Keras Lentur .....	6
1. Lapis Permukaan ( <i>Surface Course</i> ) .....	7



	2. Lapis Pondasi Atas ( <i>Base Course</i> ).....	7
	3. Lapis Pondasi Bawah ( <i>Subbase Course</i> ) .....	8
	4. Lapis Tanah Dasar ( <i>Subgrade</i> ) .....	9
2.2.2	Tegangan-Tegangan pada Lapis Keras Lentur .....	10
	1. Tegangan Akibat Pembebanan Roda Pesawat ...	11
	2. Tegangan Akibat Perbedaan Temperatur dan Kelembaman .....	11
	3. Tegangan Akibat Gesekan dan Pengereman .....	11
2.2.3	Kerusakan-Kerusakan pada Lapis Keras Lentur .....	11
	1. Retak Kulit Buaya ( <i>Alligator Cracking</i> ) .....	12
	2. Retak Pinggir ( <i>Edger Cracking</i> ).....	12
	3. Lendutan Permanen/ Alur Bekas Roda .....	12
2.3	Kapasitas Lalu lintas Udara .....	13
2.4	Pengaruh Karakteristik Pesawat Terbang .....	14
	1. Bobot Pesawat .....	14
	2. Konfigurasi Roda Pendaratan Utama .....	16
2.5	Kondisi dan Daya Dukung Tanah Dasar .....	17
2.6	Bahan Lapis Keras .....	18
<b>BAB III</b>	<b>LANDASAN TEORI</b>	
3.1	Metode Perancangan CBR ( <i>California Bearing Ratio</i> ).....	19
3.2	Metode Perancangan FAA ( <i>Federal Aviation Administration</i> ).....	27
3.3	Metode LCN ( <i>Load Classification Number</i> ) .....	32
<b>BAB IV</b>	<b>METODE PENELITIAN</b> .....	41
4.1	Metode Pengumpulan Data .....	41
	4.1.1 Jenis Data .....	41

	4.1.2 Pengumpulan Data .....	41
	4.1.3 Metode Analisis Data .....	42
	4.1.4 Bagan Alir Penelitian .....	43
<b>BAB V</b>	<b>ANALISIS PERANCANGAN DAN PEMBAHASAN ...</b>	<b>44</b>
5.1	Metode CBR .....	44
	1. Menentukan Kategori Pembebanan Landas Pacu .....	45
	2. Menentukan Tebal Lapis Keras .....	45
	3. Hasil Akhir Tebal Lapis Keras Metode CBR .....	46
	4. Analisis Terhadap Tebal Lapis Keras Landas Pacu yang Ada .....	47
5.2	Metode FAA .....	49
	1. Menentukan Pesawat Rencana .....	50
	2. Menentukan EAD Pesawat Campuran .....	50
	3. Menentukan Beban Roda Pesawat $W_1$ dan $W_2$ .....	51
	4. Menentukan EAD ( $R_1$ ) .....	52
	5. Menentukan Tebal Lapis Keras .....	55
	6. Perbandingan Tebal Lapis Keras Lentur Runway yang ada .....	57
5.3	Metode LCN .....	59
	1. Menentukan ESWL Pesawat Campuran .....	60
	2. Menentukan Nilai LCN Pesawat .....	63
	3. Hasil Akhir Tebal Lapis Keras Metode LCN .....	64
	4. Analisis Terhadap Tebal Lapis Keras Landas Pacu Yang ada .....	65
5.4	Pembahasan Perkerasan Hasil Analisis.....	67
	5.4.1 Tinjauan Umum .....	67

5.4.2	Tinjauan Teknis .....	68
1.	Metode CBR .....	68
2.	Metode FAA .....	68
3.	Metode LCN .....	69
<b>BAB VI</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>70</b>
7.1	Kesimpulan .....	70
7.2	Saran .....	71

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



## DAFTAR ISTILAH

<b>Apron</b>	Area dengan perkerasan yang digunakan pesawat untuk menaikkan, menurunkan penumpang, barang, mengisi bahan bakar, parkir dan lain-lain.
<b>Asphalt concrete</b>	Campuran agregat ( kasar dan halus ) dengan bahan pengikat aspal jenis AC.
<b>ACN</b>	( <i>Aircraft Classification Number</i> ) Bilangan penggolongan pesawat.
<b>Base Course</b>	Struktur utama pada perkerasan lentur yang terletak dibawah lapis permukaan dan diatas lapisan pondasi bawah.
<b>Bitumen</b>	Bahan ikat pada perkerasan.
<b>Binder course</b>	Lapisan yang mengikat lapis pondasi dengan lapis yang paling atas, terbuat dari agregat dengan bahan ikat bitumen.
<b>CBR</b>	( <i>California Bearing Ratio</i> ) Suatu nilai yang menunjukkan perbandingan kekuatan bahan yang diuji terhadap bahan tertentu yang dinyatakan dalam persentase.
<b>Demand</b>	Kebutuhan / permintaan pengguna jasa penerbangan.
<b>Distance between slope changes</b>	Jarak antara dua perubahan kemiringan <i>runway</i> .
<b>Domestik</b>	Dalam negeri.
<b>EAD</b>	( <i>Equivalent Annual Departure</i> ) Ekuivalen kedatangan tahunan.
<b>Elevasi</b>	Ketinggian yang diukur dari muka air laut rata-rata.
<b>Effective gradient</b>	Kemiringan melintang <i>runway</i> yang efektif.

<b>FAA</b>	<i>(Federal Aviation Administration)</i> Metode perencanaan perkerasannya dengan memasukkan sistem penggolongan tanah terpadu.
<b>LCN</b>	<i>(Load Classification Number)</i> Bilangan penggolongan beban.
<b>Landing</b>	Pendaratan pesawat.
<b>Longitudinal slope</b>	Kemiringan memanjang <i>runway</i> .
<b>Main gear</b>	Roda pendaratan utama.
<b>Manuver</b>	Gerakan berjalan pesawat pada saat lurus maupun berbelok.
<b>Maximum slope changes</b>	Perubahan kemiringan maksimum.
<b>MTOW</b>	<i>(Maximum Take Off Weight)</i> berat maksimum pesawat pada saat lepas landas.
<b>Natural subgrade</b>	Tanah dasar asli.
<b>Pavement</b>	Perkerasan yang terletak diatas tanah dasar.
<b>Prime coat</b>	Lapisan pengikat antara lapisan <i>base course</i> dengan <i>surface course</i> .
<b>PCN</b>	<i>(Pavement Classification Number)</i> Bilangan penggolongan perkerasan.
<b>Run way</b>	Area yang digunakan pesawat untuk tinggal landas maupun pendaratan.
<b>Supply</b>	Persediaan / penyediaan pengelola jasa penerbangan.
<b>Surface course</b>	Lapisan pada perkerasan yang terletak paling atas yang dibuat dari campuran agregat dengan bahan pengikat aspal.

- Sub base course** Lapisan pada perkerasan yang terletak antara lapisan pondasi atas dengan tanah dasar yang pada umumnya dibuat dari sirtu yang dihamparkan dan dipadatkan.
- Subgrade** Lapisan tanah asli yang dipadatkan atau tanah hasil galian atau timbunan yang dipadatkan.
- Takeoff** Pesawat lepas landas / terbang.
- Transit** Perpindahan penumpang dari satu pesawat ke pesawat lain.



## DAFTAR TABEL

	Halaman
<b>Tabel 2.1</b>	Faktor ekuivalen untuk lapis pondasi atas ..... 8
<b>Tabel 2.2</b>	Faktor ekuivalen untuk lapis pondasi bawah ..... 9
<b>Tabel 2.3</b>	Kapasitas tahunan praktis landas pacu untuk perencanaan jangka panjang ..... 14
<b>Tabel 2.4</b>	Faktor konversi roda pendaratan pesawat ..... 16
<b>Tabel 3.1</b>	Persyaratan perancangan metode CBR ..... 25
<b>Tabel 3.2</b>	Ketebalan minimum untuk pembebanan pesawat berat ..... 25
<b>Tabel 3.3</b>	Ketebalan minimum untuk pembebanan pesawat midium ..... 26
<b>Tabel 3.4</b>	Ketebalan minimum untuk pembebanan pesawat ringan ..... 26
<b>Tabel 3.5</b>	Koreksi tebal lapis untuk tingkat EAD total > 25.000 ..... 31
<b>Tabel 3.6</b>	Hubungan antara beban roda tunggal, tekanan roda dan nilai LCN..... 34
<b>Tabel 5.1</b>	Pergerakan dan karakteristik pesawat menurut jenis pesawat .... 45
<b>Tabel 5.2</b>	Hasil akhir tebal lapis keras lentur metode CBR ..... 46
<b>Tabel 5.3</b>	Perbandingan tebal lapis keras landas pacu metode CBR ..... 47
<b>Tabel 5.4</b>	Pemilihan pesawat rencana ..... 50
<b>Tabel 5.5</b>	Konversi ketipe roda pendaratan utama pesawat rencana ..... 50
<b>Tabel 5.6</b>	Perhitungan EAD pesawat rencana ..... 55
<b>Tabel 5.7</b>	Tebal lapis keras lentur berdasarkan pesawat rencana ..... 57

<b>Tabel 5.8</b>	Perbandingan tebal lapis keras lentur <i>runway</i> metode FAA ...	57
<b>Tabel 5.9</b>	Perhitungan nilai ESWL ( <i>Equivalent Single Wheel Load</i> ) ...	63
<b>Tabel 5.10</b>	Nilai LCN berdasarkan ESWL dan tekanan roda .....	63
<b>Tabel 5.11</b>	Hasil akhir tebal lapis keras metode LCN .....	65
<b>Tabel 5.12</b>	Perbandingan tebal lapis keras landas pacu metode LCN .....	65
<b>Tabel 5.13</b>	Hasil perancangan tebal lapis keras lentur landas pacu .....	67





## DAFTAR GAMBAR

Halaman

<b>Gambar 3.1</b>	Layout <i>traffic areas</i> untuk perencanaan lapis keras lentur dengan metode CBR .....	22
<b>Gambar 3.2</b>	Kurva desain lapis keras untuk pembebanan pesawat berat dengan konfigurasi roda pendaratan utama <i>dual tandem</i> .....	23
<b>Gambar 3.3</b>	Kurva desain lapis keras untuk pembebanan pesawat medium dengan konfigurasi roda pendaratan utama <i>dual wheel</i> .....	23
<b>Gambar 3.4</b>	Kurva desain lapis keras untuk pembebanan pesawat ringan dengan konfigurasi roda pendaratan utama <i>single wheel</i> .....	24
<b>Gambar 3.5</b>	Kurva penggoiongan beban standar .....	33
<b>Gambar 3.6</b>	Kurva hubungan bidang kontak – beban kegagalan .....	35
<b>Gambar 3.7</b>	Nilai LCN dinyatakan dengan ESWL, tekanan roda dan bidang kontak .....	37
<b>Gambar 3.8</b>	Analisis ESWL untuk pesawat <i>dual wheel</i> .....	38
<b>Gambar 3.9</b>	Analisis ESWL untuk pesawat <i>dual tandem</i> .....	39
<b>Gambar 4.0</b>	Diagram Alir Evaluasi .....	43
<b>Gambar 5.1</b>	Bagan alir analisis tebal lapis keras landas pacu metode CBR .....	44
<b>Gambar 5.2</b>	Bagan alir analisis tebal lapis keras landas pacu metode FAA .....	49
<b>Gambar 5.3</b>	Bagan alir analisis tebal lapis keras landas pacu metode LCN .....	59



## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1** Denah Bandara Adisutjipto Yogyakarta
- Lampiran 2** Situasi Landasan
- Lampiran 3** Potongan Melintang
- Lampiran 4** Spesifikasi Bandar Udara
- Lampiran 5** Pra Rencana Pengembangan Terminal Dan Bandara  
Adisutjipto Yogyakarta
- Lampiran 6** Data Landasan Pacu Bandar Udara Adisutjipto Yogyakarta
- Lampiran 7** Komposisi Hinged Contraction Joint Lapis keras Landas  
Pacu Bandara Adisutjipto
- Lampiran 8** Ketebalan Dan Komposisi lapisan konstruksi Landas Pacu  
Bandara Adisutjipto
- Lampiran 9** Detail Struktur Lapisan Perkerasan Landasan, Taxiway dan  
Apron
- Lampiran 10** Grafik Penentuan Tebal Perkerasan Lentur Untuk Pesawat  
F-27 dan F-28
- Lampiran 11** Kurva Lapis Keras Lentur untuk B-737-300/400/500
- Lampiran 12** Kurva Perencanaan Tebal Minimum Base Course
- Lampiran 13** Kurva Perencanaan Lapis Keras Lentur Untuk Landas Pacu  
Metode LCN
- Lampiran 14** Jadwal Penerbangan Reguler Bandara Adisutjipto  
Yogyakarta.

- Lampiran 15** Data Lalu lintas Angkutan Udara Bandara Udara Adisutjipto 1997-2002.
- Lampiran 16** Data Jumlah Penumpang Yang Melalui Bandar Udara Adisutjipto Pada Hari Puncak 1997-2002.
- Lampiran 17** Struktur Lapis Keras Landas Pacu Adisutjipto Yogyakarta dengan menggunakan metode CBR.
- Lampiran 18** Struktur Lapis Keras Landas Pacu Adisutjipto Yogyakarta dengan menggunakan metode FAA.
- Lampiran 19** Struktur Lapis Keras Landas Pacu Adisutjipto Yogyakarta dengan menggunakan metode LCN.
- Lampiran 20** Struktur Lapis Keras Landas Pacu Adisutjipto Yogyakarta dengan menggunakan metode CBR,FAA dan LCN terhadap tebal landas pacu yang ada.
- Lampiran 21** Struktur Lapis Keras Landas Pacu Adisutjipto Yogyakarta dengan tebal landas pacu hasil konversi analisis dengan menggunakan ketiga metode CBR, FAA dan LCN terhadap tebal landas pacu yang ada.
- Lampiran 22** General Characteristics model B-737-300
- Lampiran 23** General Dimension model B-737-300
- Lampiran 24** General Dimension model B-737-400
- Lampiran 25** General Dimension model B-737-500
- Lampiran 26** Aircraft Characteristics Related to Airport Design.
- Lampiran 27** Characteristics of Principal Transport Aircraft.

# B A B I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Bandar Udara Adisutjipto sebagai salah satu pintu gerbang moda transportasi Yogyakarta yang merupakan kota budaya, niaga dan daerah tujuan wisata Indonesia, dituntut adanya peningkatan pelayanan transportasi yang memadai untuk kelancaran proses pergerakan arus penumpang maupun barang. Angka permintaan akan jasa transportasi udara terus meningkat dari tahun ketahun meskipun pada saat Indonesia mengalami krisis ekonomi sempat terjadi penurunan. Dengan diberlakukannya era pasar bebas Asia diharapkan penggunaan jasa transportasi udara akan bertambah dengan semakin meningkatnya pertumbuhan ekonomi daerah.

Untuk mencapai daya guna dan hasil guna yang optimal dan dalam rangka meningkatkan pelayanan di bidang transportasi udara, maka Direktorat Jendral Perhubungan Udara, Departemen Perhubungan Provinsi DI. Yogyakarta berencana untuk memperluas Bandar Udara Adisutjipto.

Tebal lapis keras landas pacu merupakan salah satu komponen utama dalam sistem bandar udara yang sangat mempengaruhi kinerja dari seluruh kegiatan operasionalnya. Bandar udara Adisutjipto yang saat ini mempunyai panjang landas pacu 2200 m, lebar 45 m, dan tebal 92,5 cm dengan melayani penerbangan pesawat B-737-400, B-737-300 dan MD 82 secara penuh, dirasakan perlu diadakan analisis ulang terhadap tebal lapis keras landas pacu yang

diperlukan untuk melayani beban yang diberikan berulang kali oleh pesawat tanpa mengalami kerusakan yang berarti.

Mengingat pentingnya peranan landas pacu dalam hal kenyamanan pendaratan dan pemberangkatan, maka dalam tugas akhir ini akan dianalisis kemampuan lapis keras lentur landas pacu untuk menampung lalu lintas udara dan menahan beban pesawat. Judul yang diambil adalah "Evaluasi Tebal Lapis Keras Landas Pacu Bandara Adisutjipto Guna Melayani Penerbangan Internasional Dengan Metode CBR, FAA dan LCN.

## 1.2 Rumusan Masalah

Masalah dititik beratkan pada tebal lapis keras landas pacu (*runway*) yang sudah ada apakah masih dapat melayani penerbangan dengan penambahan jenis pesawat berbadan lebar yaitu pesawat B737-300 dan B737-400.

## 1.3 Tujuan Studi

Tujuan dari penulisan ini adalah:

1. Evaluasi kuatnya lapis keras landas pacu dalam melayani penerbangan pesawat berbadan lebar B-737-400 dan mengoptimalkan perencanaan dan perancangan landas pacu (*runway*).
2. Bahwa nilai pembebanan yang ditimbulkan oleh pesawat terhadap tebal lapis keras landas pacu (*runway*), guna mendapatkan tebal total lapis keras yang menggunakan ketiga metode yaitu CBR, FAA dan LCN.

#### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Bagi pihak pengelola bandar udara Adisutjipto dapat mengetahui apakah struktur lapis keras landas pacu (*runway*) masih memungkinkan melayani penerbangan dengan pesawat berbadan lebar B-737-400 dimasa yang akan datang.
2. Untuk mahasiswa dapat mengetahui dan menghitung struktur perkerasan lapis keras landas pacu suatu bandara, agar dapat menjadi pengalaman dilapangan nantinya.

#### 1.5 Batasan Masalah

Dalam penyusunan tugas akhir ini analisis hanya dibatasi pada:

1. Pengamatan hanya dilakukan pada Penerbangan terjadwal pada bandar udara Adisutjipto.
2. Perkerasan yang dihitung adalah tebal perkerasan *runway* dan tidak membahas geometrik *runway*.
3. Metode perhitungan untuk tebal perkerasan dengan menggunakan metode CBR, FAA dan LCN.
4. Jumlah pesawat diasumsikan tidak dipengaruhi oleh perubahan penyelenggara atau operator penerbangan.

#### 1.6 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini adalah bandar udara Adisutjipto yang berada di jalan Solo km. 9 Yogyakarta.

## B A B II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Umum

Komponen pokok bandar udara Landas Pacu (*Runway*) yang digunakan untuk pendaratan (*landing*) dan tinggal landas (*take off*) pesawat. Sedangkan landas hubung (*taxiway*) adalah komponen dari *airport* yang digunakan untuk berjalan pesawat dari landas pacu ke tempat parkir pesawat (*apron*). Secara umum landas pacu (*Runway*) dan landas hubung (*taxiway*) diatur sedemikian rupa untuk tujuan :

1. Memberikan pemisahan lalu lintas udara antara yang mendarat dan lepas landas.
2. Memberikan jarak yang sependek mungkin antara daerah terminal dengan ujung landas pacu.
3. Meminimalkan gangguan dalam operasi pendaratan, lepas landas dan gerakan dilandasan hubung.

Struktur lapis keras adalah suatu konstruksi yang terdiri dari beberapa lapisan dengan daya dukung dan ketebalan yang berlainan dengan kualitas bahan makin keatas semakin baik. Fungsi utama lapis keras adalah untuk mendukung beban lalu lintas yang bekerja diatasnya secara aman dan nyaman dalam segala macam kondisi cuaca.



Menurut (Horonjeff R./McKelvey,1988) berat pesawat terbang menentukan tebal perkerasan landas pacu, tebal perkerasan landas hubung, tebal perkerasan apron dan panjang landas pacu lepas landas dan pendaratan.

Sistem landas pacu bandar udara (Pranoto,1998) [hal : 42] terdiri dari :

#### 1. Struktur Perkerasan

Struktur Perkerasan ini berfungsi untuk mendukung beban akibat pesawat pesawat, yaitu beban struktur, kemampuan manuver, kendali, stabilitas, kriteria dimensi dan operasi lainnya.

#### 2. Bahu Landasan

Perkerasan struktur yang berfungsi menahan erosi akibat hembusan pesawat dan penempatan peralatan pemeliharaan dan keadaan darurat.

#### 3. Bantalan Hembusan (*Blast Pad*)

suatu daerah yang berfungsi untuk mencegah erosi pada permukaan yang dekat dengan ujung-ujung landas pacu yang menerima hembusan tenaga dari pesawat yang terus menerus.

#### 4. Daerah aman landas pacu

Daerah aman landas pacu adalah suatu area yang harus mampu mendukung peralatan pemeliharaan dan mendukung pesawat yang karena suatu hal keluar dari perkerasan. Daerah ini terdapat drainasi, perkerasan struktur serta bahu landasan.

Batasan masalah perhitungan landas pacu sebagai berikut :

1. Perhitungan berdasarkan pada peraturan yang dikeluarkan oleh FAR (*Federal Aviation Regulation*),

2. Jenis pesawat terbang yang bermesin turbin,
3. Pengaruh ketinggian dari permukaan laut, suhu udara dan kelandaian diabaikan,
4. Kondisi pesawat terbang tetap untuk semua jenis dan usia pesawat.

## **2.2 Khusus**

### **2.2 Lapis Keras Lentur Landas Pacu**

Struktur lapis keras landas pacu adalah suatu konstruksi yang dibuat untuk mendukung beban pesawat yang berhubungan dengan struktur, stabilitas, kriteria, dimensi, kemampuan manuver, pengendalian dan operasi lainnya.

Beberapa keuntungan lapis keras lentur digunakan untuk landas pacu dibandingkan dengan jenis lapis keras kaku, antara lain :

1. Pemeliharaan yang berkala relatif lebih murah
2. Beban yang didukung merupakan beban dinamik (pesawat yang bergerak).
3. Bagi perusahaan penerbangan, yaitu keawetan (*durability*) roda pesawat dengan muka landas pacu lebih lama.

#### **2.2.1 Struktur Lapis Keras Lentur**

Konstruksi lapis keras lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakan diatas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya kelapisan di bawahnya (Sukirman Silvia,1992).

Lapis keras lentur landas pacu yang terdiri dari beberapa lapisan berfungsi menyediakan lapisan yang aman dan nyaman bagi pesawat untuk mendarat dan tinggal landas, dan selama umur rencana tidak mengalami kerusakan yang berarti.

### 1. Lapis Permukaan ( Surface course )

Lapis permukaan adalah lapisan paling atas dari suatu perkerasan yang dibuat dari campuran agregat dengan bahan pengikat aspal. Mempunyai tekstur kekesatan (*skid resistance*), kekasaran (*roughness*), kerataan(*eveness*), meneruskan, dan menyebarkan beban yang didukung lapis atas ke lapis base course (Wardhani S.,1992), Terdiri dari :

- a. **Wearing Course**, berfungsi sebagai lapis aus yang dapat diganti /dikupas , jika permukaan lapis keras mengalami kerusakan.
- b. **Binder Course**, berfungsi menyediakan lapis ikat yang rata bagi wearing course dan menerima beban dari wearing course yang kemudian diteruskan pada lapis pondasi dibawahnya.

Lapis permukaan berfungsi untuk mencegah daya tembus air permukaan ke lapisan dibawahnya,memberi kebebasan permukaan yang terikat dari partikel-partikel bebas yang dapat membahayakan pesawat terbang maupun penumpang, menahan tekanan gesek yang disebabkan oleh roda pesawat, dan menyempurnakan kualitas tekstur lapisan tersebut sehingga tidak mudah slip.

### 2. Lapis Pondasi Atas ( Base Course )

Lapis Pondasi atas adalah bagian struktur utama pada perkerasan lentur yang terletak dibawah lapis permukaan yang dibuat dari material yang dicampur dengan semen atau aspal, bisa juga dari bahan-bahan alam tanpa campuran(Basuki Heru,1986).Tebal minimum yang diajurkan oleh *Corps of Engineers* adalah 6 in, tetapi umumnya digunakan tebal yang lebih besar.

Lapisan ini berfungsi sebagai :

### 1. Lapis Penyebar Beban

Beban yang diterima dari lapis permukaan didistribusikan kelapis pondasi bawah dan tanah dasar.

2. Menahan tekanan vertikal yang cenderung untuk memindahkan deformasi dari lapisan permukaan.

3. Menahan perubahan volume yang diakibatkan oleh perubahan kandungan kelembaban.

Wardhani S. (1992), menyatakan bahwa faktor ekuivalen yang menunjukkan rasio ketebalan substitusi dapat digunakan pada lapis pondasi atas yang distabilisasi. Ketebalan material yang distabilisasi dapat dihitung dengan membagi kebutuhan ketebalan dasar dengan faktor ekuivalen, yang dirangkum dalam tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1 Faktor ekuivalen untuk lapis pondasi atas

No.	Material	Faktor Ekuivalen
1	Lapis permukaan berbitumen	1.2 – 1.6
2	Lapis pondasi atas berbitumen	1.2 – 1.6
3	Lapis pondasi atas berbitumen, digelar dingin	1.0 – 1.2
4	Lapis pondasi atas, digelar setempat	1.0 – 1.2
5	Lapis pondasi atas, dengan bahan pengikat semen	1.2 – 1.6
6	Lapis pondasi atas dari campuran tanah dan semen	Tidak berlaku
7	Lapis pondasi atas dari batu pecah ( CBR 80%)	1.0
8	Lapis pondasi bawah	Tidak berlaku

Sumber : Wardhani S. [1992]

### 3. Lapis Pondasi Bawah ( Subbase Course )

Lapisan pondasi bawah adalah lapisan perkerasan yang terletak antara lapis pondasi atas dan tanah dasar yang pada umumnya dibuat dari sirtu yang dihamparkan dan dipadatkan. Lapisan ini berfungsi sebagai :

### 1. Lapis Penyebar Beban

Beban yang diterima dari lapis pondasi atas, diteruskan ke lapis tanah dasar. Lapis pondasi bawah ini mempunyai intensitas tegangan yang lebih rendah karena tidak menerima beban secara langsung.

### 2. Lapis peresapan

Lapis ini meresapkan air dan mencegah naiknya partikel-partikel halus dari lapis tanah dasar ke lapis pondasi atas.

Wardhani S (1992), menyatakan bahwa faktor ekuivalen yang menunjukkan rasio ketebalan substitusi dapat digunakan pada lapis pondasi bawah yang distabilisasi. Ketebalan material yang distabilisasi dapat dihitung dengan membagi kebutuhan tebal dasar granular dengan faktor ekuivalen, yang dirangkum dalam tabel 2.2 berikut ini

Tabel 2.2 Faktor ekuivalen untuk lapis pondasi bawah

No.	Material	Faktor Ekuivalen
1	Lapis permukaan berbitumen	1.7 – 2.3
2	Lapis pondasi atas berbitumen	1.7 – 2.3
3	Lapis pondasi atas berbitumen, digelar dingin	1.5 – 1.7
4	Lapis pondasi atas, digelar setempat	1.5 – 1.7
5	Lapis pondasi atas, dengan bahan pengikat semen	1.6 – 2.3
6	Lapis pondasi atas dari campuran tanah dan semen	1.5 – 2.0
7	Lapis pondasi atas dari batu pecah	1.4 – 2.0
8	Lapis pondasi bawah ( CBR 20% )	1.0

Sumber : Wardhani S. [1992]

### 4. Lapis Tanah Dasar ( *Subgrade* )

Lapis tanah dasar adalah lapis dasar yang mendukung lapis keras secara keseluruhan. *Subgrade* ini menahan tekanan dari beban di atasnya, sehingga tekanan yang diterima oleh subgrade lebih kecil dibandingkan dengan tekanan pada lapisan di atasnya.

Tanah dasar (*subgrade*) menerima intensitas pembebanan yang paling kecil dan tegangan-tegangan batas biasanya terdapat pada permukaan atas tanah dasar (*subgarde*) karena besarnya tegangan berkurang sesuai dengan bertambahnya kedalaman.

Kekuatan dan keawetan kontruksi perkerasan lentur sangat dipengaruhi oleh sifat-sifat dan daya dukung tanah dasarnya. Permasalahan tanah dasar yang sering ditemui adalah perubahan bentuk tetap dari jenis tanah tertentu akibat beban pesawat, sifat mengembang dan menyusut akibat perubahan kadar air, tidak meratanya daya dukung akibat pelaksanaan yang kurang baik, perbedaan penurunan dan kondisi geologis setempat.

### **2.2.2 Tegangan - Tegangan pada Lapis Keras Lentur**

Struktur lapis keras lentur yang didirikan diatas tanah dasar, dimaksudkan agar tegangan yang terjadi sebagai akibat dari beban lalu lintas diatasnya dapat disebarkan secara merata kebawah (tegangan yang diterima semakin kecil kebawah) sehingga beban yang diterima oleh tanah dasar (*subgrade*) tidak melampaui daya dukung tanah yang ada.

Jenis tegangan yang mempengaruhi lapis keras landas pacu (R.Horonjeff dan F.X.Mc Kelvey,1993), antara lain:

1. Tegangan akibat pembebanan roda pesawat
2. Tegangan akibat perbedaan temperatur dan kelembaman
3. Tegangan akibat gesekan dan pengereman.

### **1. Tegangan Akibat Pembebanan Roda Pesawat**

Secara analitis, tebal perkerasan lapis keras dirancang atas dasar tekanan, regangan, dan perpindahan pada bidang pemisah dibawah pusat daerah yang dibebani. Dua kriteria rancangan utama yang dipergunakan adalah nilai modulus elastisitas dan ratio poissons untuk setiap lapisan.

### **2. Tegangan Akibat Perbedaan Temperatur dan Kelembaman**

Kondisi lingkungan yang melingkupi lapis keras sangat berpengaruh terhadap lapis permukaan. Hal ini lapis keras terletak pada tempat yang tidak terlindung, maka perbedaan temperatur dan kelembaman sangat mempengaruhi bentuk dari lapis permukaan. Selain suhu dan tekanan udara yang sangat tinggi akan menambah gaya pengereman yang besar, sehingga kemampuan udara untuk melawan gaya sangat kecil.

### **3. Tegangan Akibat Gesekan dan Pengereman**

Tegangan akibat gesekan ini, ditimbulkan oleh pesawat pada saat manuver (tinggal landas/ mendarat). Gaya gesek yang terbesar diberikan oleh roda pada saat pesawat mendarat dan melakukan pengereman. Hal ini dapat dilihat dengan adanya pancaran kilat api antara roda pendaratan pesawat dengan lapis keras landas pacu, terutama pada malam hari.

#### **2.2.3 Kerusakan – Kerusakan pada Lapis Keras Lentur**

Pemeliharaan dan pemantauan terhadap kinerja landas pacu dapat dilakukan secara periodik, agar kerusakan-kerusakan yang terjadi pada lapis keras dapat segera diketahui dan diperbaiki. Beberapa jenis kerusakan yang sering terjadi pada lapis keras lentur landas pacu, antara lain :

1. Retak kulit buaya (*aligator cracking*)
2. Retak pinggir (*edger cracking*)
3. Lendutan permanen / alur bekas roda (*rutting*)

#### **1. Retak Kulit Buaya (*Alligator Cracking*)**

Retak kulit buaya adalah retak yang membentuk celah-celah saling berkaitan atau kotak kecil-kecil yang menyerupai kulit buaya. Retak ini disebabkan oleh mutu bahan lapis keras yang kurang baik, pelapukan permukaan, dan lapisan keras kurang stabil atau dalam keadaan jenuh air. Daerah terjadinya retak ini pada umumnya tidak terlalu luas, mungkin hal ini disebabkan oleh repetisi beban lalu lintas yang melampaui batas beban yang dapat didukung oleh lapis permukaan.

#### **2. Retak Pinggir (*Edger Cracking*)**

Retak pinggir adalah retak arah memanjang atau melintang pada landas pacu, biasanya retak ini diikuti dengan retak cabang yang mengarah ke bahu lapis keras. Retak ini disebabkan oleh sistem drainasi yang kurang baik dan perbedaan penurunan( *differential settlement* ) pada tanah dasar.

#### **3. Lendutan Permanen / Alur Bekas Roda (*Rutting*)**

Kerusakan ini terjadi karena lapisan menerima beban yang berlebihan atau tidak sesuai dengan perancangan semula. Salah satu faktor penyebab utama lendutan pada struktur lapis keras disebabkan adanya pergerakan bahan pembentukan lapis keras dalam jumlah yang tidak diinginkan.



Alur dapat merupakan tempat menggenangnya air hujan yang jatuh di atas permukaan landas pacu, sehingga mengurangi tingkat kenyamanan, dan akhirnya dapat menimbulkan retak.

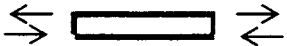
### **2.3 Kapasitas Lalu Lintas Udara**

(R. Horonjeff dan F.X. McKelvey, 1993), mendefinisikan kapasitas dalam dua definisi. Pertama, kapasitas adalah jumlah operasi pesawat terbang selama jangka waktu tertentu, yang berkesesuaian dengan tingkat penundaan rata-rata yang dapat diterima (kapasitas praktis). Kedua, kapasitas adalah jumlah operasi pesawat terbang maksimum yang dapat dilakukan pada suatu bandar udara selama jangka waktu tertentu, ketika terdapat permintaan akan pelayanan yang berkesinambungan itu, berarti selalu terdapat pesawat yang siap untuk lepas landas.

Perbedaan penting kedua definisi kapasitas tersebut, bahwa kapasitas praktis dinyatakan dalam penundaan, sedangkan kapasitas ultimit tidak dinyatakan dalam penundaan. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa kapasitas ultimit mencerminkan kemampuan bandar udara untuk melayani pesawat selama jangka waktu tertentu pada kegiatan puncak.

Hubungan konfigurasi landas pacu dengan kapasitas tahunan praktis landas pacu untuk perencanaan jangka panjang, dapat dilihat dalam tabel 2.3 berikut ini.

Tabel 2.3 Kapasitas tahunan praktis landas pacu untuk perencanaan jangka panjang

Konfigurasi Landas Pacu	Mix index, % ( C + 3D )	Kapasitas, operasi per jam		Volume pelayanan Tahunan, operasi per tahun
		VFR	IFR	
 Arrivals = Departures	0-20	98	59	230.000
	21-50	74	57	195.000
	51-80	63	56	205.000
	81-120	55	53	210.000
	121-180	51	50	240.000

(Hanya diambil untuk konfigurasi landas pacu tunggal/single runway)

Sumber : R.Horonjeff dan F.X. McKelvey (1994)

Keterangan : VFR ( Visual Flight Rules )

IFR ( Instrument Flight Rules )

C ( Percent aircraft in class C )

3D ( Percent aircraft in class D )

## 2.4 Pengaruh karakteristik Pesawat Terbang

### 1. Bobot Pesawat

Dalam perencanaan perkerasan harus mempertimbangkan komponen dasar yang memberi bobot suatu pesawat selama mendarat dan lepas landas karena berat pesawat dan komponen-komponen beratnya merupakan salah satu faktor utama dalam menentukan ketebalan perkerasan . Jenis pesawat yang berhubungan dengan operasi penerbangan sebagai berikut :

#### a. Bobot Kosong Operasi (OWE = *Operation Weight Empty*)

Bobot kosong operasi adalah bobot dasar pesawat termasuk awak dan peralatan pesawat tanpa muatan dan bahan bakar yang besarnya tergantung konfigurasi tempat duduk.

#### b. Bobot Bahan Bakar Kosong (ZFW = *Zero Fuel Weight*)

Bobot bahan bakar kosong adalah bobot operasi ditambah dengan berat bahan bakar.

c. Bobot Muatan (*Payload*)

Bobot muatan adalah jumlah bobot penumpang, bagasi, barang muatan lainnya.

d. Muatan Struktur Maksimum

Muatan struktur maksimum adalah beban maksimum berupa penumpang dan barang yang diijinkan diangkut oleh pesawat. Secara teoritis muatan struktur maksimum adalah selisih antara bobot bahan bakar kosong dengan bobot kosong operasi.

e. Bobot Lerengan Maksimum (MRW = *Maksimum Ramp Weight*)

Bobot lerengan maksimum adalah bobot maksimum yang diijinkan untuk melakukan pergerakan di darat termasuk bahan bakar untuk jalan perlahan dan perpindahan.

f. Bobot Lepas Landas Struktur Maksimum (MTOW = *Maksimum Take Off Weight*)

Bobot lepas landas struktur maksimum adalah bobot maksimum yang meliputi berat kosong operasi, bahan bakar dan muatan yang diijinkan pada saat pesawat akan lepas landas.

g. Bobot Pendaratan Struktur Maksimum (MLW = *Maksimum Landing Weight*).

Bobot pendaratan struktur maksimum adalah bobot pesawat pada saat akan mendarat. Pada saat mendarat bobot pesawat merupakan

jumlah dari bobot kosong operasi, muatan dan cadangan bahan bakar.

#### h. Bobot Statik Roda Pendaratan Utama dan Roda Depan

Pembagian bobot diantara roda pendaratan utama dan roda depan tidak tetap, tergantung pada jenis pesawat dan letak titik bobot pesawat.

Untuk perencanaan perkerasan dianggap 5 % dari bobot pesawat dipikul oleh roda depan dan 95 % sisanya didukung oleh roda utama.

## 2. Konfigurasi Roda Pendaratan Utama

Konfigurasi roda pendaratan utama pesawat (R.Horenjeff & F.X. Kelvey, 1988) sangat berpengaruh terhadap perancangan tebal lapis keras selain berat pesawat itu sendiri. Konfigurasi ini dirancang untuk menyerap gaya-gaya yang ditimbulkan selama melakukan pendaratan (semakin besar gaya yang ditimbulkan semakin kuat roda yang digunakan) dan untuk menahan beban yang lebih kecil dari beban pesawat lepas landas maksimum. Konfigurasi roda pesawat dapat dilihat pada tabel 2.4

Tabel 2.4 Faktor konversi roda pendaratan pesawat

Poros roda pendaratan	Poros roda pendaratan pesawat rencana	Faktor pengali
Roda tunggal	Roda ganda	0,8
	Tandem ganda	0,5
Roda ganda	Roda tunggal	1,3
	Tandem ganda	0,5
Tandem ganda	Roda tunggal	2,0
	Roda ganda	1,7
Tandem ganda dua	Roda ganda	1,7
	Tandem ganda	1,0

Sumber : Horonjeff & Kelvey (1988)

Proses sistem perencanaan bandar udara yang berkesinambungan diperlukan untuk memenuhi kebutuhan transportasi udara yang dapat memenuhi kebutuhan transportasi udara yang dapat berubah sesuai dengan perubahan permintaan pelayanan penerbangan, kebijaksanaan pemerintah, teknologi baru dan berbagai faktor lainnya.

Setiap perencanaan harus selalu disertai alternatif perencanaan lebih lanjut. Pilihan terhadap perencanaan yang ada memberikan rasio terbesar antara keuntungan terhadap investasi, dan ada yang memiliki kemungkinan rasio terbesar untuk dipilih sebagai rasio rancangan perencanaan.

Perencanaan lapis keras landas pacu, dirancang berdasarkan :

1. Kapasitas lalu lintas udara.
2. Karakteristik pesawat terbang.
3. Kondisi dan daya dukung tanah dasar.
4. Bahan lapis keras.

## **2.5 Kondisi dan Daya Dukung Tanah Dasar**

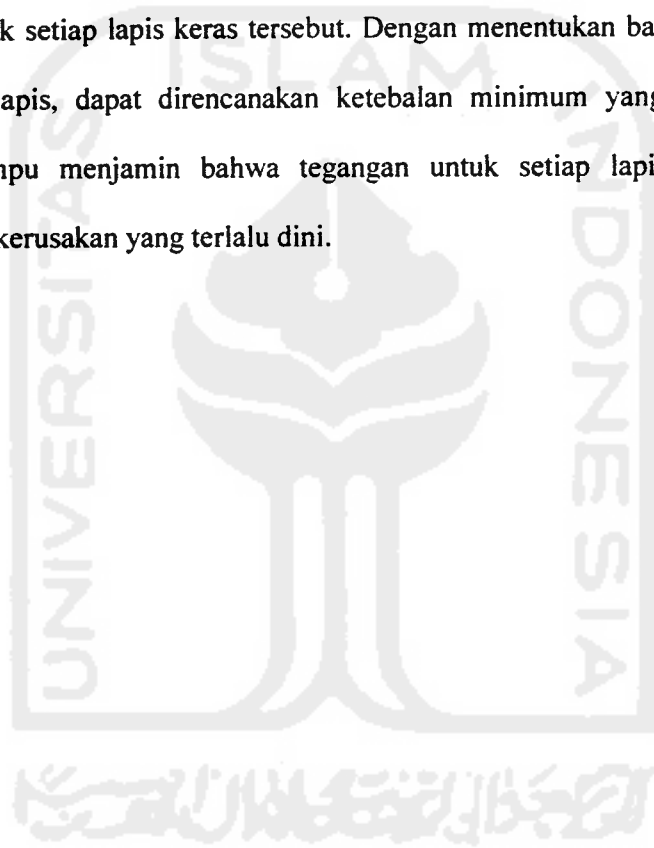
Tanah dasar adalah lapis dasar pendukung struktur lapis keras lentur, yang berguna sebagai lapisan terakhir untuk menahan beban yang diterima dari lapis pondasi bawah (*subbase course*). Untuk mengetahui kondisi daya dukung tanah dasar, harus dilakukan pengujian kepadatan tanah dengan cara menggali tanah pada lokasi landas pacu (*test CBR lapangan*), dan mengambil sampel tanah untuk dilakukan *test CBR* di laboratorium.

Untuk perancangan lapis keras lentur landas pacu bandar udara Adisutjipto Yogyakarta, pada tanah dasar dilakukan perbaikan dengan cara pemadatan tanah

dasar setempat, sehingga diperoleh nilai CBR 6% dan memenuhi persyaratan ASTM D-154-66 & D-1883-73 (Soaked CBR, Field CBR). Selanjutnya untuk keperluan perancangan, pada tanah dasar digunakan parameter nilai CBR minimum 6% terdapat pada lampiran 4 dan 5.

## **2.6 Bahan Lapis Keras**

Perencanaan bahan lapis keras, dilakukan untuk menentukan bahan penyusun untuk setiap lapis keras tersebut. Dengan menentukan bahan penyusun untuk setiap lapis, dapat direncanakan ketebalan minimum yang dibutuhkan, sehingga mampu menjamin bahwa tegangan untuk setiap lapis tidak akan menimbulkan kerusakan yang terlalu dini.



## B A B III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1 Metode Perancangan CBR ( *California Bearing Ratio* )

Metode CBR pertama kali dikembangkan oleh *California Division of Highways*, 1928. Metode CBR kemudian dipakai oleh *Corps of Engineers, US Army* untuk keperluan bandar udara militer, setelah pecah perang dunia II.

Pemakaian metode CBR dalam perencanaan penentuan ketebalan lapis pondasi bawah, pondasi atas, dan lapis permukaan yang dibutuhkan dengan menggunakan beberapa kurva perencanaan dan pengujian tanah, telah memenuhi kriteria – kriteria pemilihan metode perencanaan. Syarat-syarat untuk pemilihan metode tersebut (R.Horonjeff & F.X McKelvey, 1993), adalah :

1. Kemudahan prosedur pengujian tanah dasar dan bagian-bagian perkerasan lainnya.
2. Menghasilkan perkerasan yang diinginkan berdasarkan pengalaman.
3. Dapat mengatasi masalah bandar udara dalam waktu relatif singkat.

Prinsip metode CBR ini, nilai lapis keras dinyatakan dalam CBR, yaitu suatu nilai yang menunjukkan perbandingan kekuatan bahan yang diuji terhadap bahan tertentu yang dinyatakan dalam persentase. Pengujian CBR pada masing-masing lapis keras, adalah indeks kuat geser lapisan tersebut. Contoh CBR 50, berarti beban yang dibutuhkan bagi torak untuk mempenetrasi setiap sampel lapis keras pada kedalaman tertentu, sebesar separuh dari yang dibutuhkan piston untuk mempenetrasi batu pecah standar pada kedalaman yang sama.

Analisis dari seluruh data pelayanan yang tersedia untuk prototip bandar udara, menunjukkan bahwa kriteria perancangan metode CBR dengan beban roda tunggal, dapat dinyatakan dalam parameter: tebal perakar pangkat dua dari bidang kontak ( $t/\sqrt{A}$ ), dan CBR per tekanan roda, serta memisahkan beban kegagalan tetapi bukan beban kegagalan untuk operasi yang mendekati kapasitas (kurang lebih 5000 lintasan).

Pernyataan matematis untuk hubungan parameter tersebut, dapat dinyatakan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$t = \sqrt{\frac{P}{8,1(CBR)} \cdot \frac{A}{\pi}} \dots\dots\dots(3-1)$$

dengan : t = tebal rencana (in),  
P = beban roda tunggal (lbs),  
A = bidang kontak roda (in<sup>2</sup>), dan  
CBR = CBR (%).

Untuk perhitungan pengulangan beban dengan konfigurasi roda ganda atau lebih, maka beban roda ganda dianggap ekuivalen dengan roda tunggal (ESWL), sehingga persamaan (3-1) menjadi:

$$t = f \sqrt{\frac{ESWL}{8,1(CBR)} \cdot \frac{A}{\pi}} \dots\dots\dots(3-2)$$

dengan : f = persentase tebal rencana (  $0,23 \log C + 0,15$  ),  
ESWL = beban roda tunggal ekuivalen, dan



$C$  = *converage* (lintasan roda untuk melewati setiap titik dilajur lalulintas satu kali).

Penelahan yang dilakukan oleh Corps of Enginners, terhadap lapis keras yang menerima beban poros roda pendaratan pesawat berat, dengan susunan banyak roda (misalnya B-747), menunjukkan bahwa tebal lapis keras yang didapat pada pengulangan beban yang lebih besar, akan kurang memadai apabila digunakan persamaan (3-2).

Oleh karena itu, perancangan metode CBR kemudian menggunakan persamaan (3-2) berikut ini.

$$t = \alpha i \sqrt{\frac{ESWL}{8,1(CBR)} \frac{A}{\pi}} \dots\dots\dots(3-3)$$

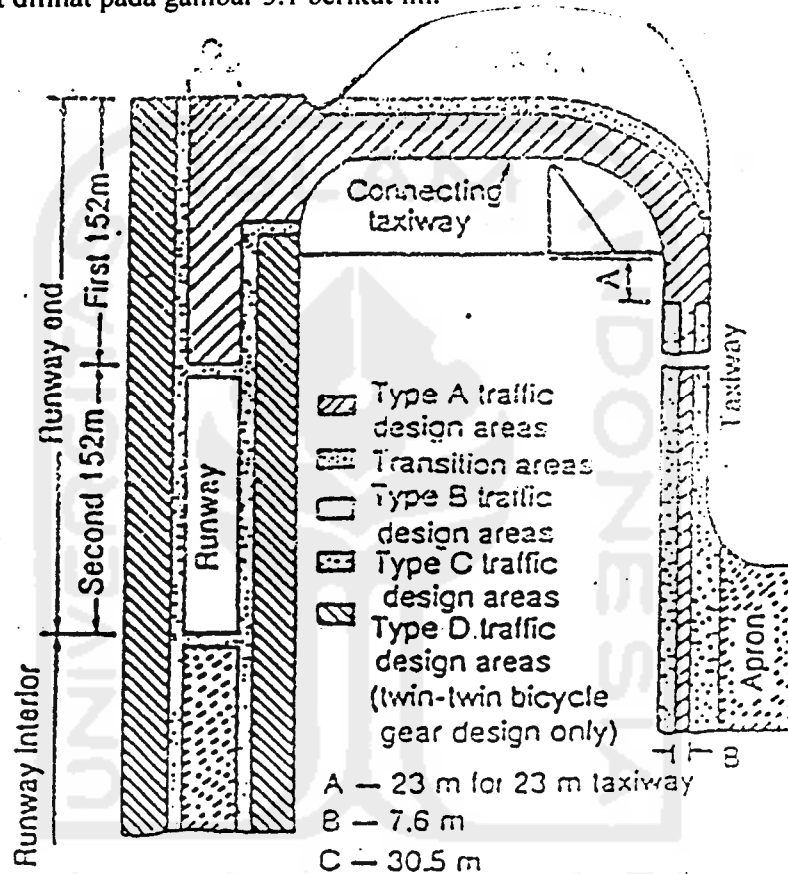
dengan :  $\alpha i$  = faktor pengulangan beban

penelahan yang dilakukan oleh *Corps of Enginners*, terhadap perancangan ketebalan lapis keras tersebut diatas, maka setiap pesawat yang akan beroperasi dibandar udara dikategorikan kedalam daerah pembebanan pesawat dan *traffic area* yang bekerja pada lapis keras (E.J. Yoder dan M.W. Witczak, 1975), yaitu:

1. Pembebanan untuk pesawat berat dengan konfigurasi roda pendaratan utama *dual tandem*, dan *traffic area* tipe A, B, C, D, *access aprons*, *overrun*.
2. Pembebanan untuk pesawat *medium* dengan konfigurasi roda pendaratan utama *dual wheel*, dan *traffic area* tipe A, B, C, *access aprons*, *overrun*.

3. Pembebanan lapis keras untuk pesawat ringan dengan konfigurasi roda pendaratan utama *single wheel*, dan *traffic area* tipe B, C, *overrun*.

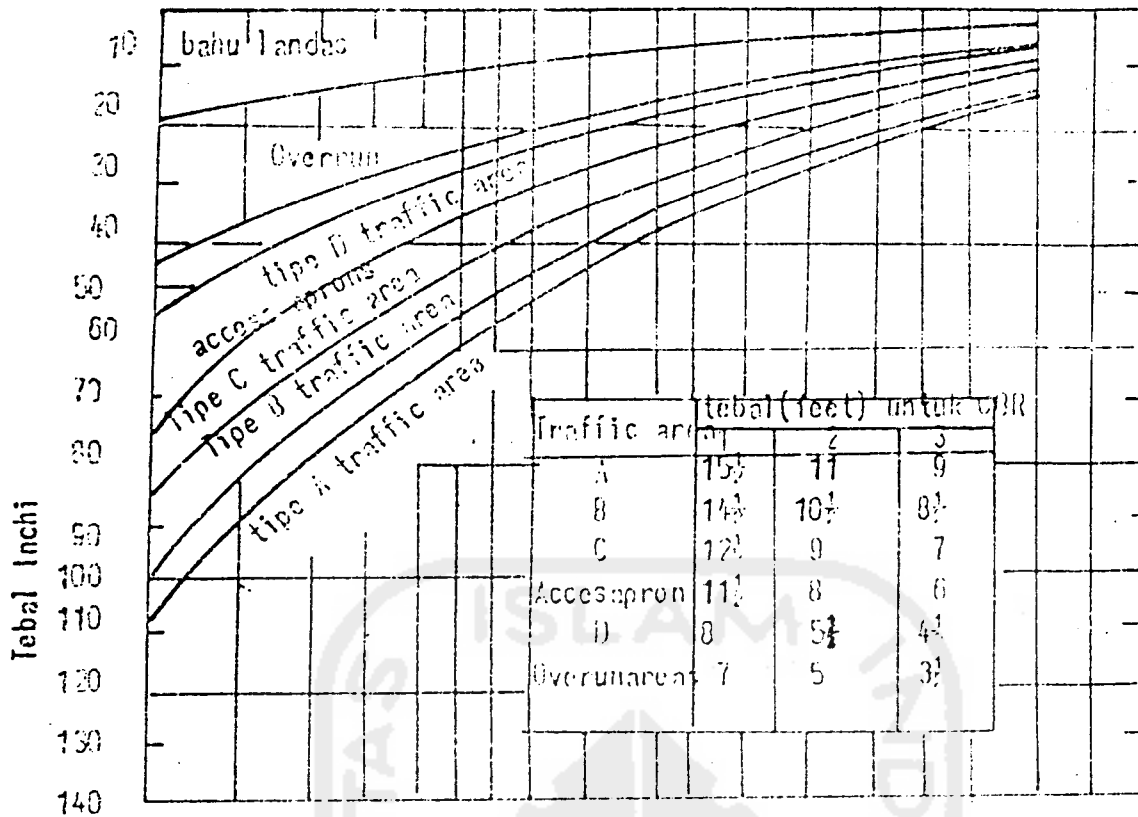
*Layout traffic area* untuk perancangan lapis keras lentur dengan metode CBR, dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut ini.



Gambar 3.1 Layout *traffic areas* untuk perencanaan lapis keras lentur dengan metode CBR

Sumber: E.J. Yoder dan M.W. Witezak [1975]

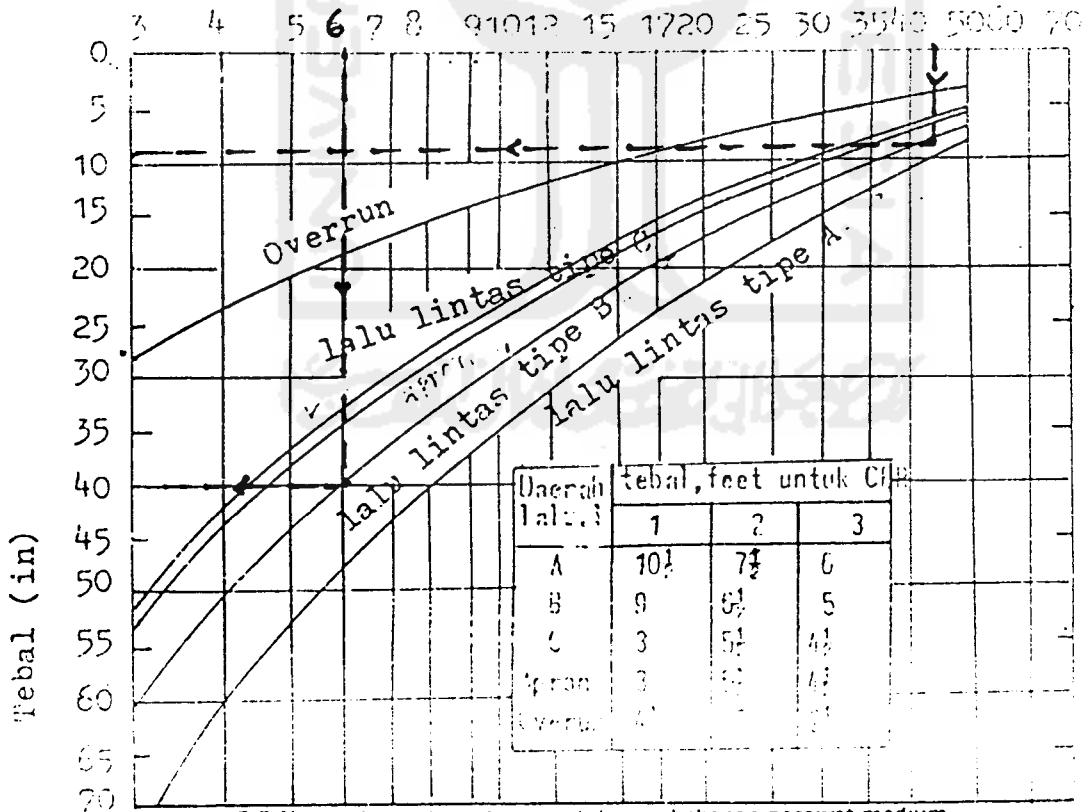
Untuk perencanaan tebal lapis keras dengan kategori pembebanan pesawat dan konfigurasi roda pendaratan utama pesawat, didapat dengan menggunakan gambar 3.2 s.d 3.4 berikut ini.



Gambar 3.2 Kurva desain lapis keras untuk pembebanan pesawat berat dengan konfigurasi roda pendaratan utama *dual tandem*

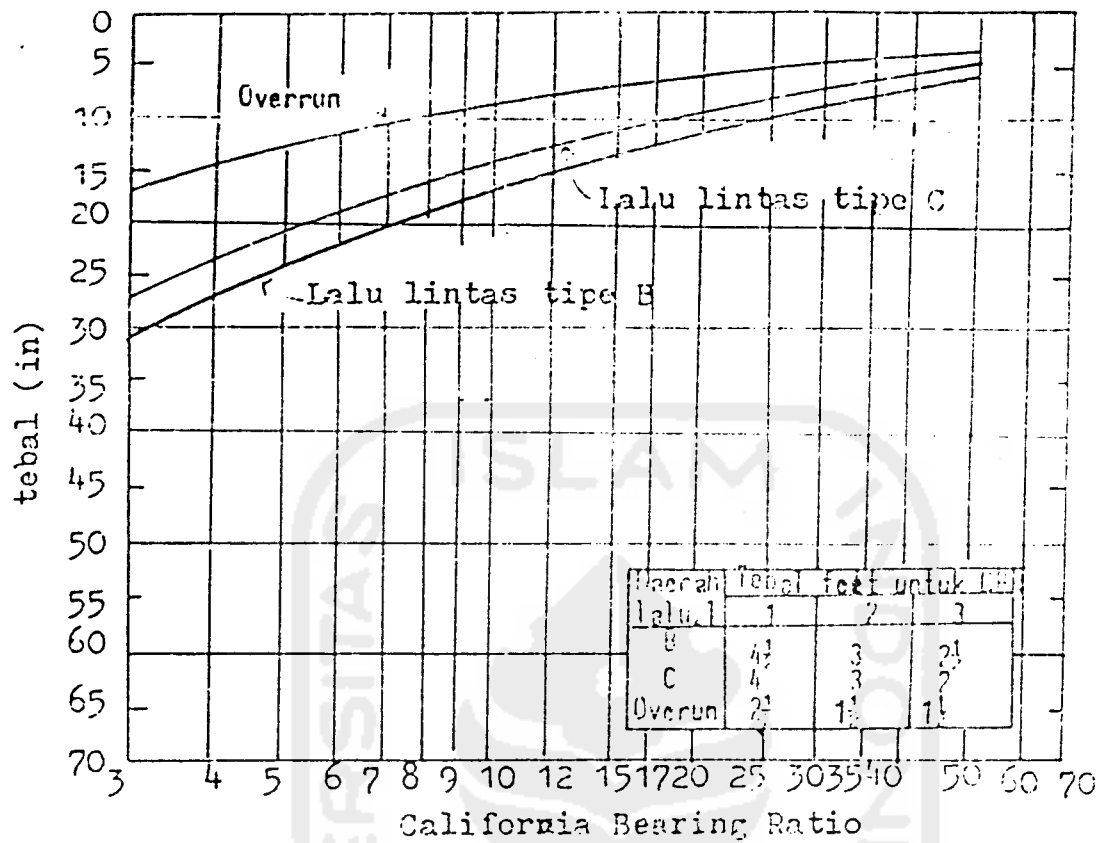
Sumber: E.J. Yoder dan M.W. Witzczak [1975]

California Bearing Ratio



Gambar 3.3 Kurva desain lapis keras untuk pembebanan pesawat medium dengan konfigurasi roda pendaratan utama *dual wheel*

Sumber: E.J. Yoder dan M.W. Witzczak [1975]



Gambar 3.4 Kurva desain lapis keras untuk pembebanan pesawat ringan dengan konfigurasi roda pendaratan utama *single wheel*  
 Sumber: E.J. Yoder dan M.W. Witzak [1975]

Perancangan lapis keras lentur metode CBR diatas, harus memenuhi persyaratan nilai CBR dan gradasi material, kondisi tanah dasar (*subgrade*) ada yang memungkinkan memenuhi syarat untuk dijadikan lapisan *subbase* atau tanah dasar dapat distabilisasikan untuk kebutuhan *subbase*. *Corps of Engineers* menjelaskan bahwa penggunaan campuran tanah dasar untuk menghasilkan material *subbase* hanya dapat diijinkan bila nilai *liquid limit* dan *Plasticity index* yang diperlukan untuk *subbase* dapat dipenuhi oleh tanah dasar alami (*natural subgrade*) seperti dalam tabel 3.1.berikut ini.

Tabel 3.1 Persyaratan perancangan metode CBR

No	Lapisan	Max.CBR Rencana %	Nilai maksimum yang diijinkan				
			Gradations Requirements % passing				
			Ukuran (inch)	No.10	No.200	LL	PI
1	Subbase	50	3	50	15	25	5
2	Subbase	40	3	80	15	25	5
3	Subbase	30	3	100	15	25	5
4	Material Terpilih	20	3	-	25	35	12

Keterangan: LL = Liquid limit, dan PI = Plasticity index  
Ambil sampel dengan nilai CBR lebih rendah  
Sumber: E.J. Yoder dan M.W. Witczak [ 1975]

Ketebalan surface dan base course minimum untuk setiap daerah pembebanan pesawat harus memenuhi persyaratan, seperti yang dirangkum dalam tabel 3.2 s.d 3.4 berikut ini.

Tabel 3.2 Ketebalan minimum untuk pembebanan pesawat berat

No	Traffic Area	CBR Base Course 100 % Ketebalan Minimum (in)			CBR Base Course 80% Ketebalan Minimum (in)		
		Surface Course	Base Course	Total	Surface Course	Base Course	Total
		1	A	5	10	15	6
2	B	4	9	13	5	8	13
3	C	4	9	13	5	8	13
4	D	3	6	9	3	6	9
5	Acces Apron	3	6	9	2	6	8
	Overrum	2	6	8	2	6	8

Sumber: E.J. Yoder dan M.W. Witczak [1975]

Tabel 3.3 Ketebalan minimum untuk pembebanan pesawat midium

No	Traffic Area	CBR Base Course 100 % Ketebalan Minimum (in)			CBR Base Course 80% Ketebalan Minimum (in)		
		Surface Course	Base Course	Total	Surface Course	Base Course	Total
1	A	4	6	10	5	6	11
2	B	4	6	9	4	6	10
3	C	3	6	9	4	6	10
4	Access Aprons	3	6	9	3	6	9

Sumber : E.J. Yoder dan M.W. Witzak [1975]

Tabel 3.4 Ketebalan minimum untuk pembebanan pesawat ringan

No	Traffic Area	CBR Base Course 100 % Ketebalan Minimum (in)			CBR Base Course 80% Ketebalan Minimum (in)		
		Surface Course	Base Course	Total	Surface Course	Base Course	Total
1	B	3	6	9	4	6	10
2	C	3	6	9	3	6	9
3	Access Aprons	3	6	9	4	6	10

Sumber : E.J. Yoder dan M.W. Witzak [1975]

### 3.2 Metode Perancangan FAA (*Federal Aviation Administration*)

Metode perancangan lapis keras lentur bandar udara yang dikembangkan oleh FAA, tercantum dalam *Advisory Circular – Airport Pavement Design and Evaluation Ac 150 / 5320 – 6C*. Perancangan lapis keras dengan metode FAA, diperhitungkan untuk masa pelayanan selama 20 tahun, tanpa adanya pemeliharaan yang cukup berarti, apabila tidak ada perubahan pesawat yang harus dilayani (beban pesawat sesuai dengan rancangan).

Metode perencanaan perkerasan yang dikembangkan oleh FAA menggunakan sistem penggolongan tanah terpadu yang pada dasarnya adalah pemisahan antara tanah berbutir kasar, halus dan tanah organik tinggi untuk mendapatkan karakteristik kekuatan tanah berupa nilai CBR untuk digunakan dalam perencanaan perkerasan lentur (Hornjeff & Kelvey, 1988).

Parameter-parameter yang dibutuhkan untuk perencanaan perkerasan meliputi berat lepas landas kotor pesawat, konfigurasi dan ukuran roda pendaratan, bidang kontak, tekanan ban dan volume lalu lintas (Hornjeff & Kelvey, 1988).

Langkah awal dalam menentukan tebal lapis keras, adalah menentukan pesawat rencana, yaitu pesawat terbesar yang direncanakan akan beroperasi di bandar udara yang menghasilkan total *equivalent annual departures* terbesar, sehingga didapat tebal lapis keras terbesar. Hal ini dikenal dengan konsep ekuivalen keberangkatan tahunan ( $EAD = \text{Equivalent Annual Departures}$ ).

Tipe roda pendaratan membagi beban berat pesawat kepada roda-roda dan diteruskan ke perkerasan.

Kurva-kurva perencanaan ketebalan perkerasan dibuat atas dasar parameter - parameter tersebut yang mempunyai hubungan dengan berat kotor pesawat dengan penganggapan tertentu bagi konfigurasi roda-roda pendaratan pesawat.

Penganggapan tersebut adalah :

1. Pesawat roda pendaratan tunggal (*single Wheel*)

Diperhitungkan apa adanya dan tidak ada asumsi khusus.

2. Pesawat roda pendaratan ganda (*dual Wheel*)

Studi atas konfigurasi roda menunjukkan bahwa jarak antar poros roda menunjukkan bahwa jarak antara poros roda-roda sekitar 51 cm (20 in) cukup memadai untuk pesawat ringan dan 86 cm (34 in) untuk pesawat yang lebih berat.

3. Pesawat roda pendaratan tandem ganda (*dual tandem Wheel*)

Jarak antara poros-poros roda ganda 51 cm (20 in) dan jarak tandemnya 114 (45 in) untuk pesawat ringan. Untuk pesawat yang lebih berat jarak antara roda-roda ganda 76 cm (30 in) dan jarak tandemnya 140 cm (55 in).

Pengaruh dari semua jenis pesawat yang mempunyai tipe roda pendaratan yang berbeda-beda dan berlainan beratnya dari semua jenis model lalu lintas harus



dikonversikan kedalam Pesawat rencana yaitu pesawat yang membutuhkan ketebalan perkerasan yang paling besar dan tidak perlu merupakan pesawat yang paling berat.

Beragamnya jenis pesawat yang beroperasi dibandar udara yang mempunyai konfigurasi roda pendaratan dan berat berlainan maka keberangkatan tahunan ekivalen ditentukan dari setiap jenis pesawat yang dikonversikan kedalam konfigurasi roda pendaratan pesawat rencana seperti pada tabel 2.4 di atas.

EAD (*Equivalent Annual Departures*) dari pesawat rencana, dihitung dari penjumlahan *Equivalent Annual Departures* dari setiap pesawat campuran, dengan menggunakan persamaan berikut ini. (R.Horonjeff dan F.X McKelvey, 1993 )

$$\text{Log } R_1 = \text{Log } R_2 \left| \frac{W_2}{W_1} \right|^{0.5} \dots\dots\dots(3-4)$$

Dengan :  $R_1$  = EAD pesawat rencana,

$R_2$  = *Annual Departures* pesawat campuran,

$W_1$  = beban satu roda pesawat rencana, dan

$W_2$  = beban satu roda pesawat campuran.

Beban roda pesawat rencana ( $W_1$ ) dan pesawat campuran ( $W_2$ ), didapat dengan menggunakan persamaan (3-5) dan (3-6) berikut ini.

$$W_1 = \% \text{ distribusi } \textit{main gear} \times \text{MTOW pesawat rencana} \times \frac{1}{N} \dots\dots\dots(3-5)$$

$$W_2 = \% \text{ distribusi } main \text{ gear} \times MTOW \text{ pesawat campuran} \times \frac{1}{N} \dots\dots(3-6)$$

dengan :  $W_1$  = beban satu roda pendaratan utama pesawat rencana,

$W_2$  = beban satu roda pendaratan utama pesawat campuran,

MOTW = berat lepas landas maksimum (lbs.),

N = jumlah roda pada masing-masing *main gear*.

Penyebaran lalu lintas pesawat selama operasi pada umumnya terjadi pada daerah lateral dari permukaan perkerasan

FAA memberikan toleransi perubahan tebal perkerasan pada permukaan yang berbeda mengingat sifat-sifat aerodinamik pesawat akan menurunkan beban perkerasan sebenarnya (Horonjeff & Kelvey, 1988). Toleransi perubahan diatur sebagai berikut :

1. Tebal penuh T dirancang untuk daerah kritis yang sering dilalui oleh roda pesawat, seperti parkir pesawat (*apron*), daerah tunggu (*holding area*), bagian tengah landas penghubung (*taxiway*), dan bagian tengah landas pacu (*runway*).
2. Tebal lapis keras 0,9T dirancang untuk daerah persimpangan antara landas penghubung dengan landas pacu.
3. Tebal lapis keras 0,7T dirancang untuk daerah yang jarang dilalui oleh roda pesawat (daerah transisi landas pacu), seperti bagian tepi luar landas penghubung, dan bagian tepi luar landas pacu.

Untuk tingkat EAD (*Equivalent Annual Departures*) total yang lebih besar dari 25,000 (Horonjeff & F.X.McKelvey, 1993), FAA memberikan toleransi untuk penambahan ketebalan lapis keras seperti yang dirangkum

dalam tabel 3.5. Jika didapat EAD total diantara nilai-nilai yang terdapat didalam tabel 3.5, maka persentase penambahan tebal lapis keras didapat dengan cara menginterpolasi dari nilai-nilai tingkat EAD total yang ada.

Tabel 3.5 Koreksi tebal lapis untuk tingkat EAD total > 25.000

Tingkat Total EAD ( $\sum R_1$ )	Persentase Ketebalan
50.000	104
110.000	108
150.000	110
200.000	112

Sumber : R. Horonjeff & F.X. McKelvey [1994]



### 3.3 Metode LCN (*Load Classification Number*)

Metode perancangan LCN (*Load Classification Number*) adalah metode perancangan lapis keras dan evaluasi pesawat dengan bilangan pengolongan beban yang dalam prosedurnya kapasitas daya dukung perkerasan yang pertama kali dikembangkan oleh *Air Ministry Directorate General of Work, The United Kingdom*. Kemudian metode ini diperbaiki oleh *Directorate of Civil Engineering Development of The United Kingdom, Department of The Evaluation of Aircraft Pavement*. yang dewasa ini telah diakui oleh ICAO (*Internasional Civil Aviation Organization*) dalam Aerodome Manual.

Nilai LCN pesawat dipengaruhi oleh ESWL (*Equivalent single wheel load*), tekanan roda dan jenis perkerasan (*flexible dan rigid*). Dengan demikian, bila nilai LCN lapis keras bandar udara lebih besar daripada nilai LCN pesawat, pesawat tersebut dapat mendarat, dan tinggal landas dengan aman. LCN perkerasan nilainya dipengaruhi oleh CBR tanah dasar dan tebal total lapis keras. Perkerasan lentur maupun perkerasan kaku diuji dengan pembebanan pelat (*bearing plates*) yang mempunyai bidang kontak yang berkisar antara 200 sampai 700 in<sup>2</sup> yang mewakili beberapa pesawat. Metode perancangan ini menggunakan kurva-kurva empiris yang didapat dari pengujian pembebanan (*loading test*) diatas permukaan perkerasan dengan variasi ketebalan lapis keras dan daya dukung tanah dasar (*subgrade*).

Pada gambar 3.5 berikut ini, dapat dilihat kurva penggolongan beban standar.

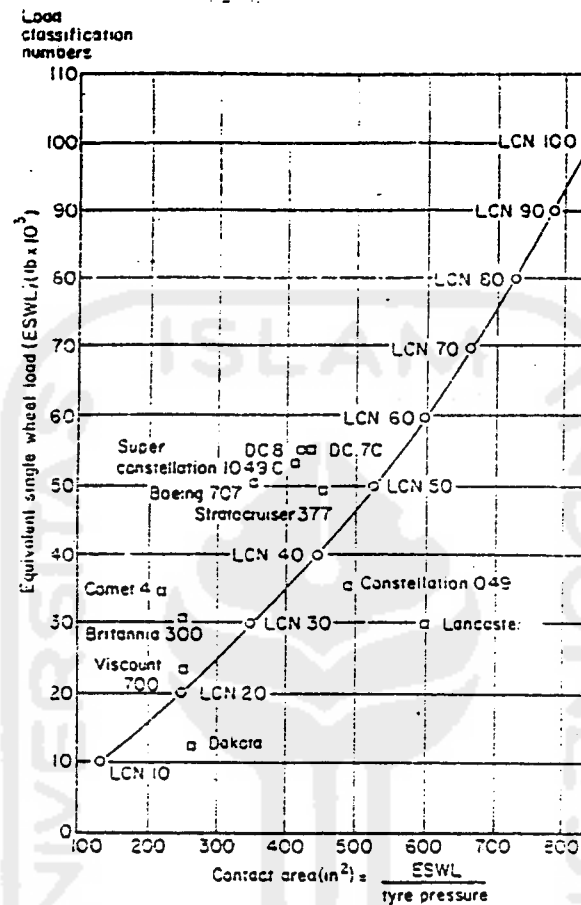


FIG. 7.7. Standard load classification curve. (From [7].)

Gambar 3.5 Kurva penggolongan beban standar

Sumber: M. Sargious [1975]

Kurva penggolongan beban standar pada gambar 3.5 diatas, dibuat untuk mendapatkan nilai LCN, dengan kapasitas lapis keras dapat dinyatakan sebagai bilangan tunggal. Kurva ini dibuat dengan menggambarkan titik-titik yang merupakan nilai tipikal dari urutan beban roda, dan bidang kontak dari pesawat pada sistem LCN, berdasarkan tabel 3.6 berikut ini.

Tabel 3.6 Hubungan antara beban roda tunggal, tekanan roda dan nilai LCN

Beban Roda		Tekanan Roda		Nilai LCN
lbs	Kg	psi	Kg/cm <sup>2</sup>	
100,000	45,400	120	8.44	100
90,000	40,800	115	8.09	90
80,000	36,300	110	7.74	80
70,000	31,800	105	7.38	70
60,000	27,200	100	7.03	60
50,000	22,700	95	6.68	50
40,000	18,100	90	6.33	40
30,000	13,600	85	5.98	30
20,000	9,100	80	5.62	20
10,000	4,500	75	5.27	10

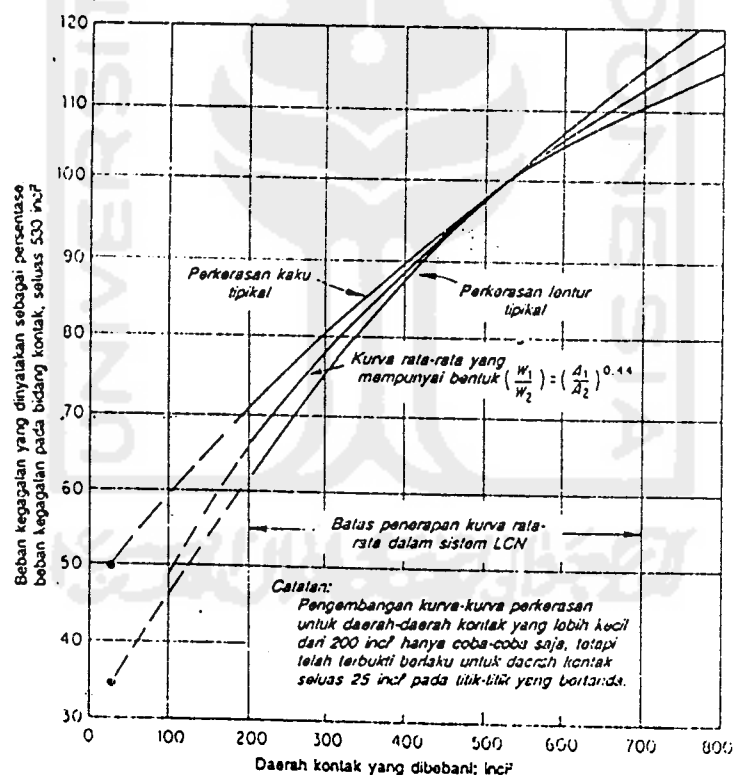
Sumber : M.Sargious [1975]

Kurva LCN pada gambar 3.7, dibuat dengan cara menggabungkan kurva penggolongan beban standar pada gambar 3.5 dan kurva hubungan bidang kontak dengan beban kegagalan untuk lapis keras tipikal pada gambar 3.6. Kurva LCN pada gambar 3.7 tersebut, didapat dengan cara sebagai berikut :

1. Garis bidang kontak roda, didapat dari nilai perbandingan beban dengan tekanan roda.

$$\text{Bidang kontak} = \frac{\text{beban}}{\text{tekanan.roda}} \dots\dots\dots(3-7)$$

2. Satu beban pada setiap garis LCN langsung berasal dari kurva penggolongan beban standar. Misalkan: beban roda (*wheel load*) sebesar 66.72 KN, dengan tekanan roda 0,534 KN/m<sup>2</sup>, didapat nilai LCN sebesar 15.
3. Titik-titik pada setiap garis LCN, dihitung berdasarkan hasil *Bearing Plate Test* pada jenis lapis keras tegar dan lapis keras lentur dengan *contact area* antara 200-700 in<sup>2</sup>, yang berasal dari kurva hubungan beban runtuh dengan bidang kontak pada lapis keras tegar dan lapis keras lentur, seperti pada gambar 3.6 berikut ini.



Gambar 3.6 Kurva hubungan bidang kontak – beban kegagalan

Sumber : R.Horonjeff & F.X. Mc.Kelvey

Secara sistematis, hubungan beban runtuh dengan bidang kontak pada lapis keras tegar dan lapis keras lentur, dibuat dengan persamaan berikut.

$$\frac{W_1}{W_2} = \left| \frac{A_1}{A_2} \right|^{0.44} \dots\dots\dots(3-8)$$

Keterangan :

$W_1$  = beban runtuh pada lapis keras tegar (lbs),

$W_2$  = beban runtuh pada lapis keras lentur (lbs),

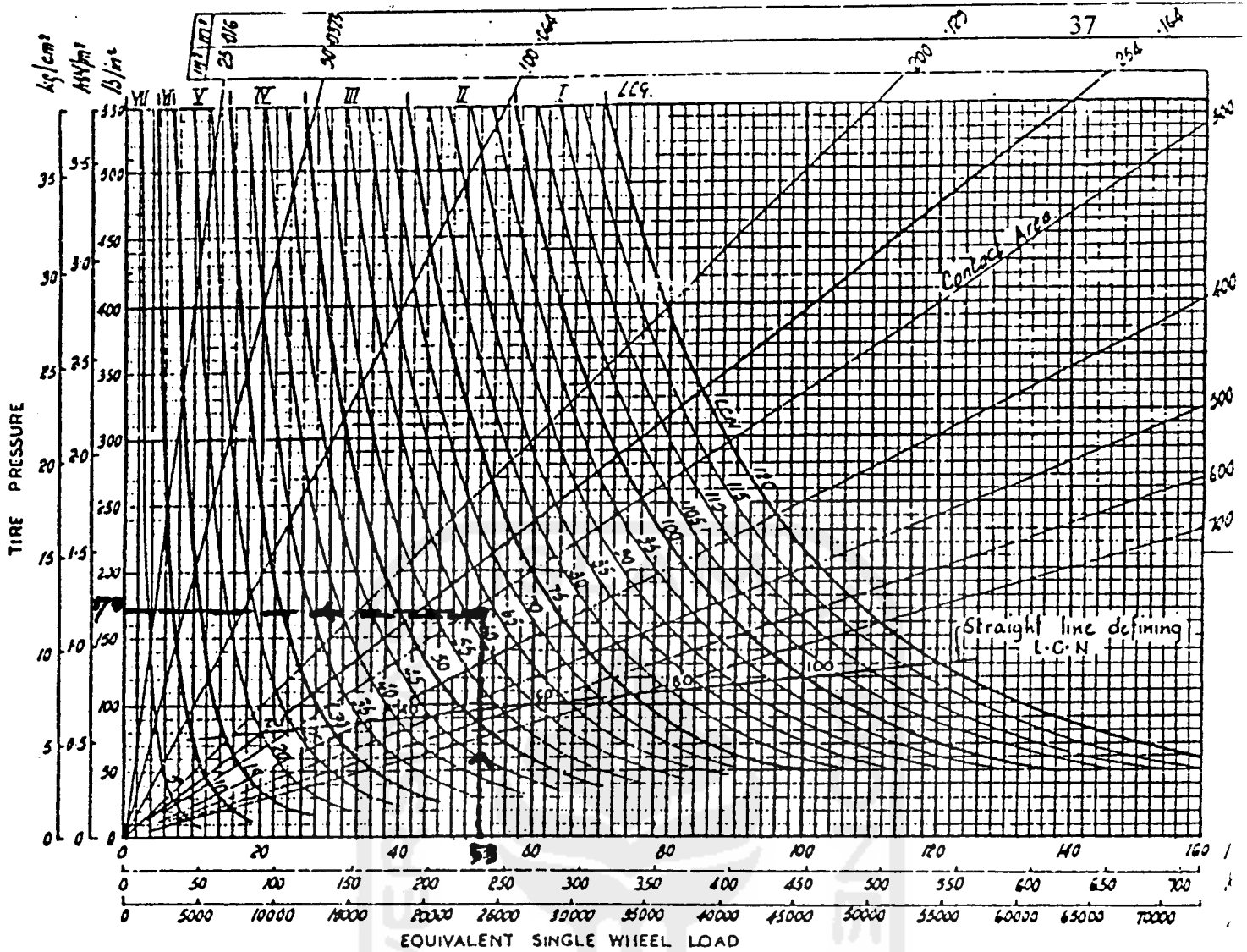
$A_1$  = luas daerah kontak ban pada lapis keras tegar ( $\text{in}^2$ ),

$A_2$  = luas daerah kontak ban pada lapis keras lentur ( $\text{in}^2$ ),

4. Garis titik-titik merupakan penerusan siste LCN secara coba-coba, untuk menampung bidang kontak yang lebih kecil dari 200 inci<sup>2</sup> berdasarkan pengujian beban pada lapis keras dengan bidang kontak yang kecil.

Nilai LCN dinyatakan dengan ESWL, tekanan roda, dan bidang kontak, dapat dilihat pada gambar 3.7 berikut ini.





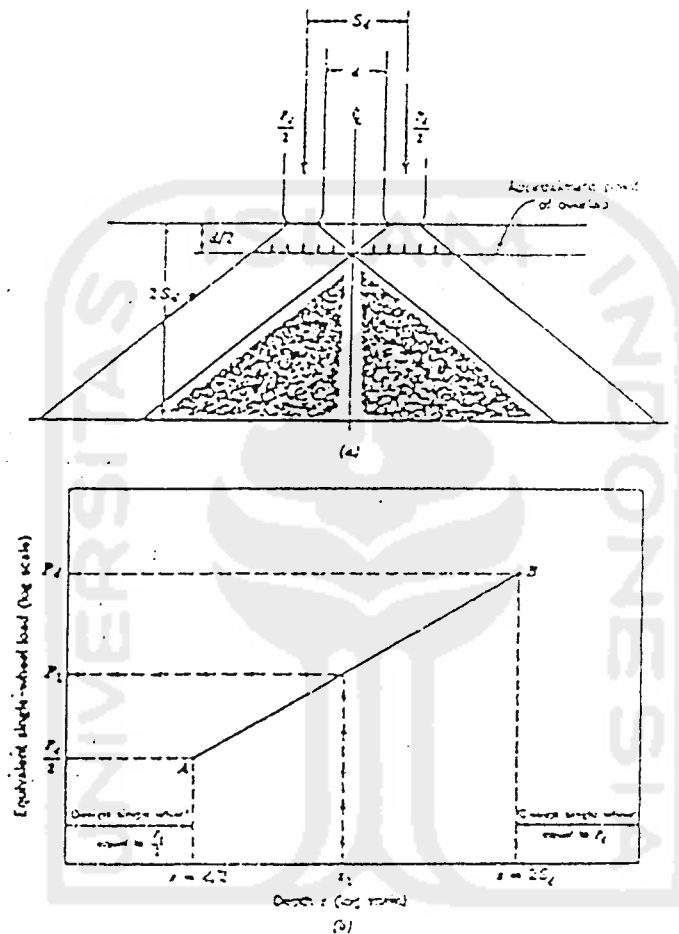
Gambar 3.7 Nilai LCN dinyatakan dengan ESWL, tekanan roda dan bidang kontak

Sumber : M. Sargious [ 1975]

Nilai LCN pada gambar 3.7, hanya berlaku untuk pesawat dengan beban roda tunggal, sedangkan untuk pesawat dengan beban roda ganda atau lebih, perlu dikonversikan terlebih dahulu kedalam ESWL (*Equivalent Single Wheel Load = beban roda tunggal ekuivalen*).

Beban roda tunggal ekuivalen akan mempunyai beban dan tekanan roda yang sama dengan pesawat roda tunggal, sehingga beban ESWL menghasilkan tegangan yang lebih maksimum, jika dibandingkan dengan tegangan akibat roda tunggal itu sendiri.

Analisis ESWL untuk pesawat dengan konfigurasi roda pendaratan utama *dual wheel*, didapat pada gambar 3.8 berikut ini.



Gambar 3.8 Analisis ESWL untuk pesawat *dual wheel*

a. tekanan roda pada lapis keras      b. Analisis ESWL untuk pesawat *dual wheel*

Sumber: E.J. Yoder dan M.W. Witzak [1975]

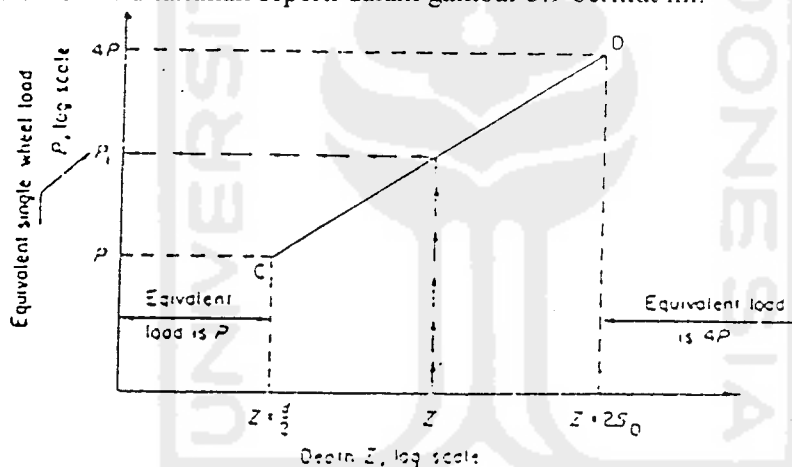
Analisis ESWL pada gambar 3.8, dilakukan dengan cara sebagai berikut:

a) Titik A ( $\frac{P_d}{2}, d/2$ ) adalah tekanan akibat beban roda tunggal ( $\frac{P_d}{2}$ ) terjadi

sampai pada kedalaman  $d/2$  ( $d$  = jarak tepi dalam kedua roda ).

- b) Titik B ( $P_d, 2S_d$ ) adalah tekanan akibat beban roda ganda ( $P_d$ ) terjadi sampai pada kedalaman  $2S_d$  ( $S_d$  = jarak roda dari sumbu ke sumbu ).
- c) Garis AB, adalah beban tunggal yang bekerja dinyatakan dalam ekuivalen. Diasumsikan bahwa beban tunggal ekuivalen bekerja pada kedalaman  $Z_1$  (antara  $d/2$  sampai  $2S_d$ ). Dengan menarik garis dari titik  $Z_1$  (kedalaman) kemudian diplotkan kedalam titik beban, maka didapatkan beban ekuivalen tunggal ( $P_1$ ).

Untuk pesawat dengan konfigurasi roda pendaratan utama *dual tandem*, analisis ESWL dilakukan seperti dalam gambar 3.9 berikut ini.



Gambar 3.9 Analisis ESWL untuk pesawat *dual tandem*

Sumber: M. Sargious [1975]

Analisis ESWL pada gambar 3.9, dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- a) Titik C ( $P, d/2$ ) adalah tekanan akibat beban roda tunggal ( $P$ ) terjadi sampai pada kedalaman  $d/2$  ( $d$  = jarak tepi dalam kedua roda).
- b) Titik D ( $4P, 2S_d$ ) adalah tekanan akibat beban roda ganda ( $P_d$ ) terjadi sampai pada kedalaman  $2S_d$  ( $S_d$  = jarak roda dari sumbu ke sumbu ).

- c) Garis AB, adalah beban tunggal yang bekerja dinyatakan dalam ekuivalen. Diasumsikan bahwa beban tunggal ekuivalen bekerja pada kedalaman  $Z$  (antara  $d/2$  sampai  $2S_d$ ). Dengan menarik garis dari titik  $Z$  (kedalaman) kemudian diplotkan kedalam titik beban, maka didapatkan beban ekuivalen tunggal ( $P_1$ ).



## **B A B IV**

### **METODE PENELITIAN**

#### **4.1 Metode Pengumpulan Data**

##### **4.1.1 Jenis Data**

Jenis data yang digunakan adalah data sekunder berupa data yang diperoleh dari instansi PT. (Persero) Angkasa Pura I Yogyakarta. Sedangkan data primer yang langsung diperoleh dari hasil pengamatan dilokasi tidak bisa diambil sampel karena merupakan areal lalu lintas pesawat yang padat dengan jadwal penerbangannya.

##### **4.1.2 Pengumpulan Data**

Data sekunder diperoleh dari instansi-instansi yang terkait dengan penelitian. Data tersebut digunakan untuk mengetahui keadaan masa lalu dan pertumbuhannya. Data-data tersebut antara lain :

1. Jadwal penerbangan pesawat reguler diperoleh dari kantor Dinas Operasional pada Bandar Udara Adisutjipto (lihat lamp.12).
2. Peta Situasi diperoleh dari PT.Angkasa Pura I khususnya pada kantor Dinas Devisi Teknik Umum (lihat lamp.1, 2, dan 3).

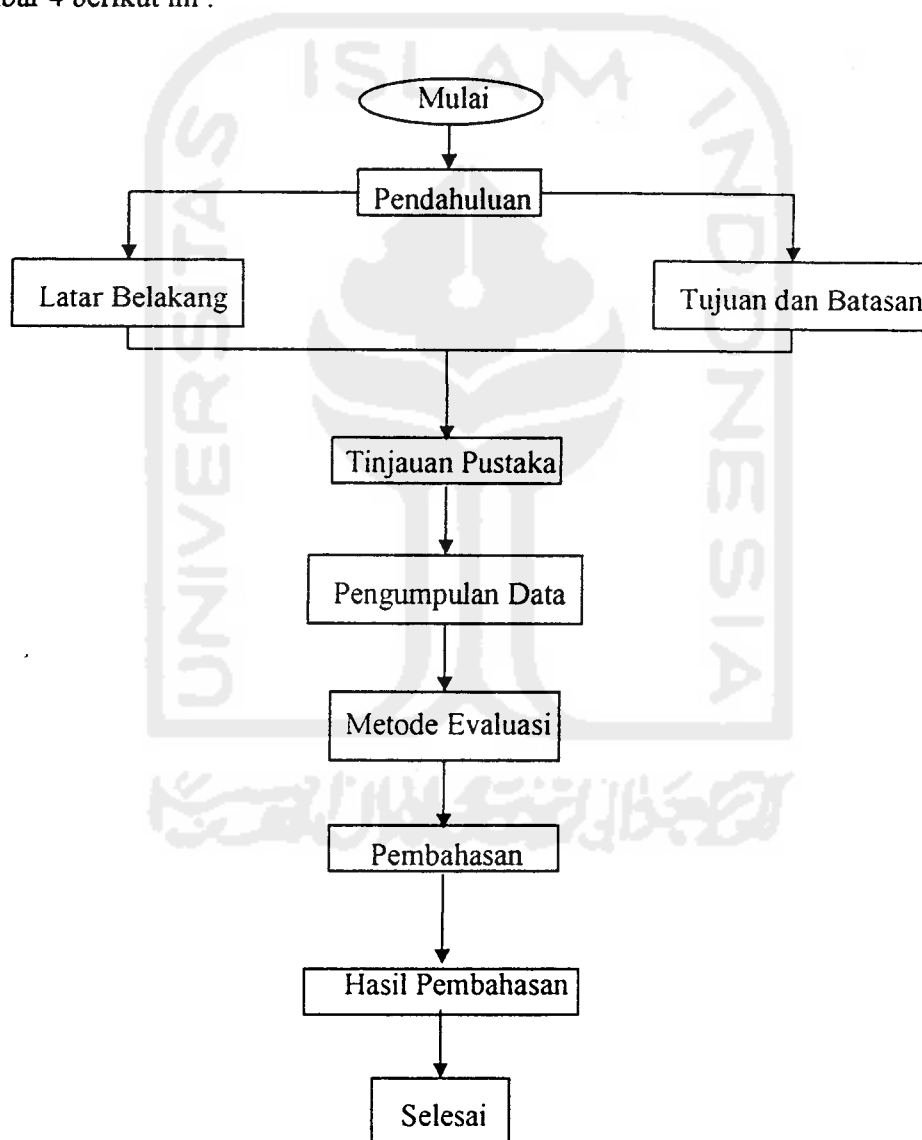
3. Data lalu lintas angkutan udara diperoleh dari kantor Dinas Operasional dan kantor Dinas Garuda pada Bandar Udara Adisutjipto (lihat lamp.13 dan 14).
4. Data teknis bandar udara yang diperoleh dari PT.Angkasa Pura I khususnya pada Kantor Dinas Devisi Teknik Umum (lihat lamp.4, 5, 6, 7, 8, dan 9).
5. Data Spesifik pesawat rencana dan pesawat kritis rencana dari literatur (lihat lamp.23, 24, dan 25).

#### **4.1.3 Metode Analisis Data**

Data yang berasal dari hasil pengamatan dilokasi penelitian dan data dari instansi terkait dianalisis dengan berpedoman pada ketentuan yang terdapat didalam perencanaan dan perancangan bandar udara. Analisis ini meliputi prakiraan frekuensi dan pergerakan pesawat, jenis pesawat rencana yang digunakan yaitu B-737-400 dan tebal lapis keras lentur landas pacu yang ada. Analisis ini bertujuan untuk memperoleh tebal total dari lapis keras lentur landas pacu yang dihitung dengan menggunakan metode perhitungan tebal lapis keras yaitu metode CBR, FAA, dan LCN. Dimana tebal lapis keras lentur landas pacu yang ada terhadap tebal lapis keras landas pacu hasil dari perhitungan ketiga metode kemudian didapat tebal total lapis keras hasil konversi dari analisis dari ketiga metode yang digunakan. Dan didapat tebal total lapis keras landas pacu yang berbeda dari setiap metode yang digunakan.

#### 4.1.4 Bagan Alir Penelitian

Evaluasi yang dilakukan secara garis besar meliputi pengumpulan data, mempelajari beberapa literatur mengenai tebal lapis perkerasan untuk landas pacu, menghitung tebal lapis dengan metode CBR, FAA, dan LCN dan membahas hasil yang telah diperoleh. Dalam bentuk diagram alir Evaluasi seperti pada gambar 4 berikut ini :

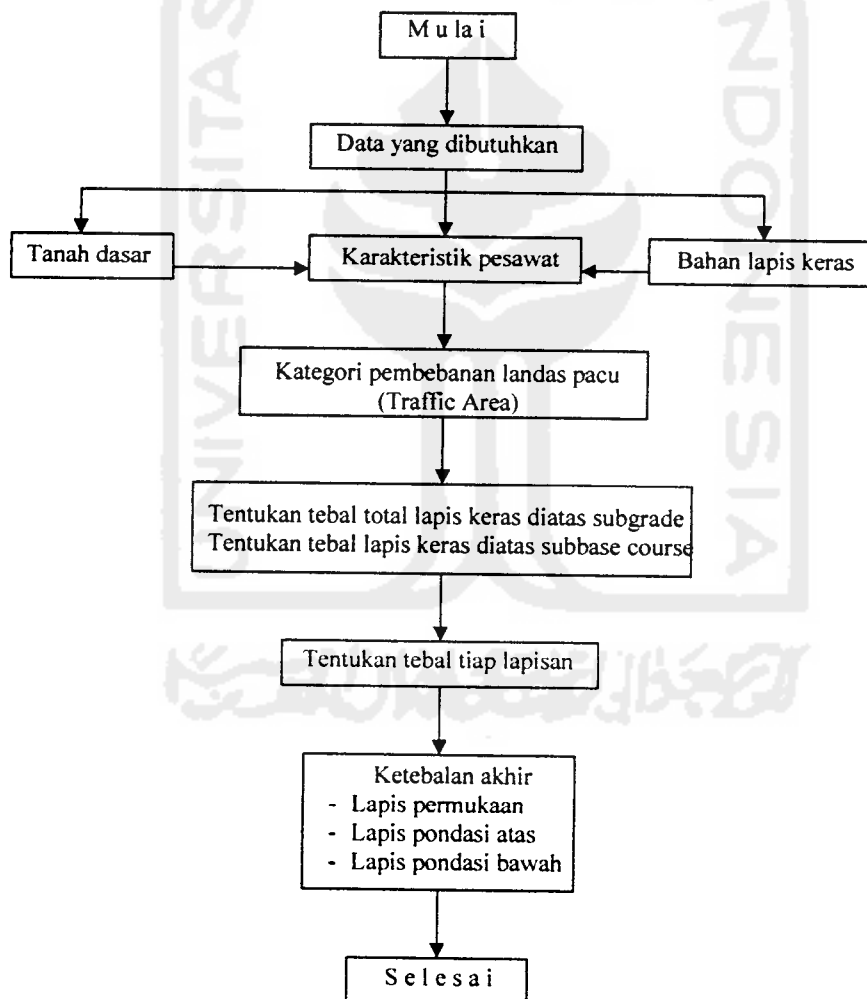


Gambar 4. Diagram Alir Evaluasi

**BAB V**  
**ANALISIS PERANCANGAN**  
**DAN**  
**PEMBAHASAN**

**5.1 Metode CBR**

Dalam merancang lapis keras landas pacu dengan metode CBR, langkah-langkahnya dapat mengikuti bagan alir pada gambar 5.1 berikut ini.



**Gambar 5.1 Bagan alir analisis tebal lapis keras landas pacu metode CBR**



## 1. Menentukan Kategori Pembebanan Landas Pacu

Dari data perancangan didapat pergerakan dan karakteristik pesawat untuk perancangan lapis keras, seperti dalam table 5.1 berikut ini.

Tabel 5.1 Pergerakan dan karakteristik pesawat menurut jenis pesawat

No	Jenis Pesawat	MTOW (lbs)	Tipe Roda	Tekanan Roda (psi)	Distribusi Main Gear (%)
1	B-737-400	131.391	<i>Dual wheel</i>	170	46,9
2	B-737-300	124.500	<i>Dual wheel</i>	166	46,3
3	B-737-200	92.616	<i>Dual wheel</i>	137	46,4
4	F-28-400	73.000	<i>Dual wheel</i>	98	46,0
5	MD-82	138.282	<i>Dual wheel</i>	172	47,6

(DW : Dual Wheel)

Sumber : FAA

Pada table 5.1 terlihat bahwa pesawat terbesar mempunyai konfigurasi roda pendaratan utama *dual wheel*, maka landas pacu dapat dikategorikan untuk melayani pembebanan *medium*. Dengan melihat gambar 3.1 maka didapat landas pacu merupakan *traffic area* tipe B.

## 2. Menentukan Tebal Lapis Keras

Dengan memasukkan nilai CBR *subgrade* 6 % pada lampiran 4 dan 5 kedalam gambar 3.3, maka didapat tebal lapis keras diatas *subgrade* sebesar:

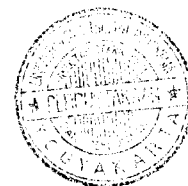
$$H_t = 40 \text{ inch}$$

$$= 40 \times 2,54 = 101,6 \text{ cm} \sim 102 \text{ cm}$$

Dengan memasukkan nilai CBR *subbase course* 45 % pada lampiran 4 dan 5 kedalam gambar 3.3, maka didapat tebal lapis keras diatas *subbase course* sebesar:

$$H_1 + H_2 = 9,0 \text{ inch}$$

$$= 9,0 \times 2,54 = 22,86 \text{ cm} \sim 23,0 \text{ cm}$$



Setelah tebal diatas *subbase course* didapat, maka tebal *subbase course* didapat sebesar:

$$\begin{aligned} H_3 &= H_t - (H_1 + H_2) \\ &= 102 - 23 \\ &= 79 \text{ cm.} \end{aligned}$$

Dengan melihat tabel 3.3 untuk nilai CBR *base course* rencana 80 % pada lampiran 4 dan 5 maka didapat tebal *surface course* minimum sebesar:

$$\begin{aligned} H_1 &= 4,0 \text{ inch} \\ &= 4 \times 2,54 = 10,16 \text{ cm} \sim 10,5 \text{ cm.} \end{aligned}$$

maka didapat tebal *base course* sebesar:

$$\begin{aligned} H_1 + H_2 &= 23,0 \text{ cm.} \\ H_2 &= 23,0 - 10,5 = 12,5 \text{ cm} \end{aligned}$$

Kontrol tebal *base course* minimum berdasarkan tabel 3.3 didapat sebesar:

$$\begin{aligned} H_2 &= 6,0 \text{ inch} \\ &= 6 \times 2,54 = 15,24 \text{ cm} \sim 15,5 \text{ cm} > 12,5 \text{ cm} \\ \text{Dipakai tebal } &\textit{base course} = 12,5 \text{ cm.} \end{aligned}$$

### 3. Hasil Akhir Tebal Lapis Keras Metode CBR

Hasil rangkuman tebal lapis keras lentur landas pacu metode CBR, dapat dilihat dalam tabel 5.2 berikut ini.

Tabel 5.2 Hasil akhir tebal lapis keras lentur metode CBR

No	Material	Tebal Akhir (cm)
1	<i>Surface course</i> <i>Asphalt Concrete / Penetration</i>	10,5
2	<i>Base course</i> <i>Cruhed Base Stone</i>	12,5
3	<i>Subbase course</i> <i>Granular / Cruhed Stone</i>	79,0
Tebal total		102

#### 4. Analisis Terhadap Tebal Lapis Keras Landas Pacu yang Ada

Dari hasil perancangan lapis keras pada tabel 5.2, dilakukan analisis terhadap tebal lapis keras landas pacu yang ada. Hasil analisis perbandingan, dirangkum dalam tabel 5.3 berikut ini.

Tabel 5.3 Perbandingan tebal lapis keras landas pacu

No	Struktur lapis keras landas pacu	Tebal Landas pacu yang ada (cm)	Tebal Landas Pacu Hasil Analisis (cm)	Hasil Konversi Analisis (cm)
1	<i>Surface Course</i>	17,5	10,5	17,5
2	<i>Base Course</i>	30,0	12,5	32,5
3	<i>Subbase Course</i>	45,0	79,0	45,0
Total Tebal		92,5	102	95,0

Analisis perbandingan lapis keras lentur landas pacu pada tabel 5.3, dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- Tebal *subbase course* yang dibutuhkan = 79,0 cm
- Tebal *subbase course* yang ada = 45,0 cm

Berarti terdapat kekurangan tebal *subbase course* yang ada terhadap tebal *subbase course* yang dibutuhkan sebesar:

$$d_1 = 79,0 - 45,0 = 34,0 \text{ cm}$$

Dianggap kekurangan tebal *subbase course* yang ada ini diasumsikan menjadi tebal *base course* yang dibutuhkan. Pada tabel 2.2, didapat faktor ekuivalen untuk *base course* batu pecah sebesar 1,4 – 2,0. Dengan mengambil harga rata-rata 1,7, maka tebal *base course* pengganti *subbase course* yang dibutuhkan sebesar setelah distabilisir :

$$t_1 = \frac{d_1}{1,7} = \frac{34,0}{1,7} = 20,0 \text{ cm}$$

- Tebal *base course* yang dibutuhkan menjadi = 12,5 + 20,0 = 32,5 cm

- Tebal *base course* yang ada = 30,0 cm.

Berarti terdapat kekurangan tebal *base course* yang ada terhadap tebal *base course* dibutuhkan sebesar:

$$d_2 = 32,5 - 30,0 = 2,5 \text{ cm.}$$

Dianggap kekurangan tebal *base course* yang ada ini menjadi tebal *surface course* yang dibutuhkan. Pada tabel 2.1 didapat faktor ekuifalen untuk *surface course* berbitumen sebesar 1,2 – 1,6. Dengan mengambil harga rata-rata sebesar 1,4 maka tebal *surface course* pengganti *base course* yang dibutuhkan sebesar:

$$t_2 = \frac{2,5}{1,4} = 1,8 \text{ cm} \sim 2,0 \text{ cm.}$$

- Tebal *surface course* yang dibutuhkan menjadi = 10,5 + 2,0 = 12,5 cm ~ 13 cm

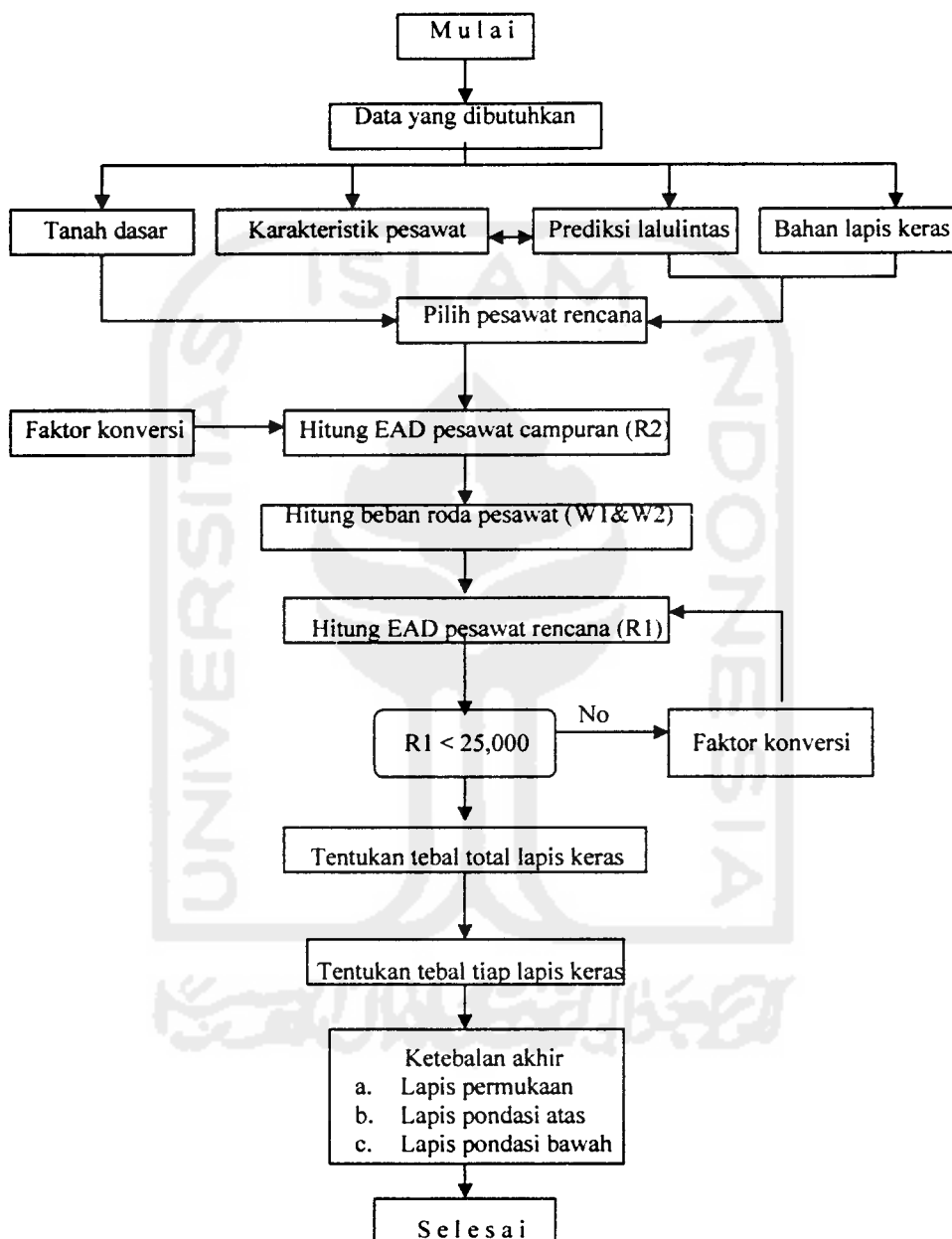
- Tebal *surface course* yang ada = 17,5 cm.

Berarti tebal *surface course* yang dibutuhkan lebih kecil dibandingkan tebal *surface course* yang ada pada landas pacu.

Dari hasil analisis metode CBR, ternyata landas pacu bandar udara Adisutjipto Yogyakarta masih mampu untuk menampung lalu lintas.

## 5.2 Metode FAA

Dalam merancang lapis keras landas pacu dengan metode FAA, langkah-langkahnya dapat mengikuti bagan alir pada gambar 5.2 berikut ini.



Gambar 5.2 Bagan alir analisis tebal lapis keras landas pacu metode FAA

## 1. Menentukan Pesawat Rencana

Pesawat rencana dipilih dari pesawat terbesar yang direncanakan akan beroperasi di bandar udara yang menghasilkan total EAD (*Equivalent Annual Departures*) terbesar, sehingga didapat ketebalan lapis keras terbesar. Pada tabel 5.4, terlihat bahwa pesawat B-737-400 merupakan pesawat terbesar yang dioperasikan di bandar udara Adisutjipto Yogyakarta, maka pesawat rencana dipilih B-737-400 sedangkan pesawat B-737-300 dan MD-82 merupakan pesawat perbandingan terhadap pesawat rencana diatas.

Tabel 5.4 Pemilihan pesawat rencana

No	Jenis Pesawat	MTOW (lbs)	Tipe Roda	Distribusi Main Gear(%)
1	B-737-400	131.391	Dual wheel	46,9
2	B-737-300	124.500	Dual wheel	46,3
3	B-737-200	92.616	Dual wheel	46,4
4	F-28-400	73.000	Dual wheel	46,0
5	MD-82	138.282	Dual wheel	47,6

(DW : Dual Tandem )

Sumber :FAA

## 2. Menentukan EAD (*Equivalent Annual Departures*) Pesawat Campuran

( $R_2$ )

Setiap tipe roda pendaratan utama untuk pesawat campuran dikonversikan terlebih dahulu ke tipe roda pendaratan utama pesawat rencana. Hasil konversi ke tipe roda pendaratan utama pesawat rencana, dapat dilihat dalam tabel 5.5 berikut ini.

Tabel 5.5 Konversi ketipe roda pendaratan utama pesawat rencana

No	Tipe Pesawat	Tipe Roda	Tipe Roda Konversi	Faktor Konversi	Pergerakan nyata	Pergerakan Konversi ( $R_2$ )
1	B-737-400	DW	DW	1,0	944	944
2	B-737-300	DW	DW	1,0	1870	1870
3	B-737-200	DW	DW	1,0	116	116
4	F-28-400	DW	DW	1,0	149	149
5	MD-82	DW	DW	1,0	116	116

Sumber : Hasil analisis,2003

### 3. Menentukan Beban Roda Pesawat $W_1$ dan $W_2$

Beban roda pesawat rencana ( $W_1$ ) dan pesawat campuran ( $W_2$ ), didapat dengan menggunakan persamaan (3-5) dan (3-6) diatas :

$$W_1 = \% \text{ distribusi } main \text{ gear} \times \text{MTOW pesawat rencana} \times \frac{1}{N}$$

$$W_2 = \% \text{ distribusi } main \text{ gear} \times \text{MTOW pesawat campuran} \times \frac{1}{N}$$

dengan :  $W_1$  = beban satu roda pendaratan utama pesawat rencana,

$W_2$  = beban satu roda pendaratan utama pesawat campuran,

MOTW = berat lepas landas maksimum (lbs.),

$N$  = jumlah roda pada masing-masing *main gear*.

1. Pesawat rencana :

a. B-737-300

$$W_1 = 46,3 \% \times 124.500 \times \frac{1}{2} = 28.822 \text{ lbs}$$

b. B-737-400

$$W_1 = 46,9 \% \times 131.391 \times \frac{1}{2} = 30.811 \text{ lbs}$$

c. MD-82

$$W_1 = 47,6 \% \times 138.282 \times \frac{1}{2} = 32.911 \text{ lbs}$$

Pesawat rencana tersebut diambil berdasarkan nilai MTOW (*maximum take off weight*) yang terbesar dari semua jenis pesawat yaitu B-737-400

## 2. Pesawat campuran

## a. B-737-300

$$W_2 = 46,3 \% \times 124.500 \times \frac{1}{2} = 28.822 \text{ lbs}$$

## b. B-737-400

$$W_2 = 46,9 \% \times 131.391 \times \frac{1}{2} = 30.811 \text{ lbs}$$

## c. B-737-200

$$W_2 = 46,4 \% \times 92.616 \times \frac{1}{2} = 21.487 \text{ lbs}$$

## d. F-28-400

$$W_2 = 46,3 \% \times 73.000 \times \frac{1}{2} = 16.900 \text{ lbs}$$

## e. MD-82

$$W_2 = 47,6 \% \times 138.282 \times \frac{1}{2} = 32.911 \text{ lbs}$$

4 Menentukan EAD (*Equivalent Annual Departures*) ( $R_1$ )

*Equivalent Annual Departures* pesawat rencana ( $R_2$ ), didapat dengan menggunakan persamaan (3-4) berikut ini.

$$\text{Log } R_1 = \text{Log } R_2 \left| \frac{W_2}{W_1} \right|^{0,5} \dots\dots\dots(3-4)$$

dengan:  $R_1$  = *Equivalent Annual Departures* pesawat rencana,

$R_2$  = *Annual Departures* pesawat campuran.

$W_1$  = beban satu roda pendaratan utama pesawat rencana,

$W_2$  = beban satu roda pendaratan utama pesawat campuran.



Sebagai contoh, menghitung *Equivalent Annual Departures* ( $R_2$ ) untuk pesawat campuran B-737-400, dengan data sebagai berikut:

- Beban satu roda pesawat rencana B-737-400 ( $W_1$ ) = 30.811 lbs.
- Beban satu roda pesawat campuran B-737-400 ( $W_2$ ) = 30.811 lbs.
- *Annual departures* pesawat B-737-400 ( $R_2$ ) = 944 (lihat tabel 5.5)
- EAD (*Equivalent Annual Departures*) pesawat rencana B-737-400 ( $R_1$ ), untuk pesawat campuran B-737-400 ( $R_2 = 944$ ) adalah sebagai berikut :

$$\text{Log } R_1 = \text{Log } R_2 \left| \frac{W_2}{W_1} \right|^{0.5}$$

$$\text{Log } R_1 = \text{Log } 944 \left| \frac{30.811}{30.811} \right|^{0.5}$$

$$\text{Log } R_1 = (\text{Log } 944) (1)$$

$$\text{Log } R_1 = 2,9749$$

$$R_1 = 10^{2,9749} = 944$$

- EAD (*Equivalent Annual Departures*) pesawat rencana B-737-400 ( $R_1$ ), untuk pesawat campuran B-737-300 ( $R_2 = 1870$ ) adalah sebagai berikut :

$$\text{Log } R_1 = \text{Log } R_2 \left| \frac{W_2}{W_1} \right|^{0.5}$$

$$\text{Log } R_1 = \text{Log } 1870 \left| \frac{28.282}{30.417} \right|^{0.5}$$

$$\text{Log } R_1 = (\text{Log } 1870) (0,9643)$$

$$\text{Log } R_1 = 3,155$$

$$R_1 = 10^{3,155} = 1428,894$$

- EAD (*Equivalent Annual Departures*) pesawat rencana B-737-400 ( $R_1$ ), untuk pesawat campuran B-737-200 ( $R_2 = 116$ ) adalah sebagai berikut :

$$\text{Log } R_1 = \text{Log } R_2 \left| \frac{W_2}{W_1} \right|^{0,5}$$

$$\text{Log } R_1 = \text{Log } 116 \left| \frac{21.487}{30.417} \right|^{0,5}$$

$$\text{Log } R_1 = (\text{Log } 116) (0,8405)$$

$$\text{Log } R_1 = 1,735$$

$$R_1 = 10^{1,735} = 54,325$$

- EAD (*Equivalent Annual Departures*) pesawat rencana B-737-400 ( $R_1$ ), untuk pesawat campuran F-28-400 ( $R_2 = 149$ ) adalah sebagai berikut :

$$\text{Log } R_1 = \text{Log } R_2 \left| \frac{W_2}{W_1} \right|^{0,5}$$

$$\text{Log } R_1 = \text{Log } 149 \left| \frac{16.900}{30.417} \right|^{0,5}$$

$$\text{Log } R_1 = (\text{Log } 149) (0,7454)$$

$$\text{Log } R_1 = 1,619$$

$$R_1 = 10^{1,619} = 41,591$$

- EAD (*Equivalent Annual Departures*) pesawat rencana B-737-400 ( $R_1$ ), untuk pesawat campuran MD-82 ( $R_2 = 116$ ) adalah sebagai berikut :

$$\text{Log } R_1 = \text{Log } R_2 \left| \frac{W_2}{W_1} \right|^{0,5}$$

$$\text{Log } R_1 = \text{Log } 116 \left| \frac{32.911}{30.417} \right|^{0,5}$$

$$\text{Log } R_1 = (\text{Log } 116) (1,0402)$$

$$\text{Log } R_1 = 2,147$$

$$R_1 = 10^{2,147} = 140,281$$

Dengan cara yang sama, EAD pesawat rencana untuk pesawat campuran lainnya, dirangkum dalam tabel 5.6 berikut ini.

Tabel 5.6 Perhitungan EAD pesawat rencana

No	Type Pesawat	W <sub>2</sub> (lbs)	W <sub>1</sub> (lbs)	R <sub>2</sub>	R <sub>1</sub>
1	B-737-400	30.417	30.417	944	944
2	B-737-300	28.822	30.417	1870	1428,894
3	B-737-200	21.487	30.417	116	54,325
4	F-28-400	16.900	30.417	149	41,591
5	MD-82	32.911	30.417	116	140,281
$\sum R_1$					2609,091

(FK : Faktor Koreksi : MG : Main Gear)  
Sumber : Hasil analisis 2003

Dari tabel 5.6 diatas, untuk pesawat B-737-400 diperoleh total *Equivalent Annual Departures* ( $\sum R_1$ ) = 2609,091 lebih kecil dari 25.000 maka tidak ada factor koreksi untuk tebal lapis keras dapat dilihat dalam tabel 3.5, sehingga asumsi bahwa B-737-400 membutuhkan lapis keras lentur yang lebih tebal, dan dipakai sebagai pesawat rencana sesungguhnya adalah benar.

### 5. Menentukan Tebal Lapis Keras

Dari tabel 5.4 dan 5.6, didapat data perancangan untuk metode FAA sebagai berikut:

- Jenis pesawat rencana B-737-400
- MTOW = 131.391 lbs.
- Total *Equivalent Annual Departures* = 2609,091
- Nilai CBR *subgrade* 6 %, CBR *subbase course* 45 %,

CBR *base course* 80 %,

Dengan memasukkan data CBR *subgrade* 6 % dan *Equivalent Annual Departures* sebesar 2609,091 pada lampiran 9, maka didapat tebal total lapis keras rencana sebesar:

$$H_t = H_t \text{ dari grafik lampiran 9} + (15\% \times H_t)$$

$$H_t = 30 \text{ inch} + (15\% \times H_t)$$

$$= [30 + (15\% \times 30)] \times 2,54 = 87,63 \text{ cm}$$

(15% adalah angka aman yang di pakai untuk menambahkan ketebalan perkerasan pada saat pengerjaan struktur yaitu sebesar 15% dari total tebal perkerasan ).

Tebal *base course* didapat dengan cara memasukkan data CBR subbase course 45 % dan total *Equivalent Annual Departures* sebesar 2609,091 pada lampiran 9, maka didapat tabel *surface course* dan *base course* sebesar:

$$H_1 + H_2 = 3,0 \text{ inch} + [(15\% \times H_1 + H_2)]$$

$$= 3,0 \text{ inch} + [(15\% \times 3,0)] \times 2,54 = 8,7630 \text{ cm}$$

$$H_1 = 10,5 \text{ cm} \text{ ( tebal minimal surface course adalah } 4 \text{ inch} = 10,16 \text{ cm )}$$

$$H_2 = 10,5 - 8,7630 = 1,74 \text{ cm}$$

Kontrol tebal *base course* minimum digunakan pada table 3.3, maka didapat tebal *base course* minimum sebesar:

$$H_2 = 6,0 \text{ inch}$$

$$= 6,0 \times 2,54 = 15,24 \text{ cm} > 1,74 \text{ cm}$$

di pakai tebal *base course* = 15,24 cm

Setelah tebal *surface course* dan *base course* didapat, maka tebal *subbase course* didapat dari:

$$H_3 = H_t - (H_1 + H_2)$$

$$= 87,63 - (10,5 + 15,24) = 61,89 \text{ cm}$$

Perhitungan jenis pesawat rencana B-737-400, dan B-737-300, MD-82 (sebagai pesawat rencana, untuk perbandingan terhadap pesawat rencana yang dipakai). yang telah ditambah dengan angka aman sebesar 15% dari total perkerasan, hasilnya terangkum dalam tabel 5.7 berikut.

Tabel 5.7 Tebal lapis keras lentur berdasarkan pesawat rencana.

Lapisan	Jenis Pesawat Rencana		
	B -737-300	B -737-400	MD -82
Surface Course ( $H_1$ ) cm	10,5	10,5	10,5
Base Course ( $H_2$ ) cm	15,24	15,24	15,24
Sub Base Course ( $H_3$ ) cm	56,05	61,89	64,81
Tebal total (cm)	81,79	87,63	90,55

Sumber : Hasil analisis 2003

## 6. Perbandingan Tebal Lapis Keras Lentur *Runway* yang Ada

Dari hasil analisis lapis keras lentur pada tabel 5.7 dibanding terhadap lapis keras runway yang ada, seperti terlihat pada pada tabel 5.8 berikut ini.

Tabel 5.8 Perbandingan tebal lapis keras lentur *runway*

Struktur Lapis Keras Landas Pacu	Tebal runway yang ada (Cm)	Tebal runway hasil analisis (Cm)	Hasil konversi analisis (Cm)
Surface Course	17,5	10,5	17,5
Base Course	30,0	15,24	25,18
Sub Base Course	45,0	61,89	45,0
<b>Total perkerasan</b>	92,5	87,63	87,7

Sumber : Hasi analisis 2003

Analisis perbandingan lapis keras lentur landas pacu pada tabel 5.8 dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- Tebal *subbase course* yang dibutuhkan = 61,89 cm
- Tebal *subbase course* yang ada = 45 cm

Berarti terdapat kekurangan tebal *subbase course* yang ada terhadap tebal *subbase course* yang dibutuhkan sebesar :

$$d_1 = 61,89 - 45,0 = 16,89 \text{ cm}$$

Dianggap kekurangan tebal *subbase course* ini menjadi tebal *base course* yang dibutuhkan. digunakan factor ekivalen untuk *base course* batu pecah sebesar 1,4 – 2,0. Dengan mengambil harga rata-rata sebesar 1,7, maka tebal *base course* pengganti *subbase course* yang dibutuhkan sebesar :

$$t_1 = \frac{16,89}{1,7} = 9,94 \text{ cm.}$$

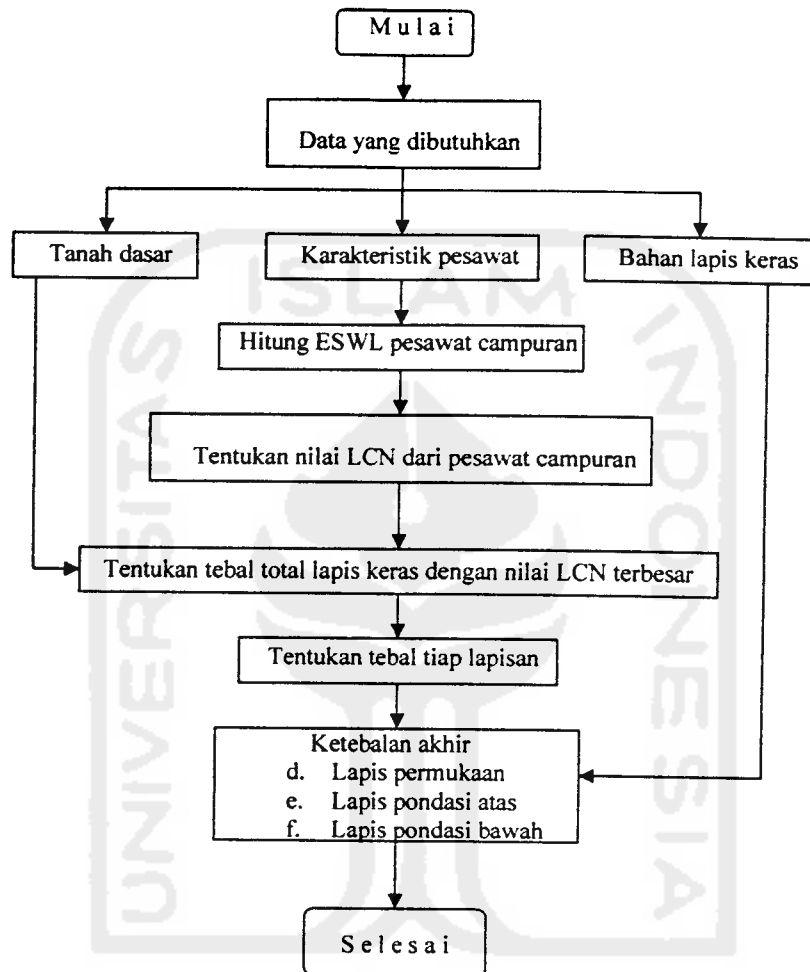
- Tebal *base course* yang dibutuhkan menjadi =  $15,24 + 9,94 = 25,18 \text{ cm.}$
- Tebal *base course* yang ada = 30 cm.

Berarti terdapat kelebihan pada tebal *base course* yang ada terhadap tebal *base course* yang dibutuhkan pada landas pacu (*runway*).

Dari hasil analisis metode FAA, ternyata landas pacu (*runway*) bandar udara Adisutjipto Yogyakarta masih mampu menampung lalu lintas udara yang ada sekarang .

### 5.3 Metode LCN

Dalam merancang lapis keras landas pacu dengan metode LCN, langkah-langkahnya dapat mengikuti bagan alir pada gambar 5.3 berikut ini.



Gambar 5.3 Bagan alir analisis tebal lapis keras landas pacu metode LCN

### 1. Menentukan ESWL (*Equivalent Single Wheel Load*) Pesawat Campuran.

- Contoh menghitung ESWI pesawat B-737-400, dari tabel 5.1 dan 5.4 didapat data sebagai berikut:

- Jenis pesawat : B-737-400
- Type main gear : *Dual Wheel*
- MTOW : 131.391 lbs.
- Tekanan roda : 170 psi
- Distribusi main gear : 46,9 %

Beban roda pada satu *main gear*

$$\begin{aligned} P_d &= \% \text{ distribusi } \textit{main gear} \times \text{MTOW} \\ &= 46,9 \% \times 131.391 \\ &= 61.622 \text{ lbs.} \end{aligned}$$

$$\frac{P_d}{2} = \frac{61.622}{2} = 30.811 \text{ lbs.}$$

- Jarak roda dari sumbu ke sumbu ( $S_d$ ): 30,5 inch

$$2S_d = 30,5 \times 2 = 61 \text{ inch}$$

- Bidang kontak, digunakan persamaan (3-7).

$$\text{Bidang kontak (A)} = \frac{\text{Beban roda}}{\text{Tekanan roda}}$$

$$= \frac{61.622}{170} = 363 \text{ inch}^2$$

$$\text{Bidang kontak satu roda (A}_c) = \frac{363}{2} = 181,5 \text{ inch}^2$$



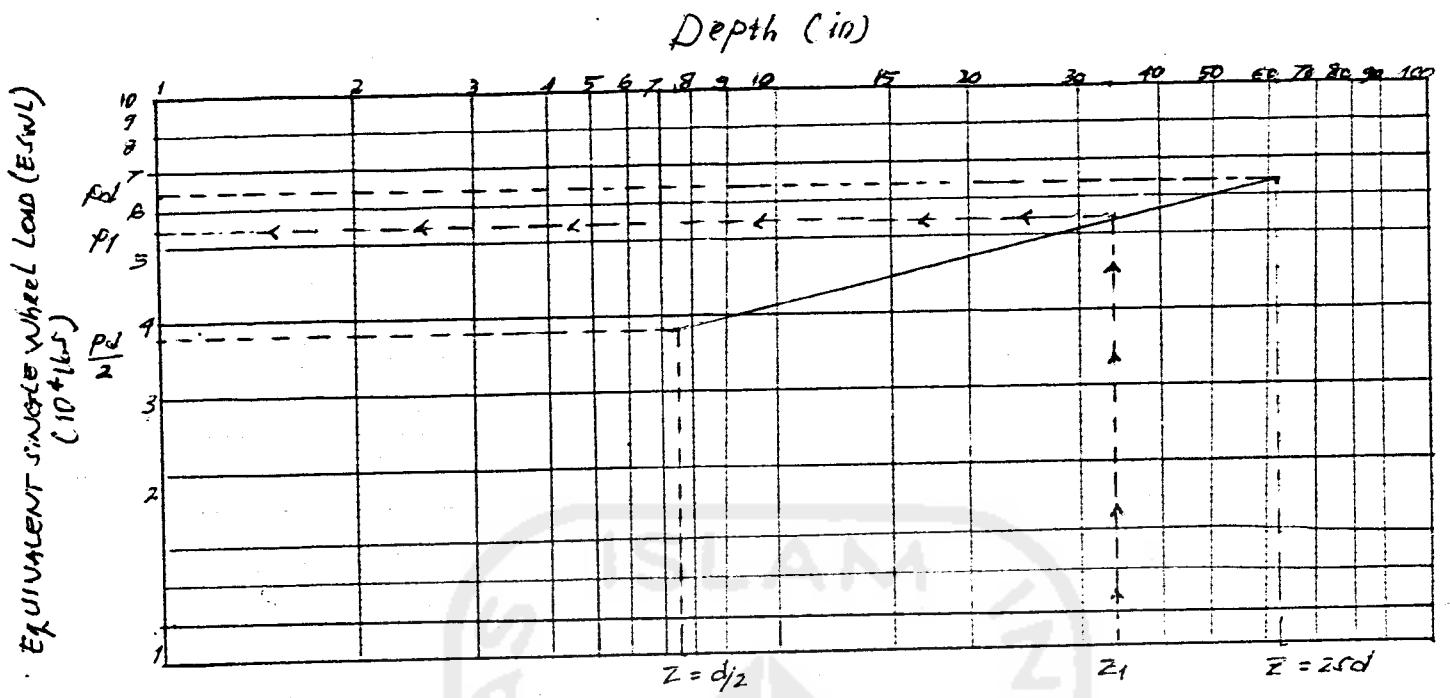
$$\begin{aligned} \text{Radius bidang kontak (r)} &= \sqrt{\frac{A_c}{\pi}} \\ &= \sqrt{\frac{181,5}{\pi}} = 7,6 \text{ inch} \end{aligned}$$

- Jarak dari roda ke roda bagian dalam (d):

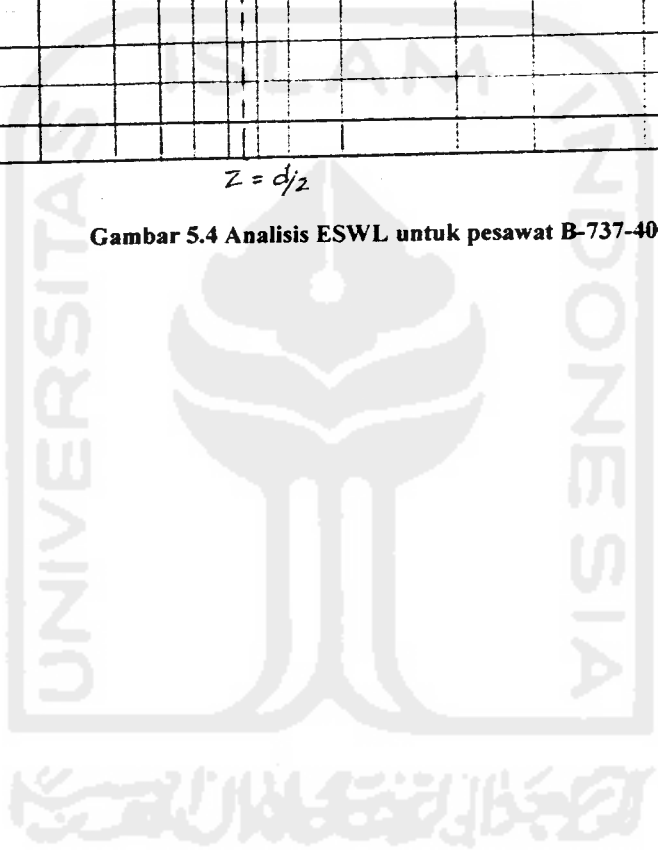
$$\begin{aligned} d &= S_d - 2.r \\ &= 30,5 - (2 \times 7,6) = 15,3 \text{ inch} \end{aligned}$$

$$\frac{d}{2} = \frac{15,3}{2} = 7,65 \text{ inch}$$

Tekanan akibat beban roda tunggal ekuivalen untuk pesawat rencana B-737-400 diasumsikan bahwa beban tunggal ekuivalen bekerja pada kedalaman  $Z_1$  yaitu jarak tepi dalam kedua roda pesawat yang berkerja pada landasan ( $d/2$ ) = 7,65 inch, dan tekanan akibat beban roda ganda yang terjadi pada kedalaman  $Z_1$  yaitu jarak roda dari sumbu ke sumbu ( $2S_d$ ) = 61 inch. Dengan menarik garis dari titik  $Z_1$  (kedalaman) grafik logaritma kemudian diplotkan kedalam titik beban dengan menggunakan gambar 3.8, maka didapatkan beban roda tunggal ekuivalen sebesar  $P_1 = 53.000 \text{ lb}$ , seperti dalam gambar 5.4 berikut ini.



Gambar 5.4 Analisis ESWL untuk pesawat B-737-400



Dengan cara yang sama untuk ESWL, pesawat campuran lainnya, dirangkum dalam tabel 5.9 berikut ini.

Tabel 5.9 Perhitungan nilai ESWL

Jenis Pesawat	MTOW (lbs)	$P_d$ (lbs)	$P_d/2$ (lbs)	T.Roda (psi)	r (in)	$S_d$ (in)	$2S_d$ (in)	d/2 (in)	ES WL (lbs)
B-737-400	131.391	61.622	30.811	170	7,6	30,5	61	7,65	53.000
B-737-300	124.500	57.644	28.822	166	7,4	27,5	55	6,35	48.000
B-737-200	92.616	42.974	21.487	137	7,1	25,5	51	5,65	36.000
F-28-400	73.000	33.580	16.790	98	7,4	23,1	46,2	4,2	29.000
MD-82	138.282	65.822	32.911	172	7,8	40,0	80	12,2	47.000

Sumber: Hasil analisis penulis

## 2. Menentukan Nilai LCN Pesawat

Setelah nilai ESWL didapat, kemudian nilai ESWL dan tekanan roda tadi dimasukkan ke gambar 3.7, maka untuk pesawat B-737-400 didapat nilai LCN sebesar 62. Dengan cara yang sama untuk jenis pesawat lainnya, dirangkum pada tabel 5.10 berikut ini.

Tabel 5.10 nilai LCN berdasarkan ESWL dan tekanan roda

No.	Jenis Pesawat	ESWL (lbs)	Tekanan Roda (psi)	Nilai LCN
1	B-737-400	53.000	170	62
2	B-737-300	48.000	166	58
3	B-737-200	36.000	137	43
4	F-28-400	29.000	98	34
5	MD-82	47.000	172	60

Sumber : Hasil analisis penulis

Berdasarkan tabel 5.10, nilai LCN dihasilkan oleh pesawat rencana B737-400 sebesar 62 dan B-737-300, MD-82 sebagai pesawat perbandingan menghasilkan LCN 58 dan 60. Untuk menentukan tebal lapis keras, nilai LCN sebesar 62 dimasukkan ke dalam lampiran 11, dengan cara sebagai berikut :

- Nilai CBR *subgrade* 6% pada lampiran 4 dan 5 dan nilai LCN 62 pada tabel 5.10, kemudian diplotkan ke dalam kurva perencanaan lapis keras

lentur landas pacu metode LCN yang terdapat pada lampiran 11 didapat tebal total lapis keras sebesar :

$$H_t = 33,5 \text{ inch}$$

$$= 33,5 \times 2,54 = 85,09 \text{ cm} \sim 85,0 \text{ cm.}$$

- Nilai CBR *subbase course* 45% pada lampiran 4 dan 5 dan nilai LCN 62 pada tabel 5.10, kemudian diplotkan kedalam kurva perencanaan lapis keras lentur landas pacu metode LCN yang terdapat pada lampiran 11, didapat tebal lapis keras diatas *subbase course* sebesar :

$$H_1 + H_2 = 12,5 \text{ inch}$$

$$= 12,5 \times 2,54 = 31,75 \text{ cm} \sim 32,0 \text{ cm}$$

Maka tebal *subbase course* ( $H_3$ ) =  $85,0 - 32,0 = 53,0 \text{ cm}$

- Nilai CBR *base course* 80% pada lampiran 4 dan 5 dan nilai LCN 62 pada tabel 5.10, kemudian diplotkan kedalam kurva perencanaan lapis keras lentur landas pacu metode LCN yang terdapat pada lampiran 11, didapat tebal lapis keras diatas *base course* sebesar :

$$H_1 = 6 \text{ inch}$$

$$= 6 \times 2,54 = 15,24 \sim 15,0 \text{ cm}$$

Maka tebal *base course* ( $H_2$ ) =  $32,0 - 15,0 = 17,0 \text{ cm.}$

### 3. Hasil Akhir Tebal Lapis Keras Metode LCN

Hasil akhir tebal lapis keras lentur landas pacu (*runway*) dengan metode LCN, dirangkum dalam tabel 5.11 berikut ini.

Tabel 5.11 Hasil akhir tebal lapis keras metode LCN

No	Material	Tebal Akhir (cm)
1	Surface course Asphalt Penetration / Concrete	15,0
2	Base course Cruhed Base Stone	17,0
3	Subbase course Granular / Cruhed Stone	53,0
Tebal Total		85,0

Sumber : Hasil analisis penulis

#### 4. Analisis Terhadap Tebal Lapis Keras Landas Pacu yang Ada

Dari hasil perancangan lapis keras pada tabel 5.11, dilakukan analisis terhadap lapis keras landas pacu yang ada. Hasil analisis perbandingan dirangkum dalam tabel 5.12 berikut ini.

Tabel 5.12 Perbandingan tebal lapis keras landas pacu

No.	Struktur Lapis Keras Landas Pacu	Tebal Landas Pacu Yang Ada (cm)	Tebal Landas Pacu Hasil Analisis (cm)	Hasil Konversi Analisis (cm)
1	Surface Course	17,5	15,0	17,5
2	Base Course	30,0	17,0	32,5
3	Subbase Course	45,0	53,0	45,0
Total Tebal		92,5	85,0	95,0

Sumber : Analisis penulis

Analisis perbandingan lapis keras lentur landas pacu pada tabel 5.12 dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- Tebal *subbase course* yang dibutuhkan = 53,0 cm
- Tebal *subbase course* yang ada = 45,0 cm

Berarti terdapat kekurangan tebal *subbase course* yang ada terhadap tebal *subbase course* yang dibutuhkan sebesar :

$$d_1 = 53,0 - 45,0 = 8,0 \text{ cm}$$

Kekurangan tebal *subbase course* yang ada terhadap tebal *subbase course* yang dibutuhkan diasumsikan menjadi tebal *base course* yang dibutuhkan.

Pada tabel 2.2, didapat faktor ekuivalen untuk *base course* batu pecah

sebesar 1,4 – 2,0. dengan mengambil harga rata-rata sebesar 1,7, maka tebal *base course* pengganti *subbase course* yang dibutuhkan sebesar setelah distabilisasi.

$$t_1 = \frac{8,0}{1,7} = 4,7 \text{ cm}$$

Tebal *base course* yang dibutuhkan menjadi =  $17,0 + 4,7 = 21,7 \sim 22 \text{ cm}$

Tebal *base course* yang ada = 30 cm

Berarti tebal *base course* yang ada memenuhi ketebalan *base course* yang dibutuhkan, dan tebal *surface course* yang didapat dari perhitungan lebih kecil dibandingkan dengan tebal *surface course* yang ada, sehingga selanjutnya tidak lagi dilakukan pengkonversian tebal lapis keras landas pacu.

Dari hasil analisis dengan metode LCN, ternyata tebal lapis keras landas pacu bandar udara Adisutjipto Yogyakarta yang ada masih mampu untuk melayani beban pesawat terbesar / pesawat rencana yang beroperasi di bandar udara yang ada sekarang.

## 5.4 Pembahasan Perkerasan Hasil Analisis

Dengan menggunakan data perancangan yang sama, dan metode perancangan CBR, FAA, dan LCN, dalam menentukan tebal lapis keras lentur landas pacu bandar udara Adisutjipto Yogyakarta yang dianalisis pada prinsipnya sama, yaitu: merancang ketebalan lapis keras yang mampu menampung lalu lintas udara yang direncanakan selama umur rencana, sehingga dapat melayani jenis dan karakteristik pesawat yang direncanakan, secara aman dan nyaman didalam melakukan manuver.

### 5.4.1 Tinjauan Umum

Hasil analisis tebal lapis keras lentur landas pacu bandar udara Adisutjipto Yogyakarta, dirangkum dalam tabel 5.13 berikut ini.

Tabel 5.13 Hasil perancangan tebal lapis keras lentur landas pacu

Metode	Tebal Lapis Keras ( cm )			
	<i>Surface Course</i>	<i>Base Course</i>	<i>Subbase Course</i>	<i>Total</i>
<b>CBR</b>	10,5	12,5	79,0	102
<b>FAA</b>	10,5	15,24	61,89	87,63
<b>LCN</b>	15,0	17,0	53,0	85,0

Sumber : Hasil analisis penulis

Pada tabel 5.13 dapat dilihat, bahwa hasil akhir dari tebal lapis keras lentur landas pacu dengan menggunakan data perancangan yang sama dan metode perancangan CBR, FAA, dan LCN, ternyata diperoleh hasil perhitungan tebal total lapis keras yang berlainan, tebal total lapis keras paling tipis adalah metode LCN dengan hasil 85,0 cm.

Perbedaan hasil akhir tebal lapis keras yang dihasilkan ketiga metode tersebut pada tabel 5.13, dikarenakan adanya perbedaan asumsi, parameter, dan prosedur perancangan yang dipergunakan dalam penelitian dan pengembangan

permasalahan lapis keras yang dilakukan oleh masing-masing badan penerbangan yang mengeluarkan metode tersebut.

#### 5.4.2 Tinjauan Teknis

Secara teknis penggunaan metode perancangan CBR, LCN, dan FAA adalah perbandingan teori dari setiap metode yang digunakan untuk menentukan tebal lapis keras, antara lain mengenai pembebanan oleh pesawat terhadap perkerasan landas pacu, kategori *traffic area* pada landas pacu, daya dukung tanah dasar, dan prosedur perancangan lainnya.

##### 1. Metode CBR

Pada metode CBR, pembebanan landas pacu ditentukan berdasarkan karakteristik dan konfigurasi roda pendaratan pesawat yang beroperasi di bandar udara tersebut, serta kategori *traffic area* pada landas pacu. Perhitungan tebal lapis keras dengan metode CBR, dilakukan dengan menggunakan pembebanan pesawat dan kategori *traffic area*, serta daya dukung tanah dasar.

Kesamaan metode CBR dengan metode FAA dan LCN, bahwa daya dukung tanah dasar dan bahan lapis keras (*subbase* dan *base course*) dinyatakan dalam nilai CBR.

##### 2. Metode FAA

Dalam menentukan tebal lapis keras, metode FAA menggunakan pesawat rencana yaitu pesawat terbesar B-737-400 yang menghasilkan ketebalan lapis keras terbesar dengan *Equivalent Annual Departures* (EAD) terbesar.

Perbedaan dengan metode CBR dan LCN, pada metode FAA jumlah pergerakan pesawat campuran ( pesawat yang akan dilayani), dinyatakan dalam



jumlah EAD (*Equivalent Annual Departures*) pesawat rencana. *Annual Departures* dari semua jenis pesawat yang akan dilayani, dikonversikan kedalam *Annual Departures* pesawat rencana dengan faktor konversi dari tipe roda pendaratan utama (*main gear*) dan roda depan (*nose gear*), tergantung dari jenis dan konfigurasi roda pendaratan utama pesawat tersebut.

Kesamaan dengan metode CBR dan LCN, daya dukung tanah dasar, bahan lapis keras (*subbase course* dan *base course*) dinyatakan dalam nilai CBR. Dengan menggunakan bahan yang distabilisasi untuk *subbase course* dan *base course*, maka tebal lapisan tersebut dapat dikurangi dengan faktor ekuivalen, tetapi tebal lapisan ini harus memenuhi syarat tebal minimum yang ditetapkan.

### 3. Metode LCN

Pada metode perancangan LCN, jumlah pergerakan dan komposisi dari lalu lintas pesawat tidak diperhitungkan, yang diperhitungkan dalam menentukan tebal lapis keras hanya pesawat yang mempunyai nilai LCN terbesar, sehingga didapat total tebal lapis keras terbesar. Perhitungan tebal lapis keras dalam metode LCN, dilakukan dengan menggunakan sistem roda tunggal ekuivalen atau ESWL (*Equivalent Single Wheel Load*), sehingga dapat dikatakan bahwa nilai LCN merupakan fungsi dari ESWL dan tekanan roda (*tire pressure*).

Untuk menentukan tebal tiap bagian lapis keras, maka daya dukung tanah dasar dan bahan lapis keras (*subbase course* dan *base course*) dinyatakan dalam nilai CBR.

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 7.1 Kesimpulan

Dari hasil perancangan lapis keras lentur landas pacu bandar udara Adisujipto Yogyakarta penulis dapat menyimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Dengan menggunakan metode perancangan CBR, FAA dan LCN didalam menganalisis, ternyata masing-masing metode menghasilkan tebal total lapis keras lentur landas pacu yang berbeda, terhadap tebal lapis keras landas pacu yang ada. Sehingga diperoleh tebal total lapis keras lentur landas pacu hasil konversi analisis dari ketiga metode diatas.
2. Dengan menggunakan pesawat B-737-400 diperoleh total *Equivalent Annual Departures* ( $\sum R_i$ ) = 2609,091 lebih kecil dari 25.000 maka tidak ada faktor koreksi untuk tebal lapis keras landas pacu, sehingga asumsi bahwa pesawat B-737-400 membutuhkan lapis keras lentur yang lebih tebal dan dipakai sebagai pesawat rencana sesungguhnya adalah benar.
3. Dari perhitungan tebal total lapis keras lentur landas pacu dengan menggunakan pesawat rencana B-737-400 didapat tebal total lapis perkerasan terkecil (paling tipis) yang dihasilkan oleh metode LCN dan tebal total perkerasan terbesar (paling tebal) diperoleh dari metode FAA dan CBR.

## 7.2 Saran

Dari hasil perancangan lapis keras lentur landas pacu bandar udara Adisutjipto Yogyakarta yang dilakukan, penulis mengajukan beberapa saran sebagai berikut :

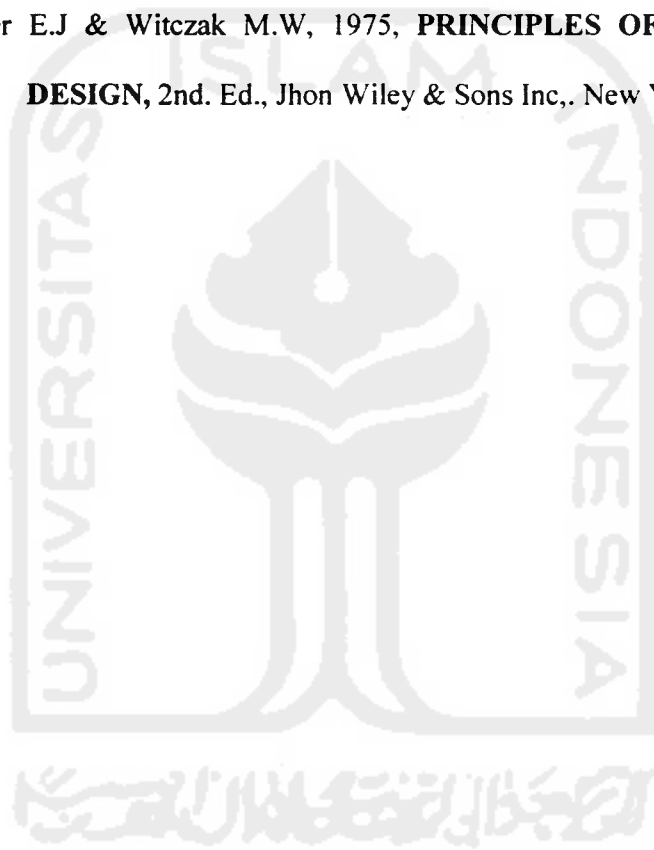
- perlu diadakan analisis terhadap tebal lapis keras landas pacu untuk ramalan lalulintas bandar udara Adisutjipto Yogyakarta dengan mempertimbangkan perkembangan teknologi pesawat terbang, agar lalulintas yang akan datang dapat dilayani oleh landas pacu yang ada pada saat sekarang.



## DAFTAR PUSTAKA

1. Boing Commercial Airplane Group, 1990, Airplane Characteristics for Airport Planing, B-737-300/ 400/ 500 D6-58325-2, Washington DC.
2. Basuki Heru 1990, merancang, merencanakan lapangan terbang, Alumni, Bandung.
3. Horonjeff Robert, McKelvey, Francis X, 1988, **PLANNING AND DESIGN OF AIRPORTS**, Edisi Ketiga, Jilid 1, ERLANGGA, Jakarta.
4. Horonjeff Robert, McKelvey, Francis X, 1993, **PLANNING AND DESIGN OF AIRPORTS**, Edisi Ketiga, Jilid 2, ERLANGGA, Jakarta.
5. ICAO, 1983, **AIRPORTS PLANNING MANUAL PART 1 : MASTER PLANNING**, First Edition, Montreal, Que, Canada.
6. Pranoto, DP, 1998, **LALU LINTAS DAN LANDAS PACU BANDAR UDARA**, Edisi pertama, Andi Offset, Yogyakarta.
7. PT.(PERSERO) ANGKASA PURA I, 2001, **DATA FASILITAS DINAS TEKNIK UMUM, BANDAR UDARA ADISUTJIPTO**, Yogyakarta
8. Sargious Michel , 1975, **PAVEMENTS AND SURFACINGS FOR HIGHWAYS AND AIRPORTS**, Applied Science Publishers Ltd. London.

9. Sukirman Silvia, 1992 , **PERENCANAAN TEBAL LAPIS KERAS LENTUR**, Edisi pertama, Nova, Bandung.
10. Wardhani Sartono, 1992, **AIRPORT ENGINEERING, pt. 1: Geometric Design, Literature**, Yogyakarta.
11. Wardhani Sartono, 1992, **AIRPORT ENGINEERING, pt. 1: Pavement Design, Literature**, Yogyakarta.
12. Yoder E.J & Witzak M.W, 1975, **PRINCIPLES OF PAVEMENT DESIGN**, 2nd. Ed., Jhon Wiley & Sons Inc., New York.



# LAMPIRAN



KETERANGAN

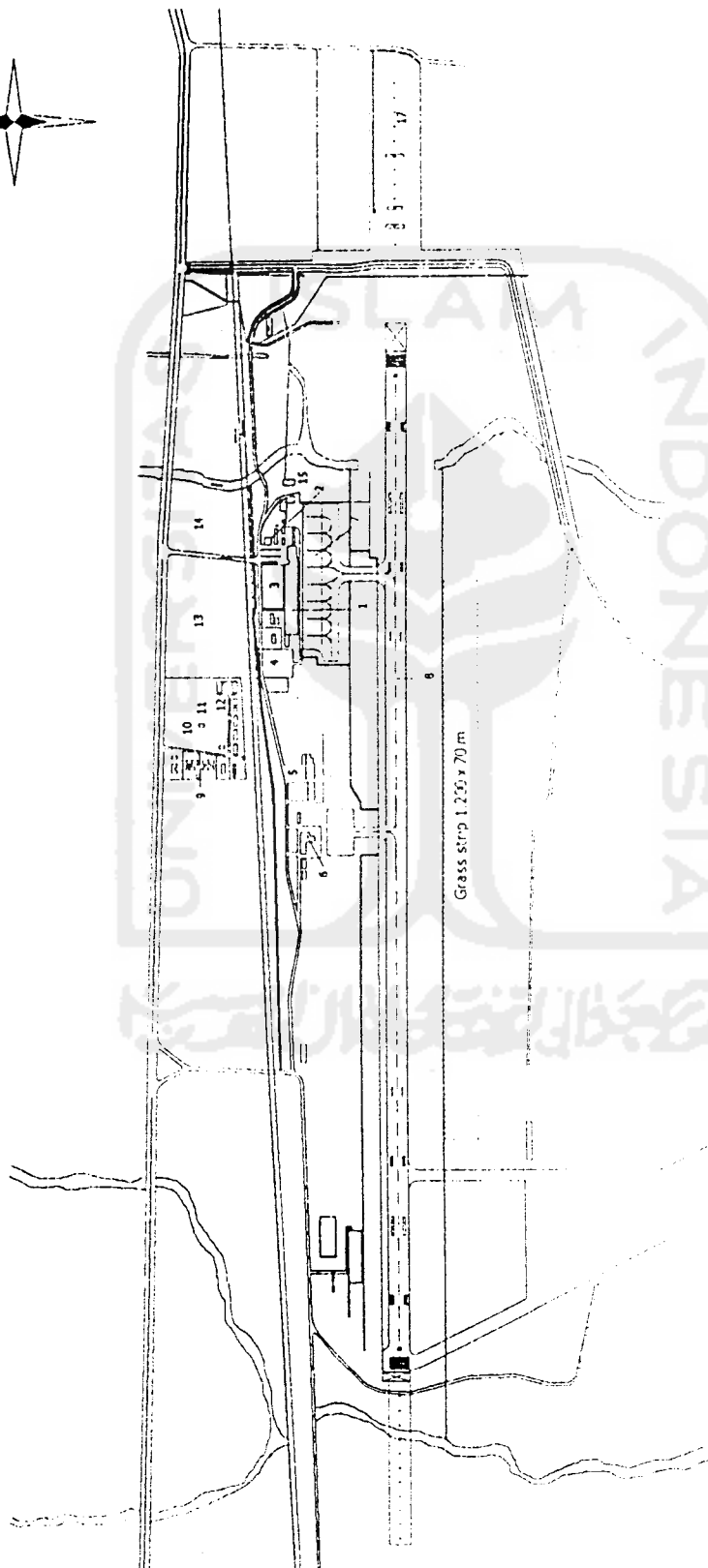
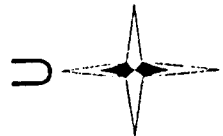
PERUBAHAN

No	Uraian	Revisi	Tgl
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			

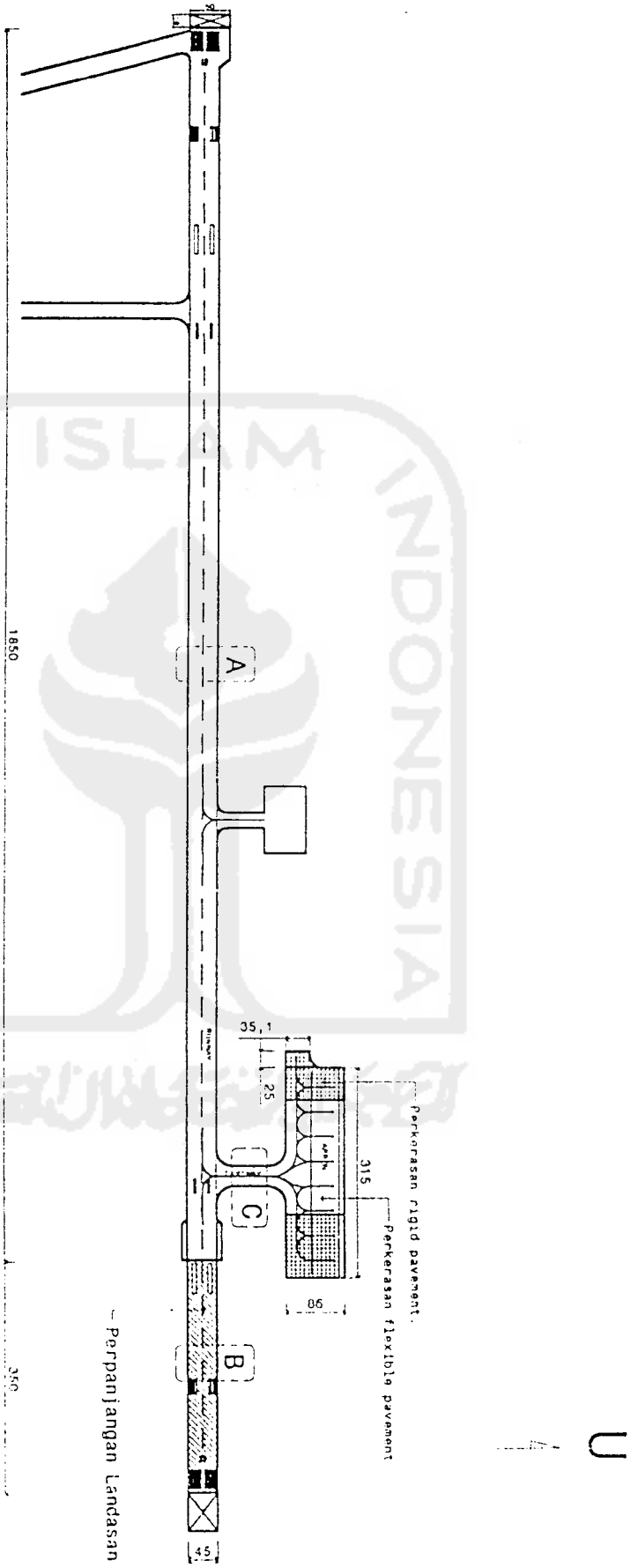
KONSULTAN



No	Nama	Jabatan	Alamat	Telepon	Fax	Website
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						



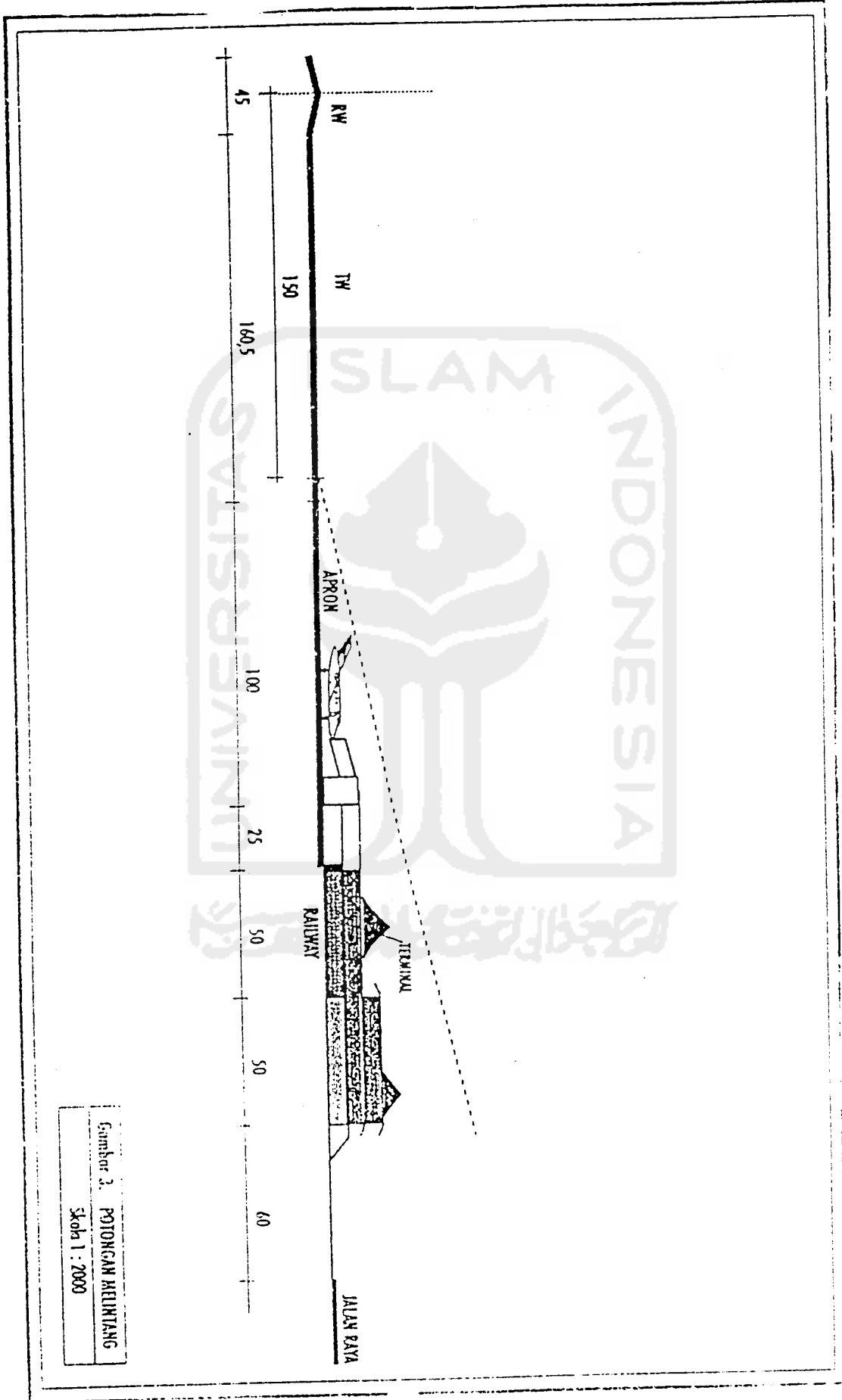
- KETERANGAN:
1. Terminal Penumpang
  2. Parkiran AP-1
  3. Halaman Parkir Kendaraan
  4. Pestambola
  5. P3P PK
  6. Tower / Base Ops.
  7. Apron
  8. Landasan
  9. Komplek/ Terminal AP-1
  10. Jalan / Run Direction (Passive)
  11. Lapangan PCK
  12. BSI (Power House)
  13. Bus Stop Halangan I
  14. Bus Stop Halangan II
  15. Terminal Langer
  16. Landang Pinda
  17. Sistem Patch Lighting System



GB. SITUASI LANDASAN

Perpanjangan Landasan Th. 1995





Gambar 3. POTONGAN MELINTANG  
Skala 1 : 2000

PT (PERSERO) ANGKASA PURA I  
BANDAR UDARA ADISUTJIPTO  
YOGYAKARTA

### SPEKIFIKASI BANDAR UDARA

- A. NAMA : Bandara : Adisutjipto  
Telepon : (0274) 512144, 560108, 560179  
Telex : 25172  
Facsimile: 560155  
Alamat : Jl. Solo Km. 9 Yogyakarta.
- B. KLASIFIKASI BANDARA : Klas IB
- C. LOKASI / LUAS : 07,47 LS - 110,26 BT / areal = 88.690 m<sup>2</sup>.
- D. ELEVASI : 107 m.
- E. KODE ICAO / IATA : ICAO = WIIJ / IATA = JOG
- F. JAM OPERASI : 06.00 - 21.00 WIB.
- G. JARAK DARI KOTA : 9 Km.
- H. LANDASAN : Sebutan : RWY 09 / RWY 27  
Sudut Magnetik: 08,6 / 26,8  
Ukuran : 2.200 x 45 m.  
Kekuatan : PCN 38 FCXT.  
Permukaan : Asphalt concrete.
- I. APRON : Kekuatan : 110.000 lbs.  
Permukaan : Asphalt concrete.  
Kapasitas : 8 parking standart B-737 dan sejenisnya.  
Luas : Aspal beton = 14.749 m<sup>2</sup>.  
Semen concrete = 123,41 m<sup>2</sup>.
- J. TERMINAL : Domestik (Kedatangan dan keberangkatan),  
Luas = 4.480 m<sup>2</sup>.
- K. JALAN DAN PARKIR : Jl. Umum dan parkir = 2.241 m<sup>2</sup>.
- L. FASILITAS PENGAMANAN / AUDIO VISUAL & KOMPUTER: X-Ray, Walkthrough, Handy metal detector, Explosive detector, PAS, PABX.
- M. CATU DAYA LISTRIK : PLN : 555 KVA.  
Standby genset: 500 dan 250 KVA.  
UPS : nil.
- N. FASILITAS KOMUNIKASI : ADC, APP, Facsimile, Automatic Massage Switching Center, Telex (Visat), Direct Speech (Visat), TTY, Radio komunikasi (SSB).
- O. PKP-PK : Disyaratkan = CAT 7.  
Tersedia = CAT 7.
- P. ALAT BANTU NAVIGASI : NDB, ILS, DVOR, DME, ATIS, RVR.
- Q. VISUAL AIDS : Runway Light, Pals CAT 1, SQFL, Threshold Vasi, Approach Light, Landing T, Taxiway.
- R. PELAYANAN METEO : Pengamatan = ada.  
Prakiraan = ada.  
Radio & Telekomunikasi = ada.
- S. MEKANIKAL / AIR : Sumur gali, kapasitas total = 60 liter / detik.  
AC Control = 2.619.400 BTU/H.  
Conveyor = 4 unit.  
Mower = 2 unit.  
Alat Besar = 2 unit.
- T. TRANSPORTASI : Taxi.
- U. FASILITAS PENUNJANG : Bea cukai, Karantina hewan / tumbuhan, imigrasi (on call), Gedung Cargo, DPPU Pertamina.
- V. PELAYANAN UMUM : Money Changer, Restaurant, Telepon Umum, Waving Galery.

**PRA RENCANA  
PENGEMBANGAN TERMINAL TERPADU DAN BANDARA ADI SUTJIPTO  
YOGYAKARTA**

**A. Kondisi Teknis Bandar Udara Saat Ini**

1. Koordinat geografis : 07°47' S - 110°28' E
2. Elevasi : 107 meter di atas MSL
3. Letak : ± 8 km arah Timur Yogyakarta
4. Panjang Landas Pacu : 2.200 meter
5. Lebar Landas Pacu : 45 meter (kategori 4 E)
6. Daya Dukung : PCN 40 / F / B / Y / T
7. Pesawat Kritis : B - 737 - 500
8. Tebal Perkerasan Landas Pacu : 92 cm
8. Air Strip : 150 meter
9. Luas Apron Total : 27.090 m<sup>2</sup> ( 86 m x 315 m)
10. Luas Taxiway : 3.075 m<sup>2</sup> ( 30 m x 102,50 m)
12. Luas Terminal : 5.223,94 m<sup>2</sup>
13. Alat Bantu Pendaratan : ILS, Radar, NDB, DVOR, DME, CCR, Hazard Beacon

**B. Lalulintas Angkutan Udara**

1. Volume penumpang angkutan udara 1998 : 510.035 orang
2. Prediksi penumpang angkutan udara 2010 : 1.500.000 orang
3. Pesawat kritis rencana : MD - 11

**C. Kebutuhan Fasilitas Terminal Terpadu**

1. Konsep pengembangan fasilitas terpadu bandar udara Internasional, angkutan kereta api dan angkutan jalan raya (lihat gambar pra rencana terlampir)
2. Panjang Landas Pacu : 2.600 meter
3. Lebar Landas Pacu : 45 meter (kategori 4 E)
3. Daya Dukung Landasan : PCN 58 / F / B / Y / T (Full capacity)
4. Tebal Landas Pacu : 117 cm
5. Overlay Landasan Lama setebal : 25 cm
6. Perpanjangan Arah Landasan : ke arah Barat (R/W 09)

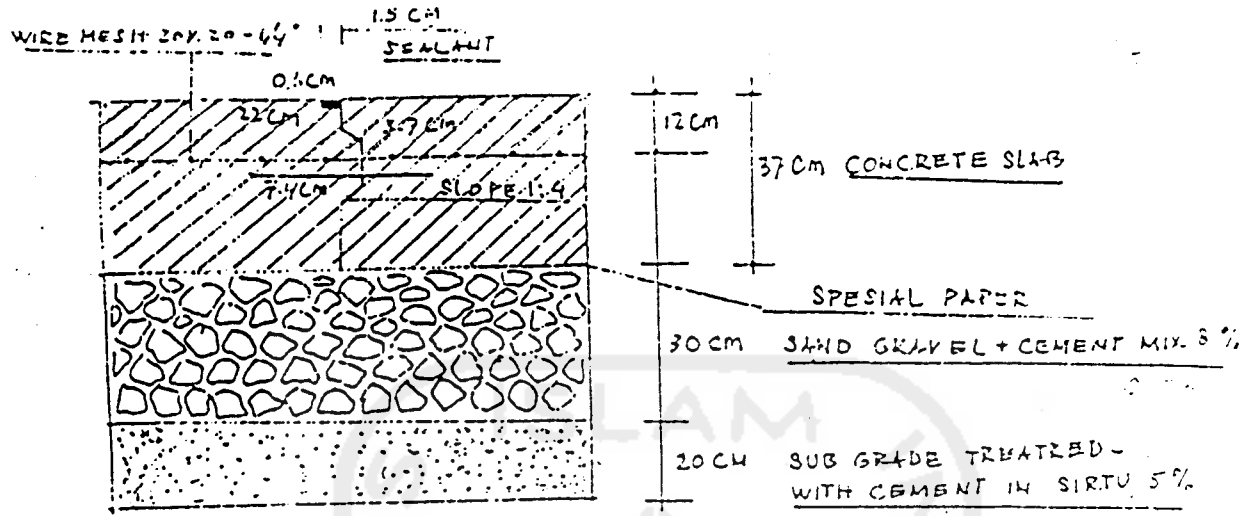
Data Landasan Pacu Bandar Udara Adisucipto Jogjakarta

No.	Data Landas Pacu	Kondisi
1	Konfigurasi	Single Runway
2	Pelayanan	Kedatangan & Keberangkatan
3	Lokasi	RWY 09 / RWY 27
4	Elevasi	107 m.
5	Surface Course	Asphalt Concrete = 7,5 cm. Asphalt Penetration = 10 cm
6	Base Course	Crushed Base Stone = 30 cm. (CBR = 80%)
7	Subbase Course	Granular / Crushed Stone = 45 cm. (CBR = 45%)
8	Subgrade	Tanah Asli / Galian (CBR = 6%)
9	Lebar	45 m.
10	Panjang Landasan	Runway = 2200 m. Overrun = 60 m.
11	Effective Gradient	0,1736 %
12	Longitudinal Slope	
	Sta. 000 – 059	-0,010 % sd. -0,760 %
	Sta. 059 – 232	+0,032 % sd. + 0,980 %
	Sta 232 – 370	-0,010 % sd. -0,960 %
13	Maximum Slope Changes	0,42 %
14	Distance Between Slope Changes	
	Sta. 000 – 059	295 m.
	Sta. 059 – 232	865 m.
	Sta 232 -- 370	690 m.
15	Transverse Slope	1,5 % (sisi utara & selatan)

Sumber: PT. (persero) Angkasa Pura I

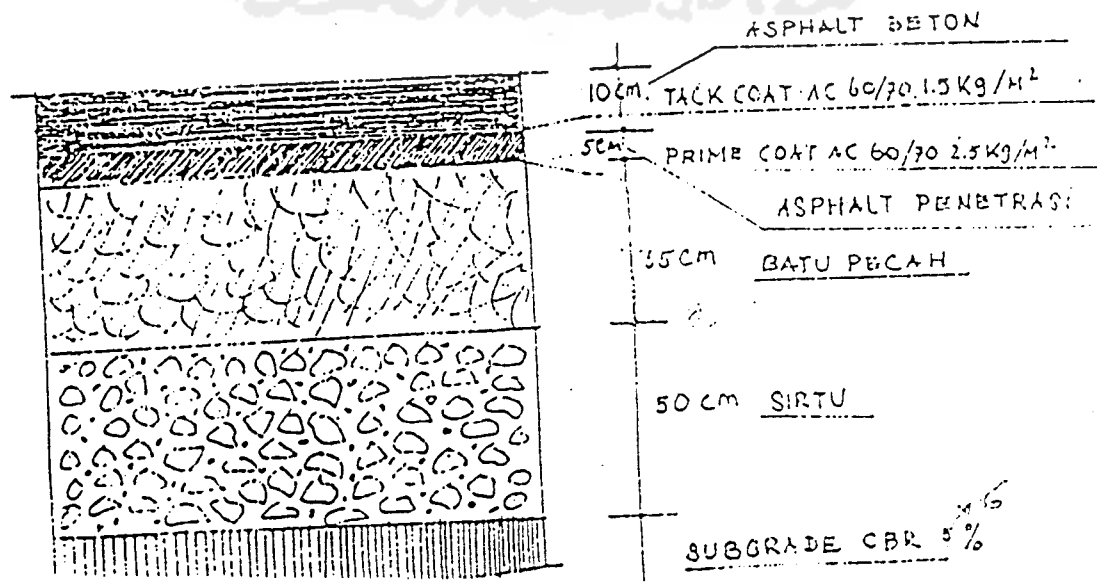
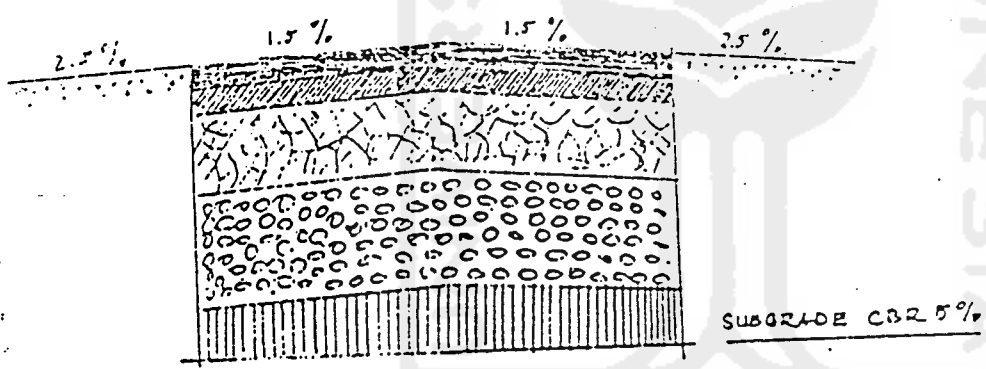
Komposisi HINGED CONTRACTION JOINT

Untuk perluasan Apron tahun Anggaran 1991/1992.



Komposisi Jalan pesawat / Taxiway .

Tahun Anggaran 1991/1992



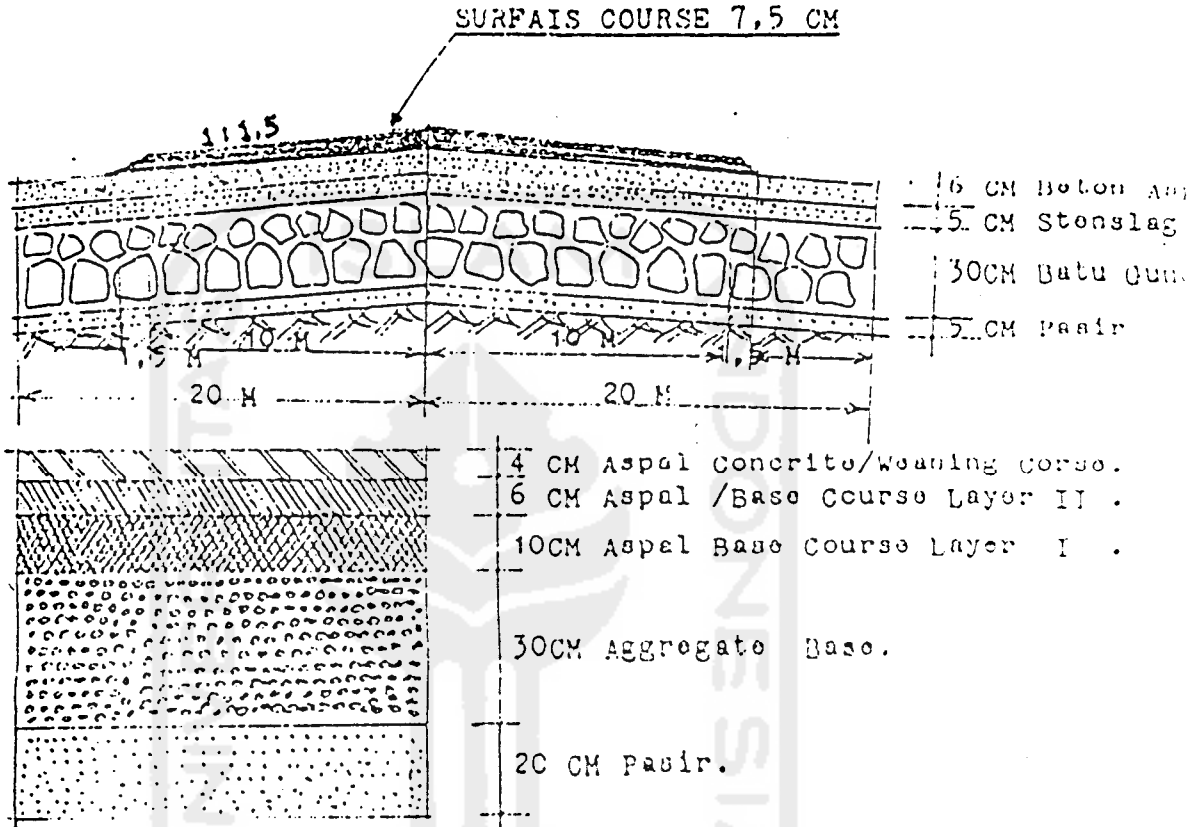
II. Informasi tambahan yang dibutuhkan untuk penilaian.

a. Teknis.

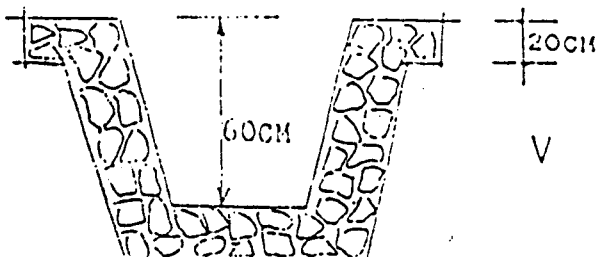
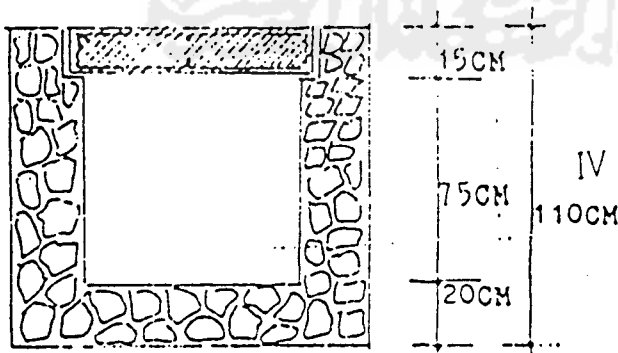
Informasi yang dibutuhkan tentang konstruksi bangunan lain yaitu:

Ketebalan dan komposisi lapisan konstruksi.

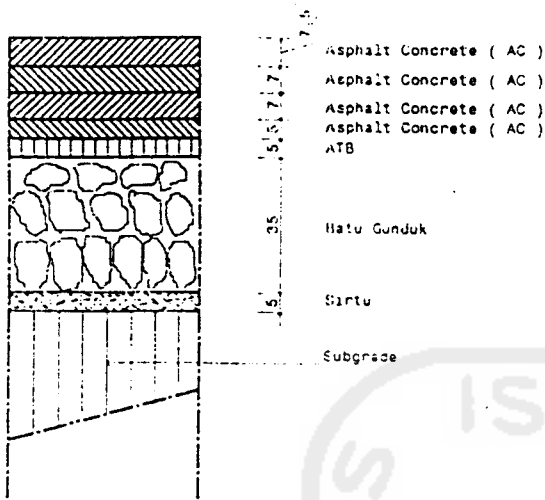
Komposisi lapisan konstruksi landasan/Apron beton aspal dan Taxiway. Tahun 1972/1973.



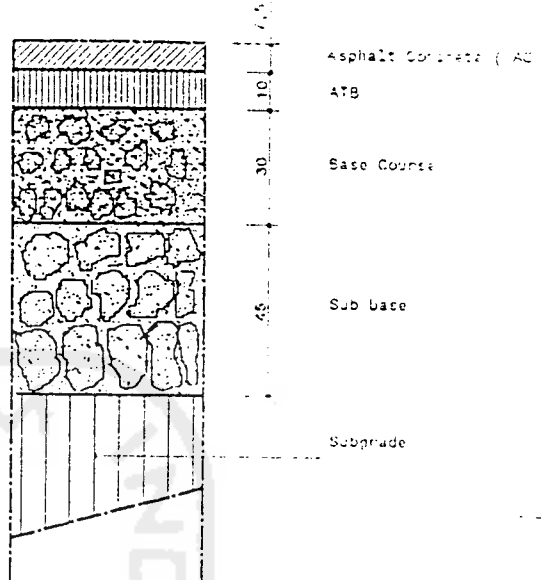
Komposisi Drainage tertutup/Terbuka.



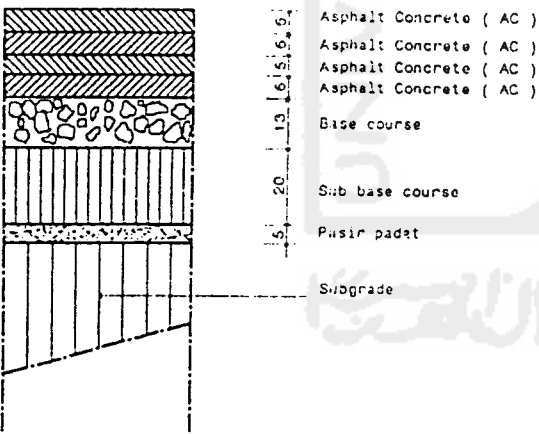
Lampiran 5



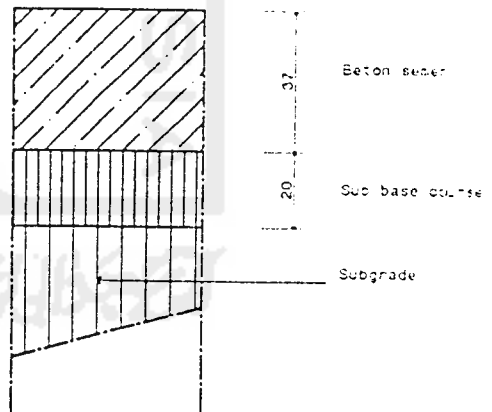
DETAIL PERKERASAN LANDASAN



DETAIL PERKERASAN LANDASAN



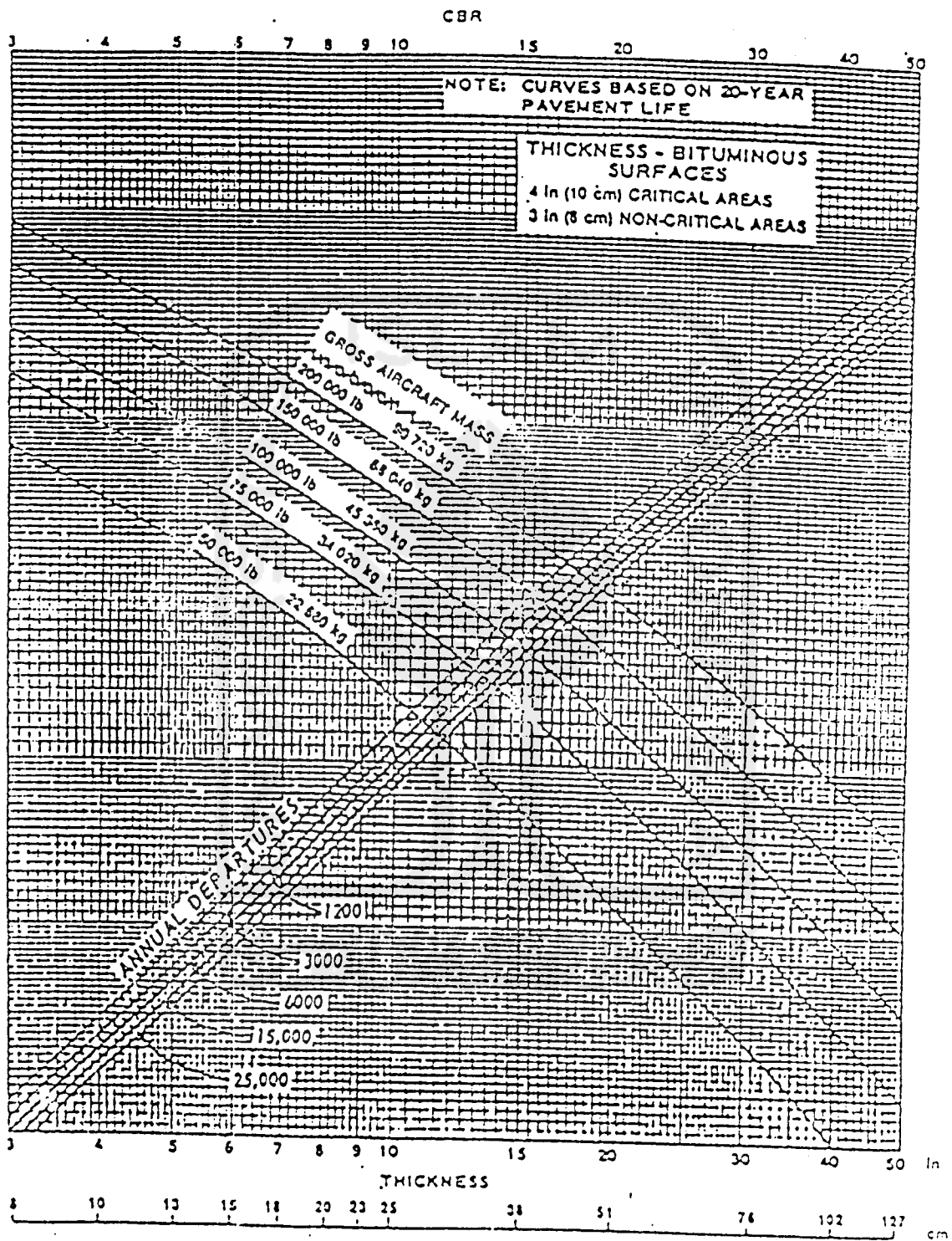
DETAIL PERKERASAN TAXIWAY



DETAIL PERKERASAN APRON RIGID



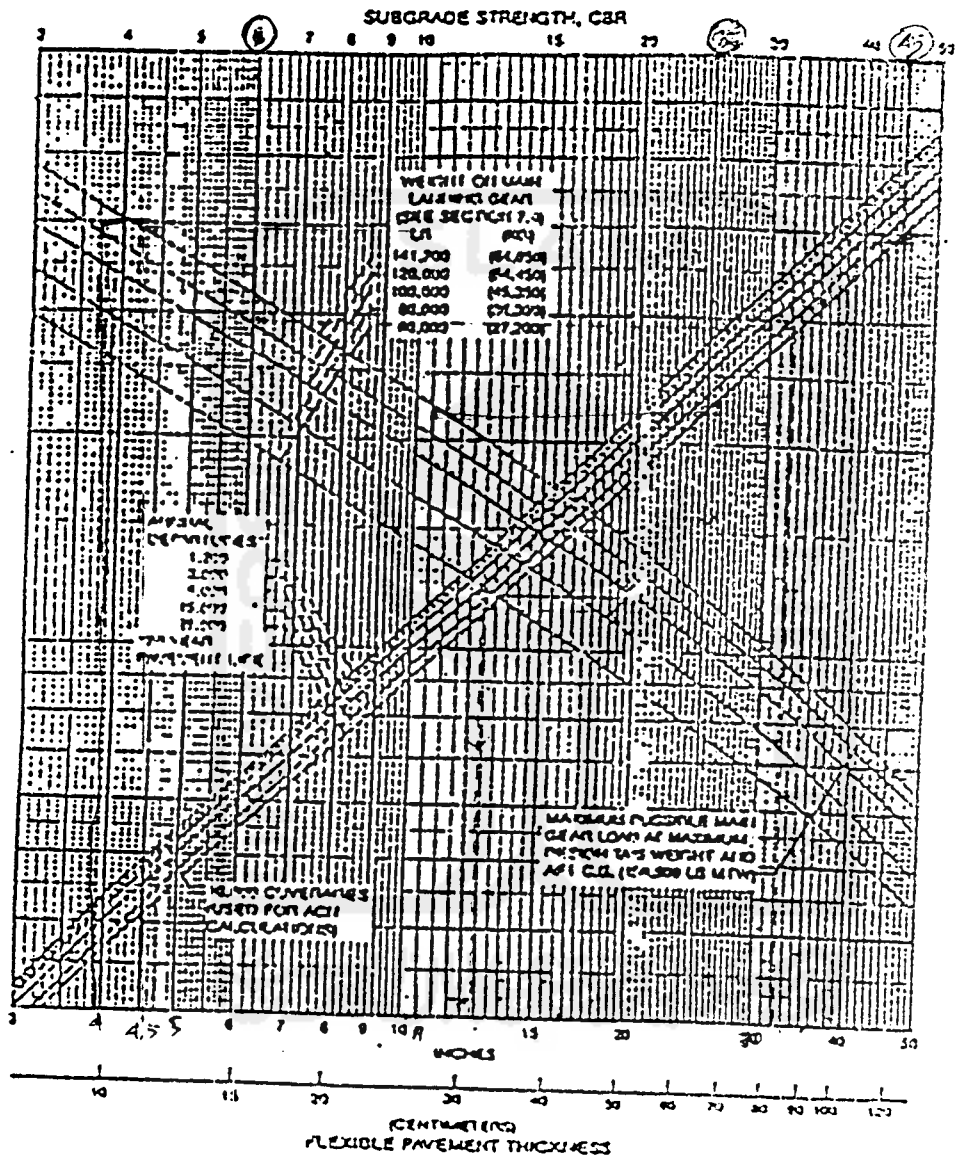
STRUKTUR LAPISAN PERK. LANDASAN, T/W DAN APRON



Sumber: FAA AC 150/5320-6D, 1995

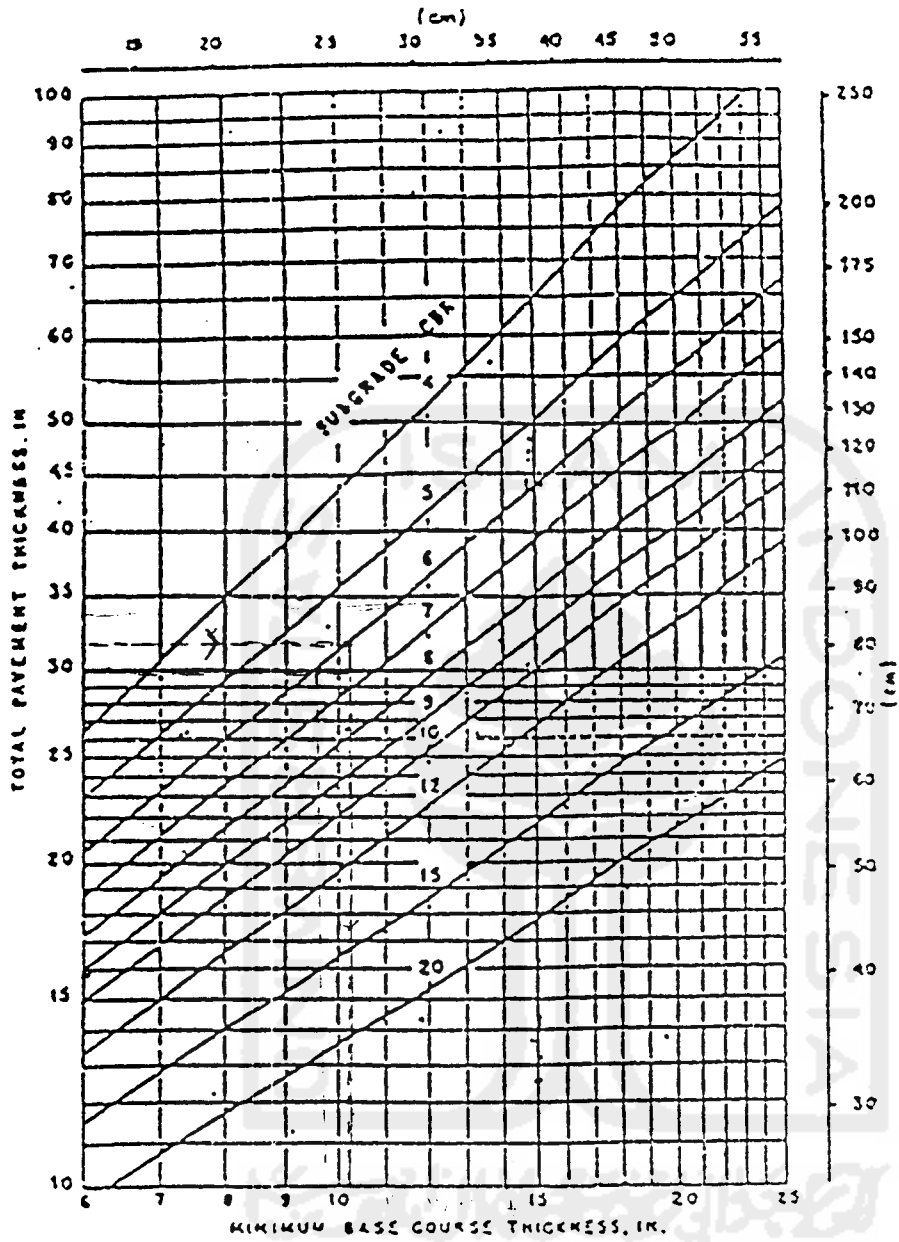
Grafik 3.2 Grafik penentuan tebal perkerasan lentur untuk pesawat F-27 dan F-28



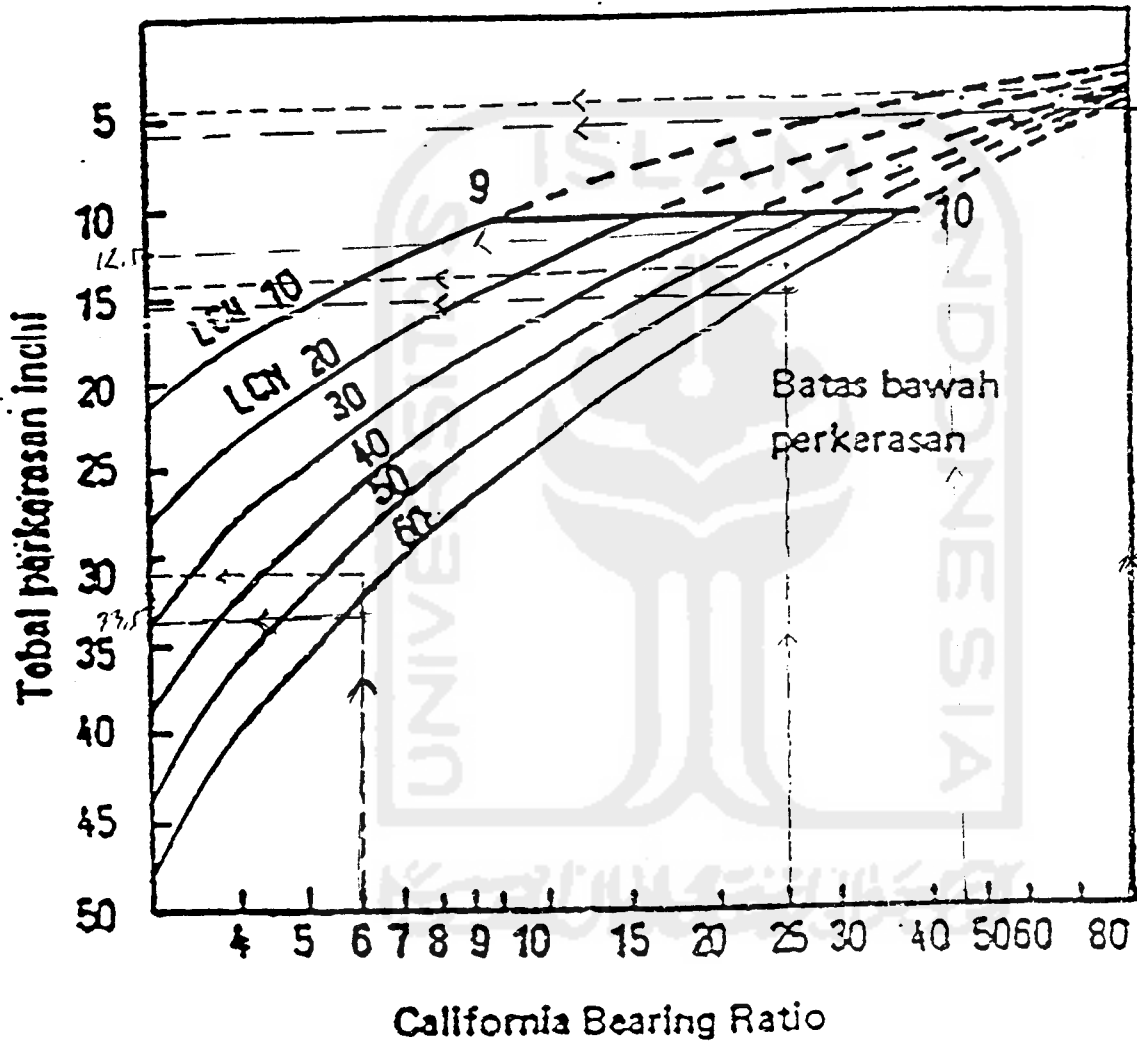


Kurva Perencanaan Lapis Keras Lentur untuk B-737-300/400/500

Sumber: Boeing Commercial Airplane Group (1990)



Kurva Perencanaan Tebal Minimum Base Course  
 Sumber: Wardhani S. [1992]



Kurva Perencanaan Lapis Keras Lentur Untuk Landas Pacu Metode LCN

Sumber: Heru Basuki [1985]



# PT (PERSERO) ANGKASA PURA I

## KANTOR CABANG

### BANDAR UDARA ADISUTJIPTO - YOGYAKARTA

Bandar Udara Adisutjipto Yogyakarta 55282, Jl. Solo Km. 9 Telp. (0274) 512143, 498261 s/d 498266 (Hunting) Telex. 25172, Facs. 560155 Kotak Pos No. 2 YK. Airport

## JADWAL PENERBANGAN REGULER

MULAI BERLAKU 25 MARET 2004

KEDATANGAN / ARRIVAL				REMARK AIRLINES	KEBERANGKATAN / DEPARTURE						REMARK AIRLINES
DARI FROM	NO PNB FLT NR	JAM TIME	HARI DAYS		KE TO	NO PNB FLT NR	JAM TIME	HARI DAYS	TIPE TYPE	JML SEAT	
<b>DOMESTIK</b>					<b>DOMESTIK</b>						
<b>JAKARTA</b>					<b>JAKARTA</b>						737-260 → hps
JKT	GA-200	07.00	DAILY	GARUDA	JKT	MZ-308	06.30	1.3.5..	B732	110	MERPATI
JKT	JT-552	07.00	1...67	LION AIR	JKT	MZ-310	06.30	2.4.67	B732	110	MERPATI
JKT	BO-111	08.00	DAILY	BOURAQ	JKT	GA-201	06.50	DAILY	B-733	110	GARUDA
JKT	GA-420	09.30	DAILY	GARUDA	JKT	JT-559	06.50	DAILY	MD-82	152	LION AIR
JKT	GA-216	10.00	3.5.7	GARUDA	JKT	GA-203	08.20	DAILY	B-733	110	GARUDA
JKT	GA-010	10.25	DAILY	CITILINK	JKT	GA-217	10.40	3.5.7	B-733	110	GARUDA
JKT	GA-202	11.00	DAILY	GARUDA	JKT	GA-205	11.40	DAILY	B-733	110	GARUDA
JKT	JT-556	11.05	DAILY	LION AIR	JKT	GA-011	11.25	DAILY	B-733	110	CITILINK
JKT	GA-204	12.20	DAILY	GARUDA	JKT	JT-555	11.45	DAILY	MD-82	152	LION AIR
JKT	GA-206	14.20	DAILY	GARUDA	JKT	GA-207	13.00	DAILY	B-733	110	GARUDA
JKT	GA-208	15.30	DAILY	GARUDA	JKT	GA-209	15.00	DAILY	B-734	134	GARUDA
JKT	JT-550	15.40	DAILY	LION AIR	JKT	BO-110	16.00	DAILY	B-732	110	BOURAQ
JKT	JT-554	16.45	DAILY	LION AIR	JKT	GA-211	16.10	DAILY	B-733	110	GARUDA
JKT	GA-210	17.20	DAILY	GARUDA	JKT	JT-551	16.10	DAILY	MD-82	152	LION AIR
JKT	GA-212	18.20	DAILY	GARUDA	JKT	GA-421	17.10	DAILY	B-733	110	GARUDA
JKT	BO-113	18.30	DAILY	BOURAQ	JKT	JT-557	17.20	DAILY	MD-82	152	LION AIR
JKT	RI-256	18.45	DAILY	MANDALA	JKT	GA-213	18.00	DAILY	B-734	134	GARUDA
JKT	GA-014	17.00	DAILY	CITILINK	JKT	RI-257	18.45	DAILY	B-734	134	MANDALA
JKT	MZ-309	19.45	1.3.5	MERPATI	JKT	GA-215	19.00	DAILY	B-733	110	GARUDA
JKT	MZ-311	19.45	2.4.67	MERPATI	JKT	BO-112	19.05	DAILY	B-732	110	BOURAQ
JKT	JT-558	19.55	DAILY	LION AIR	JKT	GA-015	17.40	DAILY	B-733	110	CITILINK
JKT	GA-214	20.00	DAILY	GARUDA	JKT	JT-553	20.55	...567	MD-82	152	LION AIR
<b>DENPASAR</b>					<b>DENPASAR</b>						
DPS	GA-241	6.10	DAILY	GARUDA	DPS	GA-240	7.00	DAILY	B-734	134	GARUDA
DPS	GA-247	13.10	DAILY	GARUDA	DPS	GA-246	13.50	DAILY	B-734	134	GARUDA
DPS	GA-249	19.10	124567	GARUDA	DPS	GA-248	19.50	124567	B-734	134	GARUDA
<b>SURABAYA</b>					<b>SURABAYA</b>						
SUB	MZ-519	16.30	DAILY	MERPATI	SUB	MZ-518	06.15	DAILY	B-732	110	MERPATI
SUB	6D671	17.15	NOOPS	PELITA	SUB	6D672	06.15	NOOPS	F-100	98	PELITA AIR
SUB	RI-243	17.45	DAILY	MANDALA	SUB	RI-242	06.45	DAILY	B-732	110	MANDALA
SUB	MZ-319	19.20	1357	MERPATI	SUB	JT-560	07.30	DAILY	MD-82	152	LION AIR
SUB	JT-569	20.25	DAILY	LION AIR	SUB	MZ-318	16.30	1357	B-732	110	MERPATI
<b>BANDUNG</b>					<b>BANDUNG</b>						
BDO	DRY-550	08.30	3.5.7	DERAYA	BDO	DRY-551	09.00	3.5.7	DH33	30	DERAYA
<b>MATARAM</b>					<b>MATARAM</b>						
AMI	GA-421	16.30	DAILY	GARUDA	AMI	GA-420	10.10	DAILY	B-733	110	GARUDA
<b>BALIKPAPAN</b>					<b>BALIKPAPAN</b>						
<b>SEMARANG</b>					<b>SEMARANG</b>						
SRG	TGN-143	10.45	23.6	TRIGANA	SRG	TGN-144	11.00	23.6	ATR-42	48	TRIGANA
SRG	TGN-145	10.45	...5.7	TRIGANA	SRG	TGN-146	11.00	...5.7	ATR-42	48	TRIGANA
<b>CHARTER FLIGHT</b>					<b>CHARTER FLIGHT</b>						
HLP	EP-525	07.00	...4...	PELITA	HLP	EP-525	17.00	...4...	F-100	98	PELITA
BPN	EP-525	16.15	...4...	PELITA	BPN	EP-525	07.45	...4...	F-100	98	PELITA
<b>INTERNASIONAL</b>					<b>INTERNASIONAL</b>						
<b>KUALALUMPUR</b>					<b>KUALALUMPUR</b>						
KUL	GA-817	12.30	1.3.6.	GARUDA	KUL	GA-815	13.30	1.3.6.	B-733	110	GARUDA
<b>SINGAPURA</b>					<b>SINGAPURA</b>						
SIN	GA-877	18.30	2.4.7	GARUDA	SIN	GA-876	08.35	1.3.5.	B-732	110	EP.25-03.03

KODIS : 1 = MON 2 = TUE 3 = WED 4 = THU 5 = FRI 6 = SAT 7 = SUN  
 1 = Senin 2 = Selasa 3 = Rabu 4 = Kamis 5 = Jumat 6 = Sabtu 7 = Minggu

## Data Lalu Lintas Angkutan Udara Bandar Udara Adisucipto 1997-2002

KETERANGAN	TAHUN					
	1997	1998	1999	2000	2001	2002
<b>PERGERAKAN PESAWAT</b>						
Total Internasional	2	0	2	2	0	0
Total Domestik	19.674	10.095	7.659	8.887	11.167	12285
<b>LOKAL</b>	0	0	0	0	338	0
Total Pesawat	19.676	10.095	7.661	8.889	11.505	12285
<b>PENUMPANG</b>						
Total Internasional	152	0	174	6	0	0
Total Domestik	1.164.637	510.017	407.648	561.925	722.267	889553
Transit Int'l	0	0	0	0	0	0
Transit Domestik	39.523	47.749	47.289	46.074	84.477	39809
Total Penumpang	1.204.312	557.766	455.111	608.005	806.744	929362
<b>BAGASI ( TON )</b>						
Total Internasional	0	0	0	0	0	0
Total Domestik	8.949	4.410	3.721	4.703	6.095	7724
Total Bagasi	8.949	4.410	3.721	4.703	6.095	7724
<b>KARGO ( TON )</b>						
Total Internasional	0	0	0	0	0	0
Total Domestik	3.284	2.240	1.443	1.673	2.067	2599
Total Kargo	3.284	2.240	1.443	1.673	2.067	2599
<b>POS ( TON )</b>						
Total Internasional	0	0	0	0	0	0
Total Domestik	948	970	1.315	991	373	401
Total Pos	948	970	1.315	991	373	401

(Sumber : PT (PERSERO) Angkasa Pura I Cabang Bandar Udara Adisucipto, 2002)

**Data Jumlah Penumpang Yang Melalui Bandar Udara Adisucipto Pada Hari Puncak**

TAHUN	BERANGKAT			DATANG		
	Tanggal	Hari	Jml Pnp	Tanggal	Hari	Jml Pnp
1997	30 Maret	Minggu	2.661	18 Juli	Jum'at	2.734
1998	3 Februari	Selasa	1.943	28 Januari	Rabu	2.561
1999	24 Januari	Minggu	1.003	17 Januari	Minggu	987
2000	18 Juni	Minggu	946	13 Januari	Kamis	2.239
2001	14 April	Sabtu	2.369	21 Januari	Minggu	2.414
2002	14 Des	Sabtu	2591	4 Des	Rabu	2770

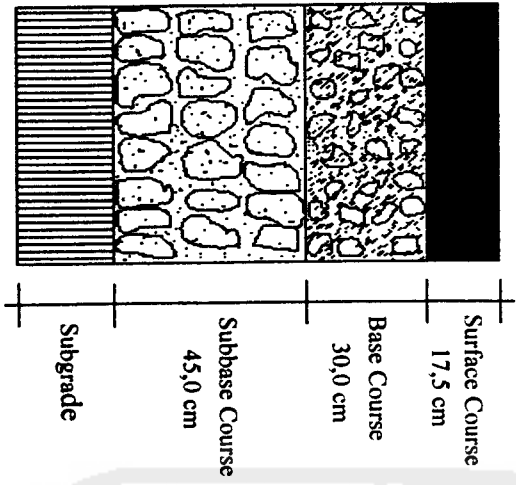
(Sumber: PT (PERSERO) Angkasa Pura 13 Cabang Bandar Udara Adisucipto, 2002)

**Data Jumlah Penumpang Yang Melalui Bandar Udara Adisucipto Pada Jam Puncak**

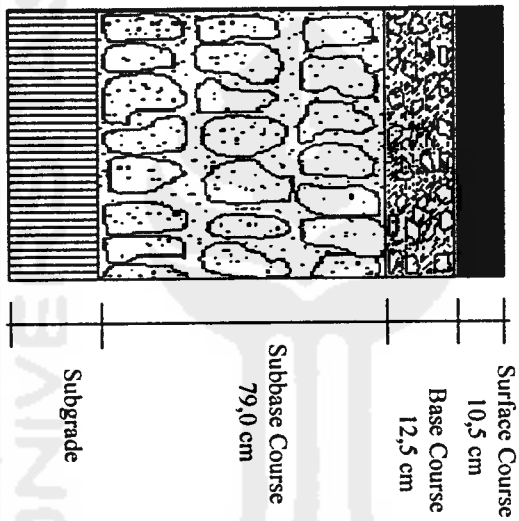
TAHUN	BERANGKAT			DATANG		
	Tanggal	Jam	Jml Pnp	Tanggal	Jam	Jml Pnp
1997	13 Februari	17.01-18.00	688	6 Juli	17.01-18.00	625
1998	5 Februari	07.01-08.00	353	18 Februari	18.01-19.00	352
1999	15 Agustus	13.01-14.00	209	28 Oktober	07.01-08.00	238
2000	10 April	08.01-09.00	258	13 Januari	18.01-19.00	900
2001	14 April	11.01-12.00	1.599	21 Januari	14.01-15.00	1.754
2002	3 Mei	18.01-19.00	785	14 Juli	06.01-07.00	1.014

(Sumber: PT (PERSERO) Angkasa Pura 13 Cabang Bandar Udara Adisucipto, 2002)

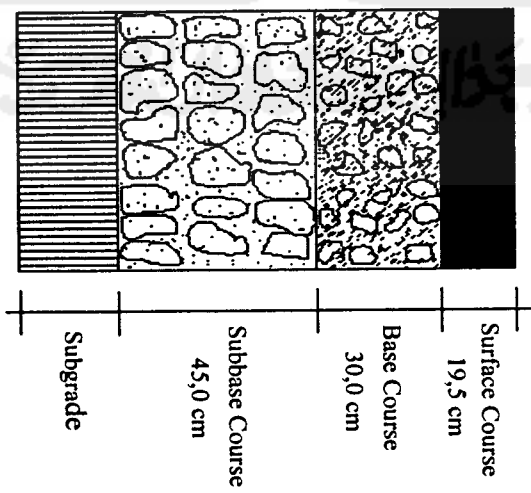
Struktur Lapis Keras Landas Pacu Adisucipto Yogyakarta



Tebal Landas Pacu yang ada



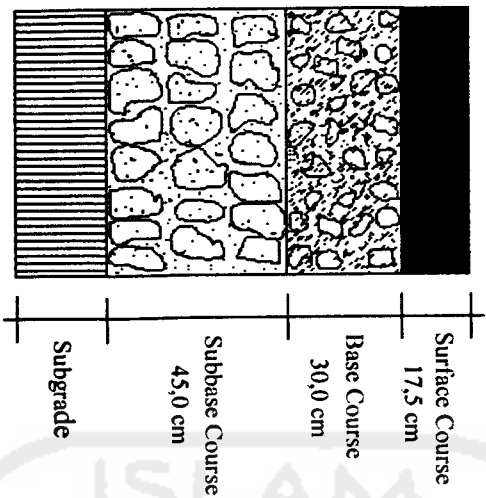
Tebal Landas Pacu Hasil Analisis



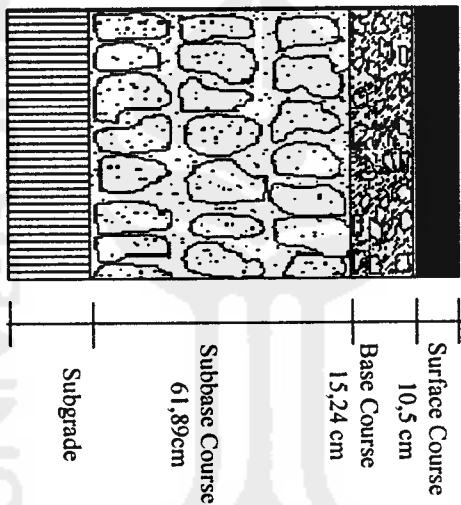
Tebal Landas Pacu Hasil Konversi Analisis

Dengan menggunakan metode CBR

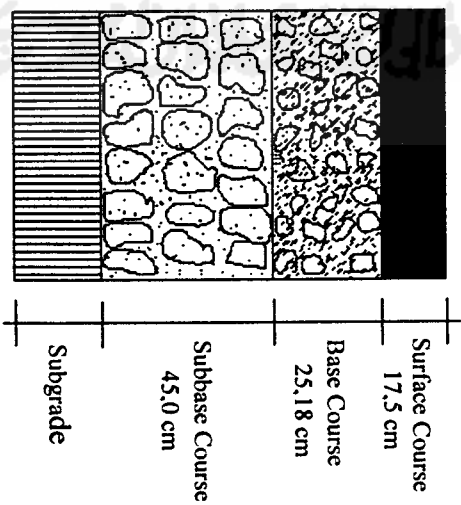
Struktur Lapis Keras Landas Pacu Adisucipto Yogyakarta



Tebal Landas Pacu yang ada



Tebal Landas Pacu Hasil Analisis

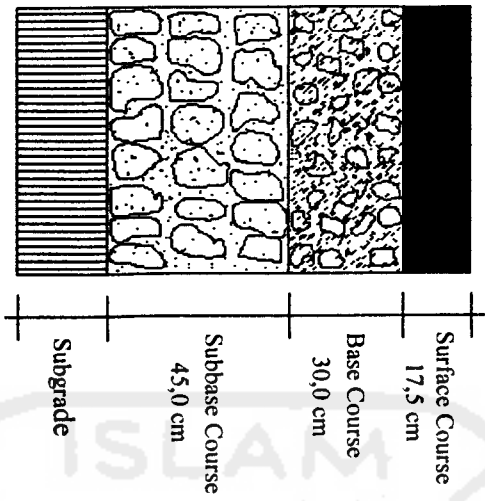


Tebal Landas Pacu Hasil Konversi Analisis

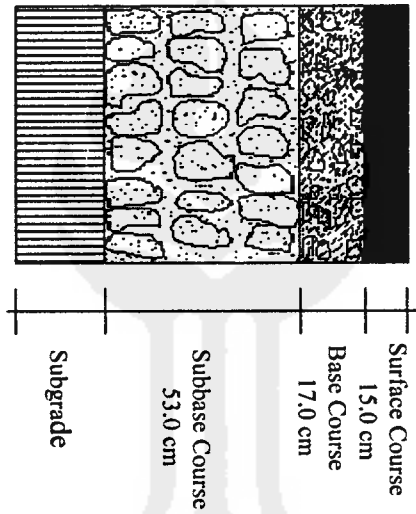
Dengan menggunakan metode FAA



**Struktur Lapis Keras Landas Pacu Adisucipto Yogyakarta**

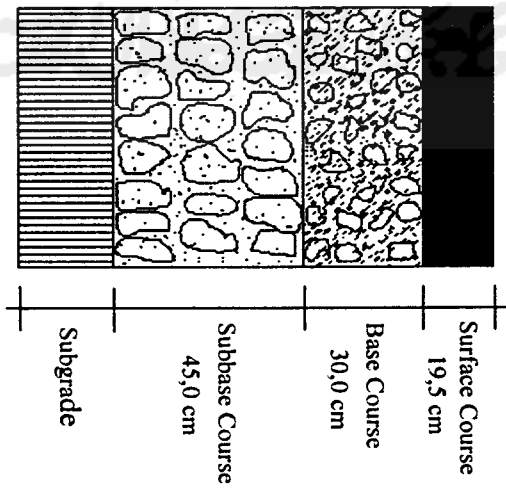


Tebal Landas Pacu yang ada



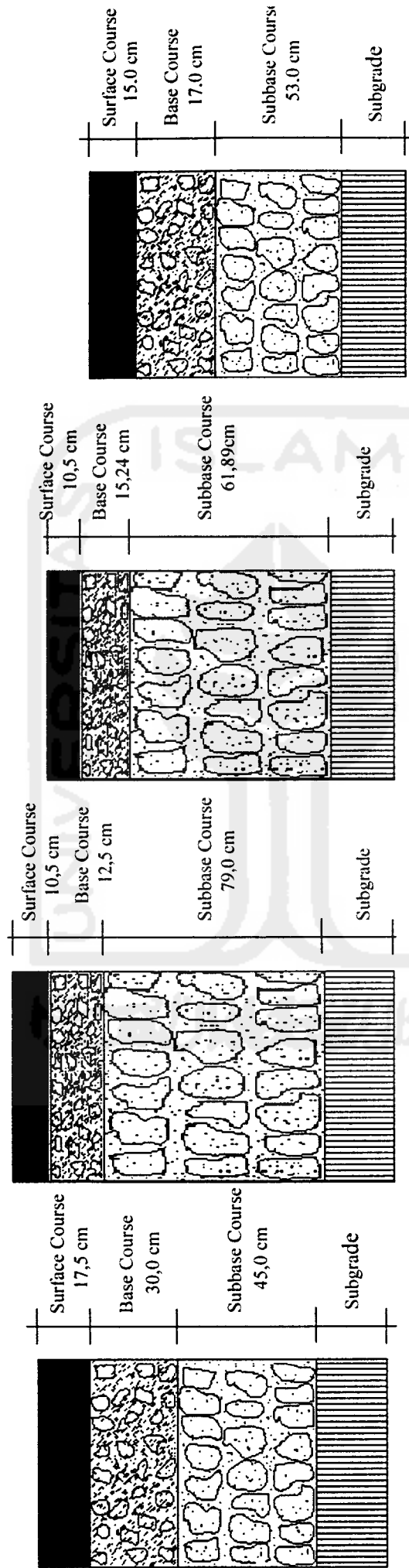
Tebal Landas Pacu Hasil Analisis

Dengan menggunakan metode LCN



Tebal Landas Pacu Hasil Konversi Analisis

**Struktur Lapis Keras Landas Pacu Adisucipto Yogyakarta**



Tebal Landas Pacu yang ada

Tebal Landas Pacu Hasil Analisis

Tebal Landas Pacu Hasil Analisis

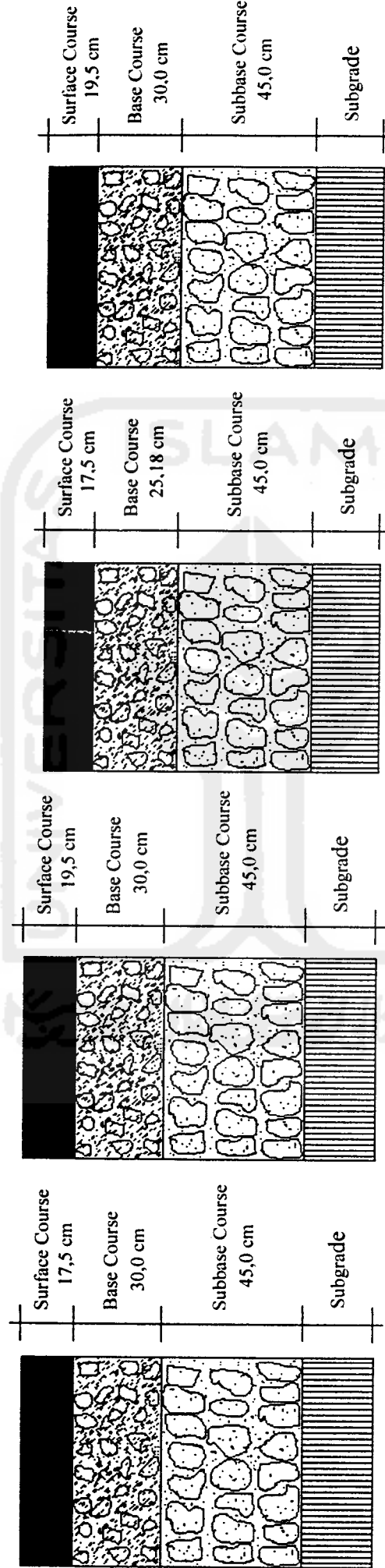
Tebal Landas Pacu Hasil Analisis

Metode CBR

Metode FAA

Metode LCN

Struktur Lapis Keras Landas Pacu Adisucipto Yogyakarta



Tebal Landas Pacu yang ada      Tebal Landas Pacu Konversi Analisis      Tebal Landas Pacu Konversi Analisis      Tebal Landas Pacu Konversi Analisis

Metode CBR      Metode FAA      Metode LCN

		MODEL 737-300 <b>Lampiran 22</b>					
CHARACTERISTICS	UNITS	CFM56-3B1 ENGINES (20,000 LB SLST)			CFM56-3B-2 ENGINE (22,000 LB SLST)		
MAX DESIGN TAXI WEIGHT	POUNDS	125,000	130,500	135,500	137,500	139,000	140,000
	KILOGRAMS	56,700	59,200	61,450	62,350	63,050	63,500
MAX DESIGN TAKEOFF WEIGHT	POUNDS	124,500	130,000	135,000	137,000	138,500	139,500
	KILOGRAMS	56,450	58,950	61,250	62,150	62,800	63,300
MAX DESIGN LANDING WEIGHT	POUNDS	114,000	114,000	114,000	114,000	115,800	115,800
	KILOGRAMS	51,700	51,700	51,700	51,700	52,550	52,550
MAX DESIGN ZERO FUEL WEIGHT	POUNDS	105,000	105,000	106,500	106,500	106,500	106,500
	KILOGRAMS	47,650	47,650	48,300	48,300	48,300	48,300
SPEC OPERATING EMPTY WEIGHT	POUNDS	69,400	71,870	72,540	72,540	72,540	72,540
	KILOGRAMS	31,500	32,600	32,900	32,900	32,900	32,900
MAX STRUCTURAL PAYLOAD	POUNDS	35,600	33,130	33,960	33,960	33,960	33,960
	KILOGRAMS	16,150	15,050	15,400	15,400	15,400	15,400
SEATING CAPACITY	MIXED CLASS	8 FIRST CLASS + 120 ECONOMY CLASS					
	ALL-ECONOMY	134 AT SIX-ABREAST: FAA EXIT LIMIT = 149					
MAX CARGO —LOWER DECK	CUBIC FEET	1,068	929 ①	841 ②	917 ③	792 ④	792 ④
	CUBIC METERS	30.2	26.3 ①	23.8 ②	26.0 ③	22.4 ④	22.4 ④
USABLE FUEL	U.S. GALLONS	5,311	5,701 ①	6,121 ②	5,803 ③	6,295 ④	6,295 ④
	LITERS	20,100	21,580 ①	23,170 ②	21,960 ③	23,830 ④	23,830 ④
	POUNDS	35,580	38,200 ①	41,010 ②	38,880 ③	42,180 ④	42,180 ④
	KILOGRAMS	16,150	17,350 ①	18,600 ②	17,650 ③	19,150 ④	19,150 ④

NOTES: TYPICAL ENGINE/WEIGHT COMBINATION SHOWN. OTHER COMBINATIONS ARE AVAILABLE.

CONSULT WITH AIRLINE FOR SPECIFIC WEIGHTS AND CONFIGURATIONS

① AIRPLANE WITH 390 GAL (1,475 L) AUXILIARY FUEL TANK IN AFT CARGO COMPARTMENT.

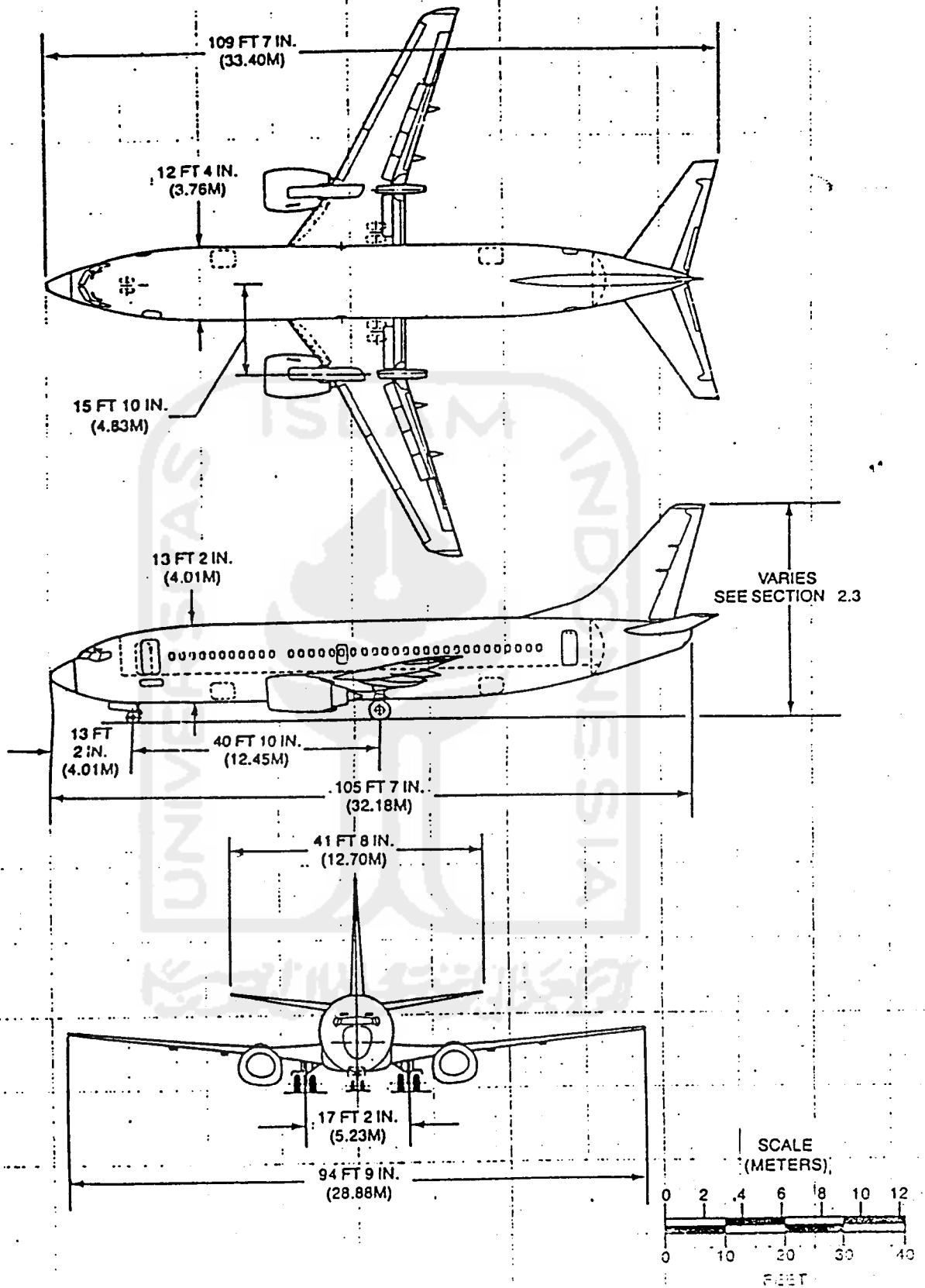
② AIRPLANE WITH 810 GAL (3,065 L) AUXILIARY FUEL TANK IN AFT CARGO COMPARTMENT.

③ AIRPLANE WITH 500 GAL (1,893 L) AUXILIARY FUEL TANK IN AFT CARGO COMPARTMENT.

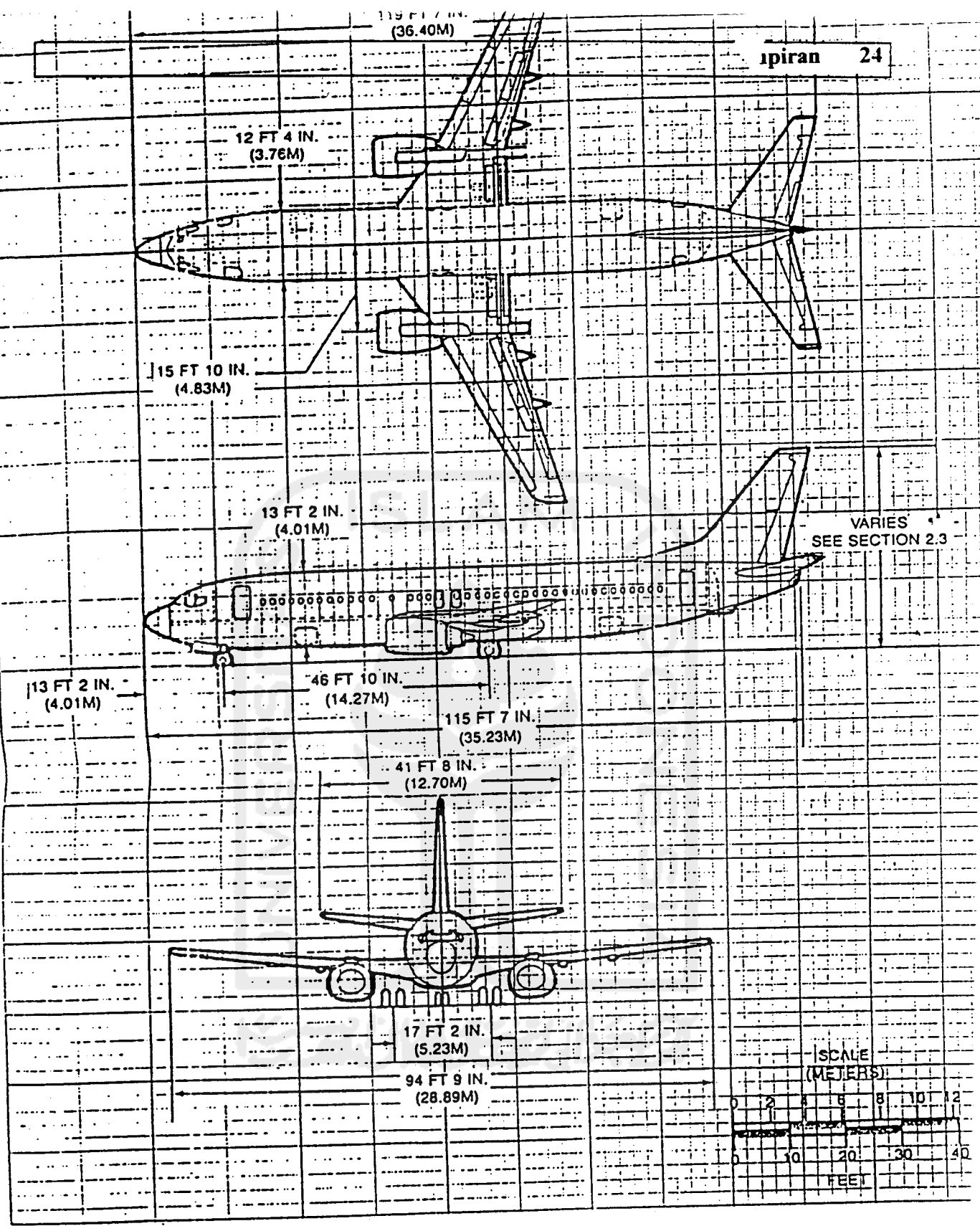
④ AIRPLANE WITH 1,000 GAL (3,785 L) AUXILIARY FUEL TANK IN AFT CARGO COMPARTMENT.

## 2.1.1 GENERAL CHARACTERISTICS

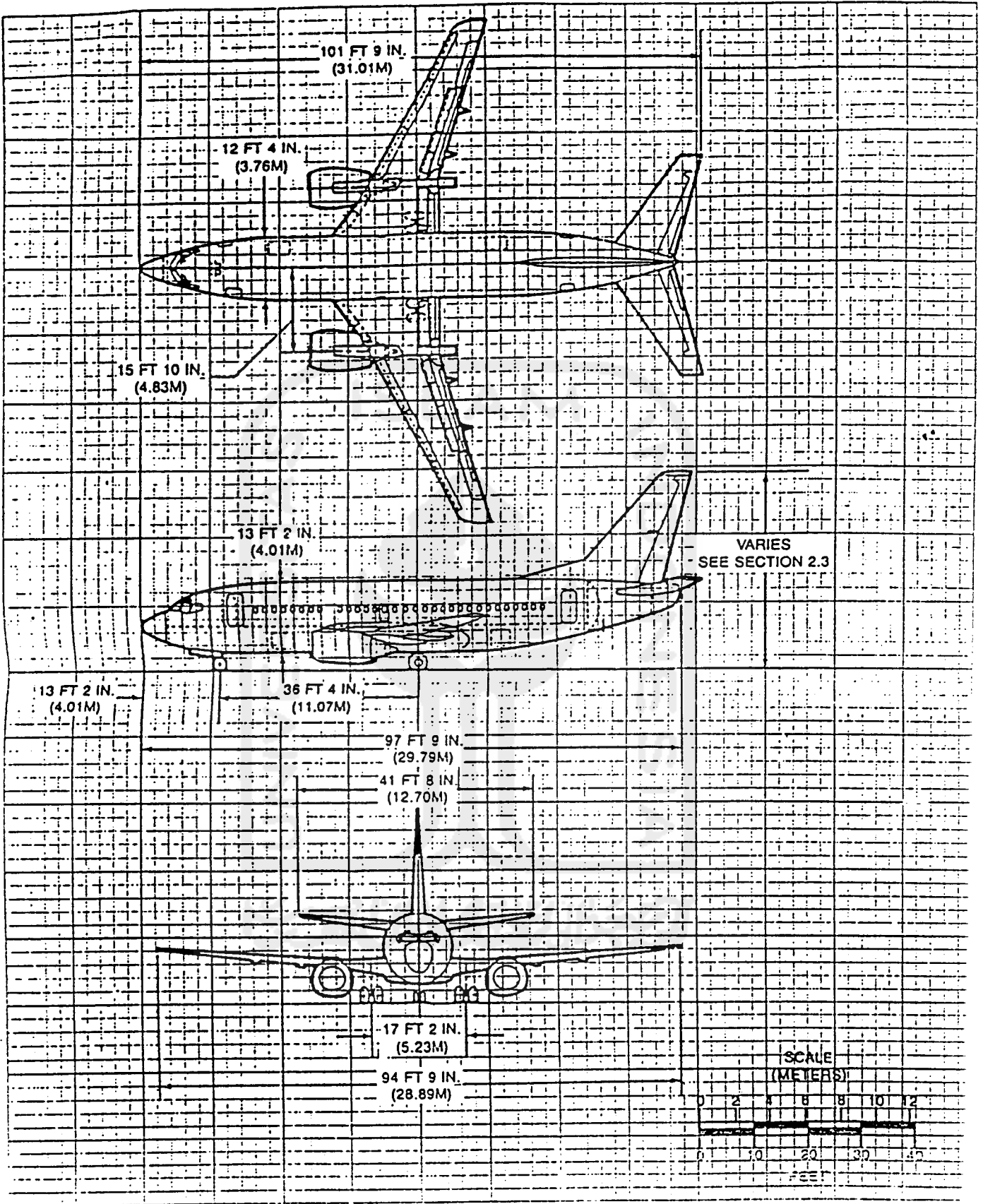
### MODEL 737-300



2.2.1 GENERAL DIMENSIONS  
MODEL 737-300



2.2.2 GENERAL DIMENSIONS  
MODEL 737-400



2.2.3 GENERAL DIMENSIONS  
MODEL 737-500

JULY 1990

D6-58325-2

## Aircraft Characteristics Related to Airport Design 107

TABLE 3-16 Minimum Turning Radii\* for Typical Passenger Aircraft

Aircraft	Maximum Steering angle, deg	Radius, ft†		
		Wing tips	Nose	Tail
A-300-600	65	104.9	87.7	108.4
A-310	65	98.0	75.6	94.9
A-320	70	72.2	60.0	71.9
A-340	78	130.6	109.9	120.4
B-727-200	78	71.0	79.5	80.0
B-737-200	78	56.0	51.0	56.0
B-737-300	78	58.0	55.0	63.0
B-737-400	78	59.0	61.0	67.0
B-737-500	78	57.0	50.0	60.0
B-747-200	70	113.0	110.0	125.0
B-747-400	70	157.0	117.0	96.0
B-747-SP	70	113.0	93.0	97.0
B-757-200	65	92.0	84.0	91.0
B-767-200	65	112.0	85.0	98.0
B-767-300	65	116.0	96.0	108.0
B-777	70	135.0‡	106.0	126.0
DC-8-63	67	110.4	99.0	109.7
DC-8-62	61	111.2	83.8	99.0
DC-9-32	82	55.5	61.2	64.0
DC-10-10	63	112.4	104.6	101.0
DC-10-30	68	118.1	105.0	100.8
MD-11	70	121.5	113.8	102.0
MD-81	82	65.9	80.7	74.3
MD-87	82	64.5	71.1	66.6

\*Note that the wing tip radius is not always the largest of the three radii listed.

†From center of rotation.

‡Folded wing radius is 113 ft.



BLE 3.1 Characteristics of Principal Transport Aircraft

Aircraft	Manufacturer	Wingspan	Length	Wheel base	Wheel track
A300-600	Airbus Industrie	147'01"	175'06"	61'01"	31'06"
A310-300	Airbus Industrie	144'00"	153'01"	49'11"	31'06"
A320-200	Airbus Industrie	111'03"	123'03"	41'05"	24'11"
A340-200	Airbus Industrie	197'10"	195'00"	62'11"	16'09"
B727-200	Boeing	108'00"	133'02"	53'03"	18'09"
B737-200	Boeing	93'00"	100'02"	37'04"	17'02"
B737-300	Boeing	94'09"	109'07"	40'10"	17'02"
B737-400	Boeing	54'09"	119'07"	46'10"	17'02"
B737-500	Boeing	94'09"	101'09"	36'04"	17'02"
B747-100	Boeing	195'08"	231'10"	84'00"	36'01"
B747-200B	Boeing	195'08"	231'10"	84'00"	36'01"
B747-300	Boeing	195'08"	231'10"	84'00"	36'01"
B747-400	Boeing	213'00"	231'10"	84'00"	36'01"
B747SP	Boeing	195'08"	184'09"	67'04"	36'01"
B757-200	Boeing	124'10"	155'03"	60'00"	24'00"
B767-200	Boeing	156'01"	159'02"	64'07"	30'05"
B777-200	Boeing	156'01"	180'03"	74'08"	30'06"
B777-300	Boeing	199'11"	209'01"	84'11"	36'00"
DC-8-73	McDonnell-Douglas	148'05"	187'05"	77'06"	20'10"
DC-9-32	McDonnell-Douglas	95'04"	119'04"	53'02"	16'04"
DC-9-51	McDonnell-Douglas	93'04"	133'07"	60'11"	16'06"
MD-81	McDonnell-Douglas	107'10"	147'10"	72'05"	16'08"
MD-87	McDonnell-Douglas	107'10"	130'05"	62'11"	16'08"
MD-90-30	McDonnell-Douglas	107'10"	152'07"	77'02"	16'08"
DC-10-10	McDonnell-Douglas	155'04"	182'03"	72'05"	35'00"
DC-10-30	McDonnell-Douglas	165'04"	182'03"	72'05"	35'00"
DC-10-40	McDonnell-Douglas	165'04"	182'03"	72'05"	35'00"
MD-11	McDonnell-Douglas	170'06"	201'04"	86'09"	35'00"
L1011-500	Lockheed	164'04"	164'03"	61'08"	36'00"
BAe111-500	British Aerospace	93'06"	107'00"	41'05"	14'03"
F28-4000	Fokker	82'03"	97'02"	33'11"	16'07"
Concorde	Aerospaiale/BAC	83'10"	205'05"	59'08"	25'04"
Ilyushin-62	Former U.S.S.R.	141'09"	174'04"	80'05"	22'04"
Tupolev-154M	Former U.S.S.R.	123'03"	157'02"	62'01"	37'09"

TABLE 3.1 (Continued)

Maximum structural takeoff weight, lb	Maximum landing weight, lb	Operating empty weight, * lb	Zero fuel weight, lb	No. and type of engines†	Payload, passengers	Runway length‡
363,765	304,240	197,192	286,600	2 TF	247-375	7,600
330,690	271,170	169,842	249,120	2 TF	200-280	7,575
158,730	134,460	84,171	125,662	2 TF	138-179	5,630
558,900	399,000	270,700	372,500	4 TF	262-375	7,500
184,800	150,000	101,775	133,060	3 TF	145-189	8,600
100,000	95,000	59,900	85,000	2 TF	97-136	5,600
124,500	114,000	69,409	105,000	2 TF	129-149	6,300
<del>134,500</del>	121,000	73,170	113,000	2 TF	146-189	7,300
115,500	110,000	69,030	102,500	2 TF	108-149	5,100
710,000	564,000	355,000	526,500	4 TF	452-480	9,500
775,000	564,000	381,150	536,500	4 TF	452-480	12,200
710,000	564,000	390,300	536,500	4 TF	565-608	7,700
800,000	574,000	396,142	535,000	4 TF	100	8,800
630,000	450,000	323,660	410,000	4 TF	297-331	7,000
220,000	198,000	125,360	184,000	2 TF	186-239	5,800
315,000	272,000	176,650	278,000	2 TF	216-255	6,000
345,000	300,000	186,378	278,000	2 TF	261-290	8,000
535,000	445,000	299,550	420,000	2 TF	305-375	10,000
355,000	258,000	165,500	231,000	4 TF	196-269	8,700
121,000	110,000	57,190	98,500	2 TF	115	5,530
121,000	110,000	64,675	98,500	2 TF	139	7,100
140,000	128,000	77,588	118,000	2 TF	155-172	7,250
149,500	130,000	74,580	112,000	2 TF	150-139	7,600
156,000	142,000	86,588	130,000	2 TF	158-172	6,800
430,000	363,500	240,171	335,000	3 TF	270-309	9,000
572,000	403,000	267,197	368,000	3 TF	255-380	9,290
555,000	403,000	270,213	368,000	3 TF	255-399	14,500
602,500	430,000	285,546	400,000	3 TF	323-410	9,800
510,000	368,000	243,400	338,000	3 TF	246-330	9,200
119,048	109,127	66,260	87,080	2 TF	86-104	6,900
73,000	69,500	38,900	62,000	2 TF	85	5,200
408,000	245,000	175,000	200,000	4 TF	108-128	11,300
363,760	231,500	157,520	205,550	4 TF	168-186	10,830
220,460	176,366	121,915	163,140	3 TF	162-180	8,900

\* Approximate only; depends upon seating configuration. †TF = turbofan, Tj = turbojet.

‡ At sea level, standard day, no wind, level runway.

Source: Manufacturers' data.



**KARTU PRESENSESI KONSULTASI  
 TUGAS AKHIR MAHASISWA**

PEROIDE KE : III ( Mar 04 - Agst 04 )

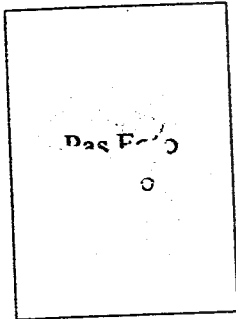
NO	N A M A	NO.MHS	BID.STUDI
1.	Mia Handaruningsih	99 511 211	Teknik Sipil
2.	Anton Budi Dharma	00 511 256	Teknik Sipil

**JUDUL TUGAS AKHIR**

Evaluasi landasan pacu adisucipto guna melayani penerbangan internasional dan metode pemecahan masalah yang timbul

DOSEN PEMBIMBING I : Balya Umar,Ir,H,MSc

DOSEN PEMBIMBING II : Moch. Sigit,DS,Ir,H.MS



Jogjakarta, 8 Maret 2004  
 a.n. Dekar

( Ir.H.Munadhir, MS )

Alk Bag. TA

Harap diperpanjang TA ini karena sudah > 6 bulan tapi < 1th, dengan DP yg sama. Harap diproses spt biasanya.

24-04  
 09

(Munadhir)



FM-UII-AA-FPU-09

**KARTU PESERTA TUGAS AKHIR**

NO.	N A M A	NO. MHS.	BID.STUDI
1	Mia Handaruningsih	99 511 211	Teknik Sipil
2	Anton Budi Dharma	00 511 256	Teknik Sipil

**JUDUL TUGAS AKHIR :**

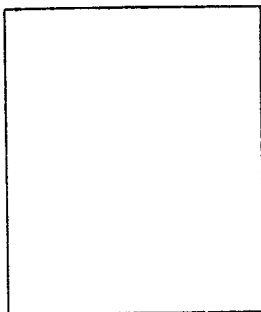
.....Evaluasi landasan paku adisucipto guna melayahi perterbangan Internasional dan metode  
 .....pemecahan masalah yang timbul.....  
 .....

**PERIODE III : MARET - AGUSTUS**

**TAHUN : 2003- 2004**

No.	Kegiatan	Bulan Ke :					
		Mar.	Apr.	Mei.	Jun.	Jul.	Aug.
1.	Pendaftaran	█					
2.	Penentuan Dosen Pembimbing	█					
3.	Pembuatan Proposal		█				
4.	Seminar Proposal		█				
5.	Konsultasi Penyusunan TA.			█			
6.	Sidang-Sidang				█		
7.	Pendadaran.					█	█

DOSEN PEMBIMBING I : Baiya.Umar.Jr.H.MSc....  
 DOSEN PEMBIMBING II : Moch.Sigit,DS,Ir,H.MS..



Yogyakarta, ..... 8 Maret 2004  
 \* a.n. Dekan,  
  
 (..... Ir. H. Munadhir, MT.....)

**Catatan.**

- Seminar : .....
- Sidang : .....
- Pendadaran : .....

Setiap kali mahasiswa konsultasi dosen pembimbing diminta untuk selalu menanyakan KRS Mahasiswa yang bersangkutan yang didalamnya harus tercantum SKS TA ( tugas Akhir ), bila SKS TA tidak tercantum maka dosen tidak boleh melayani konsultasi mahasiswa yang bersangkutan



### KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO.	NAMA	NO. MHS.	BID.STUDI
1	Mia Handarumingsih	99 511 211	Teknik Sipil
2	Anton Budi Dharma	00 511 256	Teknik Sipil

#### JUDUL TUGAS AKHIR :

..... Evaluasi landasan pacu adisucipto guna melayani penerbangan internasional dan metode pemecahan masalah yang timbul .....

**PERIODE III : MARET - AGUSTUS**  
**TAHUN : 2003- 2004**

No.	Kegiatan	Bulan Ke :					
		Mar.	Apr.	Mei.	Jun.	Jul.	Aug.
1.	Pendaftaran	■					
2.	Penentuan Dosen Pembimbing	■					
3.	Pembuatan Proposal		■				
4.	Seminar Proposal			■			
5.	Konsultasi Penyusunan TA.				■		
6.	Sidang-Sidang					■	
7.	Pendadaran.						■

DOSEN PEMBIMBING I :  
 DOSEN PEMBIMBING II :

Balya Umar,Ir,H,MSc  
 : Moch.Sigit,DS,Ir,H,MS

23 September 2004

Yogyakarta, .....  
 a.n. Dekan,

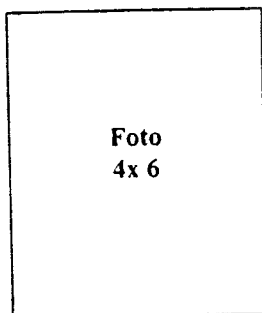


Foto  
4 x 6

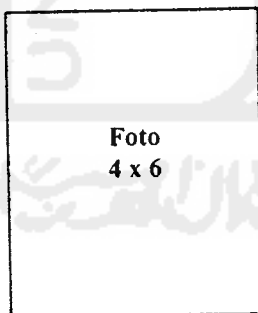


Foto  
4 x 6

Ir.H.Munadhir.MT  
 (.....)

#### Catatan.

Seminar : .....  
 Sidang : .....  
 Pendadaran : .....

**Diperpanjang sampai akhir Maret 2005**

Setiap kali mahasiswa konsultasi dosen pembimbing diminta untuk selalu menanyakan KRS Mahasiswa yang bersangkutan yang didalamnya harus tercantum SKS TA ( tugas Akhir ), bila SKS TA tidak tercantum maka dosen tidak boleh melayani konsultasi mahasiswa yang bersangkutan



## KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO	NAMA	NO.MHS.	BID.STUDI
1.	Anton Budi Dharma	00 511 256	Teknik Sipil
2.			

### JUDUL TUGAS AKHIR

Evaluasi landasan pacu adisucipto guna melayani penerbangan internasional dan metode pemecahan masalah yang timbul

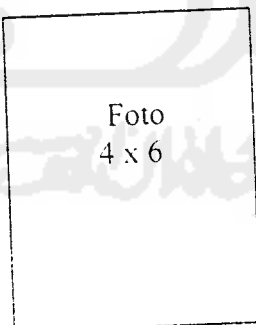
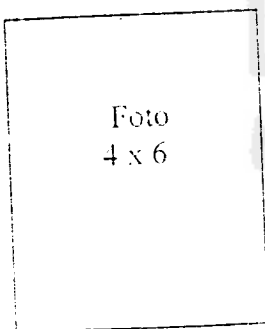
PERIODE KE : III ( Mar 04 - Agst 04 )  
 TAHUN : 2003 - 2004

**Diperpanjang sampai akhir Pebruari 2005**

No.	Kegiatan	Bulan Ke :					
		MAR.	APR.	MEI.	JUN.	JUL.	AGT.
1	Pendaftaran						
2	Penentuan Dosen Pembimbing						
3	Pembuatan Proposal						
4	Seminar Proposal						
5	Konsultasi Penyusunan TA.						
6	Sidang - Sidang						
7	Pendadaran						

Dosen Pembimbing I : Balya Umar,Ir,H,MSc

Dosen Pembimbing II : Moch.Sigit,DS,Ir,H.MS



Jogjakarta , 26-Oct-04  
 a.n. Dekan

Ir.H.Munadhir, MS


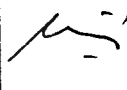


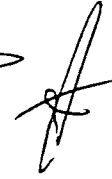
### Catatan :

Seminar : \_\_\_\_\_  
 Sidang : \_\_\_\_\_  
 Pendadaran : \_\_\_\_\_


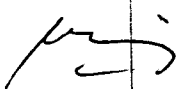



NO	TANGGAL	KONSULTASI KE :	TANDA TANGGA
	12/5-07	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Edit, lembar yg saya koreksi &amp; lampirkan pada konsultasi berikutnya.</li> <li>- lengkapi flow-chart rencana penelitian sdr., Daftar pustaka dll yg diperlukan.</li> </ul>	/
	17/5-07	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Edit</li> <li>- Konsultasikan ke DP 4</li> </ul>	/
	6/6-07	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Harap buat pengisian dg saya, untuk bicara lebih lanjut - Tulislah yg sdr kumpulkan saya, masih bingung.</li> </ul>	/
	11/9-07	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Edit &amp; sempurnakan</li> <li>- lengkapi yg belum ada.</li> </ul>	/
	21/9-07	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Edit &amp; sempurnakan</li> <li>- yg belum ada, → tambahkan</li> <li>- Kerja yg teliti</li> </ul>	/
	4/10-07	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lembar terakhir yg saya koreksi, konsultasi berikutnya, harap dilampirkan</li> <li>- Lembar terakhir yg saya koreksi, konsultasi yg mau, saya jadi bingung mengoreksinya!</li> <li>- Beri no. halaman, biar jelas lembar yg saya koreksi.</li> <li>- kali ini saya belum mengoreksi karena sdr membuat lebih bingung, masalah</li> </ul>	/

lembar 2 nya : Harap diperhatikan

## CATATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR

NO	TANGGAL	CATATAN KONSULTASI	TANDA TANGAN
1	12/01 15	- edit, lembar yg saya koreksi ditampir ke pihak konsultasi berikutnya. - lengkap <sup>1</sup> "flow-chart" rencana penelitian sd; 2) Daftar pustaka dll yg diperlukan.	
	17/15	- edit teruskan ke DPTI komunikasi	
	15/01	- diperbaiki urutannya - tolok ukur yg jelas	
	26/01 08	- diperbaiki & teruskan ke DPTI dlm format arahkan ds penelitian	 Seminar
	21/01	- berikan format & transkrip ke perencanaan perkoran. dlm kelas layang ke DPTI	
10/12	dikoreksi	direvisi & teruskan ke persinyan DPTI	

## CATATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR

NO	TANGGAL	CATATAN KONSULTASI	TANDA TANGAN
	11/10-03	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cara penulisan kutipan</li> <li>- Cara Indonesia, terutama</li> <li>- dan penulisan angka.</li> <li>- Edit &amp; format mata</li> <li>- konsultasi dan format</li> <li>- buku yg ada kesalah</li> <li>- harap di lampirkan</li> </ul>	
	14/10-03	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Edit</li> <li>- Buss Daftar isi</li> <li>- " Intisari (kecil Italic/miring)</li> </ul>	
	25/10-03	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Edit</li> <li>- Perbaiki Keri pada mana?</li> </ul>	
	26/10-03	<ul style="list-style-type: none"> <li>- lengkapi glr bagian akhir</li> <li>- Bab II</li> <li>- Perbaiki ke DP II</li> </ul>	
	2/12-03	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lengkapi dg kata pengantar</li> <li>- Versi akhir di lampirkan</li> </ul>	
	2/05	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Strategi Konsultasi ke DP I dan</li> <li>- Diser Penguji</li> <li>- ulung</li> </ul>	