

PERPUSTAKAAN FTSP UII	
HADIAH/BELI	
TGL. TERIMA :	04 OCT 2001 12/9/08
NO. JUDUL :	
NO. INV. :	568 TA/UTS
NO. INDUK :	920003280001

TUGAS AKHIR

KAJIAN ULANG HITUNGAN KETEBALAN LAPIS KERAS LANDAS PACU BANDAR UDARA SULTAN SYARIF KASIM II PEKANBARU – RIAU DENGAN METODE CBR, LCN, DAN FAA



Disusun Oleh :

Nama : **ALI ABRAR**
No. Mhs. : 94 310 271
Nirm : 940051013114120271

Nama : **WINDU HARTO**
No. Mhs. : 96 310 231
Nirm : 960051013114120199

MILIK PERPUSTAKAAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN UII YOGYAKARTA

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

2001

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

KAJIAN ULANG HITUNGAN KETEBALAN LAPIS KERAS LANDAS PACU BANDAR UDARA SULTAN SYARIF KASIM II PEKANBARU – RIAU DENGAN METODE CBR, LCN, DAN FAA

Disusun Oleh :

Nama : **ALI ABRAR**
No. Mhs. : 94 310 271
Nirm : 940051013114120271

Nama : **WINDU HARTO**
No. Mhs. : 96 310 231
Nirm : 960051013114120199

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. H. Balya Umar, MSc.

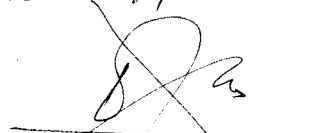
Dosen Pembimbing I

Ir. H. Corry Ya'cob, MS.

Dosen Pembimbing II



Tanggal : 03/09/2021



Tanggal : 3/9/21

MOTTO

“.....Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman diantaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat.....”

(Q.S. Al Mujaadilah : 11)

“ Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, maka apabila kamu telah selesai (dari sesuatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain, dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap “

(Q.S. Alam Nasyrah : 6-8)

“ Barang siapa yang berjalan disuatu jalan untuk menuntut ilmu, maka Allah akan memudahkan baginya jalan menuju sorga”

(H.R. Buchari-Muslim)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Kami persembahkan skripsi ini untuk

Kedua orang tuaku, Ayahanda H. Simin (Alm) dan Ibunda Hj. Ponikem tercinta yang selalu memberikan nasehat, bimbingan, dan arah langkahku, serta dorongan untuk terus menjalani hidup dengan tabah dan sabar.

Saudaraku, Kakakku (Riyadi, Suradi, Riyanto, Rini, Pitono, Rusmino, Sapti Arini), dan Adikku (Slegi (Alm), Kurniaty) atas segala dorongan dan dukungannya selama ini.

Windu Harto

Kedua orang tuaku, Ayahanda H. Hamzah Mas'ud dan Ibunda Sunarti Lakalloe tercinta yang selalu memberikan nasehat, bimbingan, dan arah langkahku, serta dorongan untuk terus menjalani hidup dengan tabah dan sabar.

Saudaraku, Kakakku (Fitrianti Hamzah dan Ali Akbar) beserta keluarganya, dan Adikku Nur Fitri, dan semua Keponakanku yang lucu-lucu (Nadiyah, Faris, dan Vira) atas segala dorongan dan dukungannya selama ini. I LOVE YOU ALL.

Ali Abrar

ABSTRAKSI

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 Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru-Riau saat ini mempunyai panjang landas pacu 2150m, lebar 30m, dan tebal total perkerasan 70 cm.

Penentuan tebal lapis keras landas pacu (runway) untuk bandar udara Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru-Riau ditinjau dengan menggunakan beberapa metode perancangan yang telah diakui oleh International Civil 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 dipergunakan 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 tanah dasar dan bahan lapis keras (subbase dan base course) dinyatakan dalam nilai CBR. Kajian ulang hitungan ketebalan lapis keras landas pacu bandar udara Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru-Riau menggunakan data yang didapat dari PT. Angkasa Pura II bandar udara Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru-Riau dan PT. SURFENS.

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan pesawat rencana B-737-300, untuk masing-masing metode didapat ketebalan total lapis keras landas pacu sebesar 70 cm berdasarkan metode CBR, 67 cm berdasarkan metode LCN dan 60 cm berdasarkan metode FAA. Berdasarkan pada hasil perhitungan maka dapat disimpulkan bahwa metode FAA merupakan metode yang menghasilkan ketebalan total yang paling tipis (60 cm) dan masih memenuhi persyaratan untuk keamanan dan kenyamanan selama pesawat akan melakukan tinggal landas dan pendaratan, sedangkan metode yang menghasilkan ketebalan terbesar adalah metode CBR (70 cm).

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur dipanjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, serta salam dan salawat kepada junjungan kita nabi Muhammad SAW, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat dalam menempuh jenjang derajat kesarjanaan Strata 1 pada jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Pada tugas akhir ini penyusun mengambil judul “ **KAJIAN ULANG HITUNGAN KETEBALAN LAPIS KERAS LANDAS PACU BANDAR UDARA SULTAN SYARIF KASIM II PEKANBARU-RIAU DENGAN METODE CBR, LCN DAN FAA**”.

Selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir , tentunya penyusun tidak lepas dari segala hambatan dan rintangan akan tetapi atas bantuan, petunjuk, bimbingan serta masukan-masukan yang berharga dari berbagai pihak akhirnya hal ini dapat teratasi. Oleh karenanya, pada kesempatan ini perkenankan penyusun menyampaikan terima kasih kepada :

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

3. Bapak Ir. H. Balya Umar, MSc., selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji Tugas Akhir.
4. Bapak Ir. H. Corry Ya'cob, MS., selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji Tugas Akhir.
5. Bapak Ir. Akhmad Marzuko, MT., selaku Dosen Penguji Tugas Akhir.
6. PT. Angkasa Pura II Bandar Udara Sultan Syarif Kasim II dan PT. SURFENS yang telah memberikan data-data yang dipergunakan dalam perhitungan Tugas Akhir ini.
7. Rekan-rekan seprofesi yang telah memberi masukan-masukan dan saran-saran sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.
8. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini, yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Segala daya, upaya serta kemampuan telah penyusun curahkan sepenuhnya demi terselesaikannya laporan Tugas Akhir ini, namun semua itu tidak terlepas dari kekurangan yang ada. Untuk itu penyusun sangat mengharapkan saran dan kritikan yang bersifat membangun. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya, serta bagi penyusun pada khususnya.

Akhir kata, semoga Allah SWT selalu melimpahkan maghfiroh-Nya kepada kita semua, Amin.

Wabillahi taufiq walhidayah,

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Juli 2001

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN MOTTO.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iv
ABSTRAKSI.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	4
1.3 Manfaat Penelitian.....	5
1.4 Batasan Masalah.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Umum.....	6
1. Lapis Keras Lentur (<i>Flexible Pavement</i>).....	6
2. Lapis Keras Kaku (<i>Rigid Pavement</i>).....	7
2.2 Lapis Keras Lentur Landas Pacu.....	7
2.2.1 Struktur Lapis Keras Lentur.....	8

1.	Lapis Permukaan (<i>Surface Course</i>).....	8
2.	Lapis Pondasi Atas (<i>Base Course</i>).....	9
3.	Lapis Pondasi Bawah (<i>Subbase Course</i>).....	10
4.	Tanah Dasar (<i>Subgrade</i>).....	11
2.2.2	Tegangan–Tegangan pada Lapis Keras Lentur.....	12
1.	Tegangan Akibat Pembebanan Roda Pesawat.....	12
2.	Tegangan Akibat Perbedaan Temperatur dan Kelembaman	13
3.	Tegangan Akibat Gesekan dan Pengereman.....	13
2.2.3	Kerusakan – Kerusakan pada Lapis Keras Lentur.....	14
1.	Retak Kulit Buaya (<i>Alligator Cracking</i>).....	14
2.	Retak Pinggir (<i>Edger Cracking</i>).....	14
3.	Lendutan Permanen/Alur Bekas Roda (<i>Rutting</i>).....	15
2.3	Dasar –Dasar Perancangan Tebal Lapis Keras Lentur.....	15
2.3.1	Kapasitas Lalu Lintas Udara.....	17
2.3.2	Karakteristik Pesawat Terbang.....	19
3.1	Beban Pesawat.....	19
3.1	Konfigurasi Roda Pendaratan Utama Pesawat.....	21
2.3.3	Kondisi dan Daya Dukung Tanah Dasar.....	25
2.3.4	Bahan Lapis Keras.....	25
BAB III	LANDASAN TEORI	26
3.1	Metode Perancangan CBR (<i>California Bearing Ratio</i>).....	26
3.2	Metode Perancangan FAA (<i>Federal Aviation Administration</i>).....	33

3.3	Metode Perancangan LCN (<i>Load Classification Number</i>).....	35
BAB IV	DATA PERANCANGAN	43
4.1	Kapasitas Lalu Lintas Udara.....	43
4.2	Karakteristik Pesawat Terbang.....	44
4.3	Kondisi dan Daya Dukung Tanah Dasar.....	44
4.4	Bahan Lapis Keras Lentur.....	45
4.4.1	Data Landas Pacu.....	45
BAB V	ANALISIS PERANCANGAN DAN PEMBAHASAN	47
5.1	Metode Perancangan CBR.....	47
1.	Menentukan Kategori Pembebanan Landas Pacu.....	47
2.	Menentukan Tebal Lapis Keras.....	47
3.	Hasil Akhir Tebal Lapis Keras Metode CBR.....	49
4.	Analisis Terhadap Tebal Lapis Keras Landas Pacu yang Ada	49
5.2	Metode Perancangan LCN.....	51
1.	Menentukan ESWL Pesawat Campuran	51
2.	Menentukan Nilai LCN Pesawat.....	53
3.	Hasil Akhir Tebal Lapis Keras Metode LCN.....	55
4.	Analisis Terhadap Tebal Lapis Keras Landas Pacu yang Ada	55
5.3	Metode Perancangan FAA.....	56
1.	Menentukan Pesawat Rencana.....	57
2.	Menentukan EAD Pesawat Campuran	57

3.	Menentukan Beban Roda Pesawat W_1 dan W_2	58
4.	Menentukan EAD (R_1).....	59
5.	Menentukan Tebal Lapis Keras.....	61
6.	Hasil Akhir Tebal Lapis Keras Metode FAA.....	62
7.	Analisis Terhadap Tebal Lapis Keras Landas Pacu yang ada.....	63
5.4	Pembahasan Hasil Analisis.....	64
5.4.1	Tinjauan Umum.....	64
5.4.2	Tinjauan Teknis.....	65
1.	Metode CBR.....	65
2.	Metode LCN.....	65
3.	Metode FAA.....	66
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	67
6.1	Kesimpulan.....	67
6.2	Saran.....	68

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Faktor ekuivalen untuk lapis pondasi atas.....	9
Tabel 2.2	Faktor ekuivalen untuk lapis pondasi bawah.....	10
Tabel 2.3	Kapasitas tahunan praktis landas pacu untuk perencanaan jangka panjang.....	17
Tabel 2.4	Beban pesawat saat pengoperasian.....	19
Tabel 2.5	Konfigurasi roda pendaratan utama.....	22
Tabel 3.1	Persyaratan perancangan metode CBR.....	29
Tabel 3.2	Ketebalan minimum untuk pembebanan pesawat berat.....	30
Tabel 3.3	Ketebalan minimum untuk pembebanan pesawat <i>medium</i>	30
Tabel 3.4	Ketebalan minimum untuk pembebanan pesawat ringan.....	30
Tabel 3.5	Konfigurasi roda pendaratan pesawat.....	32
Tabel 3.6	Tebal perkerasan bagi tingkat <i>departure</i> > 25.000.....	33
Tabel 3.7	Hubungan antara beban roda tunggal, tekanan roda, dan nilai LCN.....	35
Tabel 4.1	Kategori pesawat campuran berdasarkan kapasitas rata-rata penumpang yang dapat diangkut.....	41
Tabel 4.2	Karakteristik pesawat untuk perencanaan lapis keras.....	42
Tabel 5.1	Karakteristik pesawat menurut jenis pesawat.....	45
Tabel 5.2	Hasil akhir tebal lapis keras lentur dengan metode CBR.....	47
Tabel 5.3	Perbandingan tebal lapis keras lentur landas pacu.....	47
Tabel 5.4	Perhitungan nilai ESWL.....	51

Tabel 5.5 Nilai LCN berdasarkan ESWL dan tekanan roda.....	52
Tabel 5.6 Hasil akhir tebal lapis keras metode LCN.....	53
Tabel 5.7 Perbandingan tebal lapis keras lentur landas pacu.....	53
Tabel 5.8 Pemilihan pesawat rencana.....	55
Tabel 5.9 Konversi ke tipe roda pendaratan utama pesawat.....	55
Tabel 5.10 Perhitungan EAD pesawat rencana.....	59
Tabel 5.11 Hasil akhir tebal lapis keras lentur metode FAA.....	61
Tabel 5.12 Perbandingan tebal lapis keras lentur landas pacu.....	61
Tabel 5.13 Hasil analisis tebal lapis keras landas pacu.....	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Denah bandar udara Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru-Riau.....	3
Gambar 2.1	Struktur lapis keras.....	7
Gambar 2.2	Geometri pesawat terbang.....	23
Gambar 3.1	<i>Layout Traffic Areas</i> untuk perencanaan lapis keras lentur dengan metode CBR.....	29
Gambar 3.2	Kurva perencanaan perkerasan <i>flexible</i> metode CBR untuk pesawat ringan.....	30
Gambar 3.3	Kurva perencanaan perkerasan <i>flexible</i> metode CBR untuk pesawat <i>medium</i>	30
Gambar 3.4	Kurva perencanaan perkerasan <i>flexible</i> metode CBR untuk pesawat berat.....	31
Gambar 3.5	Kurva penggolongan beban standar.....	36
Gambar 3.6	Kurva hubungan bidang kontak-beban kegagalan.....	38
Gambar 3.7	Nilai LCN dinyatakan dengan ESWL, tekanan roda, dan bidang kontak.....	39
Gambar 3.8	Analisis ESWL untuk pesawat <i>dual whee</i>	40
Gambar 3.9	Analisis ESWL untuk pesawat <i>dual tandem</i>	41
Gambar 5.1	Analisis ESWL pesawat campuran.....	53

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Bimbingan Tugas Akhir.
- Lampiran 2 Data-data Bandar Udara Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru-Riau.
- Lampiran 3 Kurva Perencanaan Perkerasan *Flexible* Untuk Landasan Pada Metode LCN.
- Lampiran 4 Gambar Kurva Rencana Perkerasan *Flexible* Untuk Daerah Kritis-
Single Wheel Gear, Dual Wheel Gear, dan Dual Tandem Gear .
- Lampiran 5 Kurva Kontrol Tebal Minimum *Base Course* Yang Diperlukan Pada Perancangan Lapis Keras Lentur Metode FAA.
- Lampiran 6 Karakteristik Pesawat (*International Civiliation Aviation Organization*).
- Lampiran 7 Karakteristik Pesawat tipe **Boeing**

BAB I

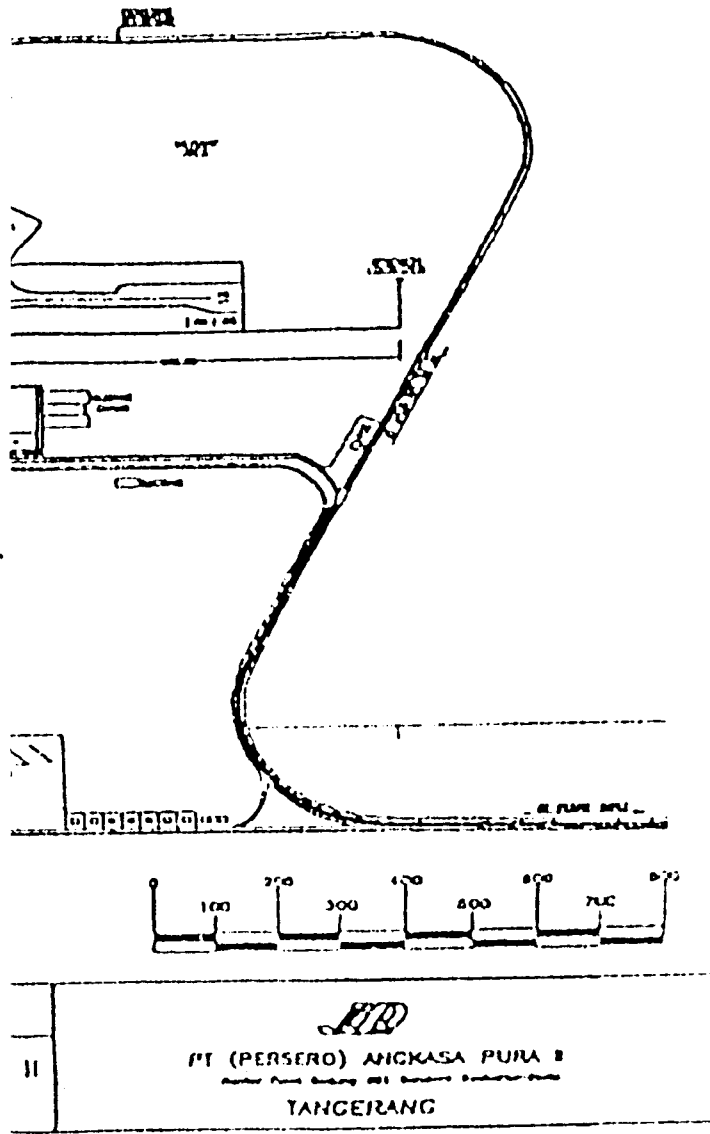
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Memasuki era otonomi daerah pada tahun 2001 ini, pemerintah mulai meningkatkan pembangunan pada sektor-sektor yang dianggap perlu. Harapan diberlakukannya otonomi daerah adalah agar daerah dapat semakin berkembang. Berkembangnya suatu daerah akan secara langsung menyebabkan naiknya angka perpindahan orang dan barang yang memerlukan peningkatan moda transportasi. Salah satu moda transportasi yang ditinjau disini adalah transportasi udara, sebab moda transportasi udara sangat cocok untuk negara Indonesia yang merupakan negara kepulauan. Angka permintaan akan jasa transportasi terus meningkat dari tahun ketahun, meskipun pada saat Indonesia mengalami krisis sempat terjadi penurunan. Penurunan ini dialami hanya pada awal masa krisis yaitu pada tahun 1997, dan selanjutnya angka permintaan akan jasa transportasi udara kembali meningkat. Dengan diberlakukannya otonomi daerah diharapkan pengguna jasa transportasi udara akan bertambah dengan semakin meningkatnya pertumbuhan ekonomi daerah. Untuk itulah pada penelitian ini di coba untuk menganalisis perkerasan landas pacu bandar udara dalam kaitannya melayani permintaan akan jasa transportasi udara ini.

Propinsi Riau merupakan propinsi yang mempunyai daerah industri yang maju, sehingga terdapat banyak pelaku bisnis disini. Dengan majunya sektor industri di propinsi Riau maka kebutuhan akan jasa transportasi sangat diperlukan. Kebutuhan akan jasa transportasi ini menjadikan bandar udara Sultan Syarif Kasim II sebagai salah satu gerbang untuk menuju propinsi Riau, sehingga diharapkan dapat semakin menunjang pertumbuhan sektor industri pada khususnya dan sektor ekonomi pada umumnya di propinsi Riau. Bandar udara Sultan Syarif Kasim II yang memiliki panjang landas pacu 2150m, lebar 30m, dan tebal total perkerasan 70 cm, 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. Denah bandar udara Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru-Riau selengkapnya dapat dilihat pada gambar 1.1.

Landas pacu merupakan salah satu unsur penting dalam penyediaan keamanan dan kenyamanan selama pesawat melakukan pendaratan dan pemberangkatan. Peranan landas pacu sangat mempengaruhi kinerja dari bandar udara secara keseluruhan.



baru-Riau

Dari beberapa metode yang digunakan untuk perhitungan perancangan lapis keras landas pacu, hingga saat ini belum ada metode perancangan lapis keras untuk bandar udara yang dianggap standar oleh *International Civil Aviation Organization* (ICAO). Beberapa metode perancangan lapis keras yang diakui oleh ICAO (Wardhani S., 1992), antara lain:

1. Metode CBR (*California Bearing Ratio*).
2. Metode LCN (*Load Clasification Number*)
3. Metode FAA (*Federal Aviation Administration*).

Mengingat pentingnya peranan landas pacu dalam hal keamanan dan kenyamanan pendaratan dan pemberangkatan pesawat , 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 “**Kajian Ulang Hitungan Ketebalan Lapis Keras Landas Pacu Bandar Udara Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru–Riau Dengan Metode CBR, LCN, dan FAA**”.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui metode yang menghasilkan tebal total perkerasan tertipis tapi masih layak dalam keamanan dan kenyamanan selama pesawat melakukan pendaratan atau tinggal landas dari ketiga metode perancangan lapis keras landas pacu yang akan digunakan dalam penelitian ini (metode CBR, LCN, dan FAA) untuk bandar udara Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru-Riau.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah akan didapatkan panduan, metode perancangan lapis keras landas pacu yang menghasilkan ketebalan total paling tipis dan menyediakan keamanan dan kenyamanan selama pesawat melakukan pendaratan dan tinggal landas, yang sebaiknya digunakan pada lapis keras landas pacu bandar udara Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru-Riau.

1.4 Batasan Masalah

Metode perancangan lapis keras landas pacu yang digunakan pada bandar udara Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru-Riau adalah Metode CBR. Dalam penyusunan tugas akhir ini pembahasan masalah lebih dititikberatkan pada kajian ulang ketebalan lapis keras landas pacu yang telah ada dengan menggunakan metode CBR, LCN, dan FAA berdasarkan data yang didapat dari PT. (Persero) Angkasa Pura II bandar udara Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru dan PT. Surfens.

Tebal lapis keras landas pacu yang ada kemudian akan dianalisis dengan menggunakan ketiga metode perancangan lapis keras landas pacu, yaitu metode CBR, LCN dan FAA. Dari hasil analisis kekuatan lapis keras landas pacu dengan menggunakan metode CBR, LCN, dan FAA akan dapat diketahui metode perancangan lapis keras landas pacu yang menghasilkan ketebalan total paling tipis dan menyediakan keamanan dan kenyamanan selama pesawat melakukan pendaratan dan tinggal landas, yang sebaiknya digunakan pada lapis keras landas pacu bandar udara Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru-Riau.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Struktur lapis keras adalah suatu struktur/konstruksi yang terdiri dari satu atau beberapa lapisan dengan daya dukung dan ketebalan yang berlainan dengan kualitas bahan makin ke atas semakin baik. Fungsi utama lapis keras adalah untuk mendukung beban lalu lintas yang bekerja di atasnya secara aman dan nyaman dalam segala macam kondisi cuaca, sehingga dapat dijamin bahwa tiap-tiap lapisannya mempunyai daya dukung dan ketebalan yang memadai sehingga tidak mengalami perubahan karena tidak mampu menahan beban yang berada di atasnya. Agar lapis keras dapat menjalankan fungsinya tersebut maka perlu dirancang dan dibangun sedemikian rupa, sehingga mampu menahan beban pesawat, lalulintas udara dan kondisi lingkungan sekitarnya.

Struktur lapis keras menurut bahan pengikatnya dapat dibedakan menjadi dua jenis (E.J. Yoder dan M.W. Witczak, 1975), yaitu:

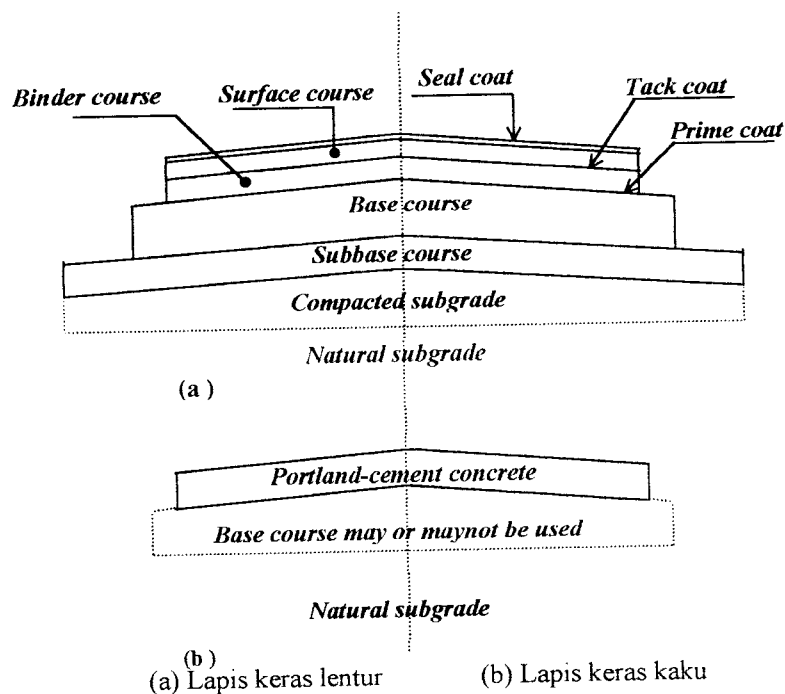
1. Lapis Keras Lentur (*Flexible Pavement*)

Lapis keras lentur (*flexible pavement*) adalah lapis keras yang menggunakan bahan pengikat aspal. Lapis keras lentur umumnya terdiri dari lapis permukaan (*surface course*), lapis pondasi atas (*base*

course), lapis pondasi bawah (*subbase course*), dan tanah dasar (*subgrade*).

2. Lapis Keras Kaku (*Rigid Pavement*)

Lapis keras kaku (*rigid pavement*), adalah lapis keras dengan bahan pengikat semen *portland* (*portland cement*). Lapis keras kaku, umumnya terdiri dari pelat beton semen *portland* dengan atau tanpa pondasi atas (*base course*) yang berlandaskan pada *subgrade*.



(a) Lapis keras lentur (b) Lapis keras kaku

Gambar 2.1 Struktur lapis keras

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

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. Beban yang didukung merupakan beban dinamik (pesawat yang bergerak).
2. Pemeliharaan yang berkala relatif lebih mudah.
3. Bagi perusahaan penerbangan, yaitu keawetan (*durability*) roda pesawat dengan permukaan landas pacu lebih lama.
4. Bagi *crew* dan penumpang, yaitu kenyamanan pada saat tinggal landas maupun mendarat lebih nyaman.

2.2.1 Struktur Lapis Keras Lentur

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. Fungsi dari tiap-tiap lapisan adalah sebagai berikut:

1. Lapis Permukaan (*Surface Course*)

Lapis permukaan adalah lapisan paling atas dari suatu perkerasan yang terdiri dari *wearing course* dan *binder course*. Fungsi lapis permukaan dapat meliputi:

- a. Struktural, yaitu turut mendukung dan menyebarkan beban kendaraan yang diterima oleh perkerasan, baik gaya vertikal maupun horisontal. Lapis permukaan harus mempunyai sifat kuat, kaku, dan stabil.
- b. Non struktural, yang berfungsi sebagai lapisan yang kedap air, menyediakan permukaan tetap rata, membentuk permukaan tidak licin. Lapisan ini juga sebagai lapisan aus.

Pada bandar udara Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru-Riau ketebalan lapis permukaan adalah 15 cm, yang terdiri dari:

- a. *Binder course*, menggunakan aspal *tread base* setebal 5 cm.
- b. *Wearing course*, menggunakan dua lapis aspal penetrasi yang masing masing lapisan mempunyai tebal sebesar 5 cm.

2. Lapis Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapis pondasi atas adalah bagian dari perkerasan yang terletak antara lapis permukaan dan lapis pondasi bawah (atau dengan tanah bila tidak menggunakan lapis pondasi bawah). Fungsi dari lapisan ini adalah menerima tekanan dari roda pesawat yang diterima lapisan permukaan dan menyebarkan ke lapisan di bawahnya (lapisan pondasi bawah) serta sebagai lapis peresapan bagi lapis pondasi bawah. Lapis pondasi atas dibuat dari material yang dipersiapkan (dicampur dengan semen atau aspal), atau bisa juga dibuat dari bahan-bahan alam tanpa campuran yang sebaiknya telah distabilisasi dan masih memenuhi syarat tebal minimum. *Federal Aviation Administration* FAA, menyatakan bahwa faktor ekuivalen yang menunjukkan rasio ketebalan substitusi dapat digunakan pada lapis pondasi bawah yang distabilisasi. Ketebalan lapis pondasi atas yang telah 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	1.0
8	Lapis pondasi bawah dari batu granular	Tidak berlaku

Sumber: *Federal Aviation Administration*, 1978, AC 150/5320-OC

Pada bandar udara Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru-Riau ketebalan untuk lapis pondasi atas adalah 25 cm, dengan menggunakan bahan batu pecah (*crushed stone*) dan nilai CBR 80 %.

3. Lapis Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Lapis pondasi bawah terletak diantara lapis pondasi atas (*base course*) dan tanah dasar (*subgrade*). Lapisan ini berfungsi untuk meneruskan beban yang diterima dari lapis di atasnya (lapis permukaan dan lapis pondasi atas) dan meneruskan ke tanah dasar (*subgrade*). Penggunaan material yang telah distabilisasi akan memberikan keuntungan pada tebal akhir lapisan ini.

Federal Aviation Administration (FAA), menyatakan bahwa faktor ekuivalen yang menunjukkan rasio ketebalan substitusi dapat digunakan pada lapis pondasi bawah yang distabilisasi. Ketebalan material yang telah distabilisasi dapat dihitung dengan membagi kebutuhan tebal dasar batu granular dengan faktor ekuivalen, yang dirangkum pada 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	1.2 – 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 dari batu granular	1.0

Sumber: *Federal Aviation Administration, 1978, AC 150/5320-OC*

Pada bandar udara Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru-Riau ketebalan untuk lapis pondasi atas adalah 30 cm, dengan menggunakan bahan batu granular dan nilai CBR 35 %.

4. Tanah Dasar (*Subgrade*)

Tanah dasar adalah permukaan tanah semula, dapat merupakan permukaan galian atau permukaan tanah timbunan yang telah dipadatkan dan merupakan tanah dasar tempat perletakan/mendukung perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya.

Tekanan pada lapis tanah dasar akan berkurang sesuai dengan kedalamannya, kecuali bila kondisi tanah yang tidak biasa seperti *subgrade* berlapis/kerapatan/kadar air yang bervariasi. Selain itu, kemampuan tanah untuk menahan gesekan dan deformasi akan bervariasi, sesuai dengan kadar kelembaban dan kerapatannya. Kondisi ini harus diperiksa selama penelitian tanah.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan pada tanah dasar di lokasi landas pacu dan sekitarnya di bandar udara Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru-Riau, maka didapatkan nilai CBR untuk tanah dasar (*subgrade*) sebesar 8-10 %.

2.2.2 Tegangan – Tegangan pada Lapis Keras Lentur

Struktur lapis keras lentur yang didirikan di atas tanah dasar, dimaksudkan agar tegangan yang terjadi sebagai akibat dari beban lalu lintas di atasnya dapat disebarkan secara merata kebawah (tegangan yang diterima akan semakin kecil ke bawah) 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, 1994), 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 lapis perkerasan dirancang atas dasar tekanan, regangan, dan perpindahan pada bidang pemisah di bawah pusat daerah yang dibebani. Dua kriteria rancangan utama yang dipergunakan adalah nilai *modulus elastisitas* dan *poisson's ratio* untuk setiap lapisan, yang diuraikan sebagai berikut:

- a. Regangan tarik horisontal pada bagian bawah lapisan dengan bahan pengikat aspal. Besarnya regangan tarik horisontal tergantung dari karakteristik kelelahan dari campuran aspal, dengan nilai batas menurut Shell Oil Company sebesar $2,3 \times 10^{-4}$ in/in, pada pengulangan regangan 10^6 kali. Jika regangan ini melebihi nilai batas, maka akan terjadi retak pada lapisan aspal.

- b. Regangan tekan vertikal pada permukaan tanah dasar (*subgrade*).
Besarnya regangan vertikal tergantung pada jumlah pembebanan, dengan nilai batas menurut Shell Oil Company ditetapkan sebesar $10,3 \times 10^{-4}$ in/in pada pengulangan regangan 10^6 kali. Jika regangan ini melebihi batas, maka deformasi permanen akan terjadi pada *subgrade*, dan akhirnya dapat menimbulkan deformasi permanen pada lapis permukaan, yang mengakibatkan bentuk lapis permukaan yang bergelombang.

2. Tegangan Akibat Perbedaan Temperatur dan Kelembaman

Kondisi lingkungan yang melingkupi lapis keras sangat berpengaruh terhadap lapis permukaan. Hal ini disebabkan lapis keras terletak pada tempat yang tidak terlindung, maka perbedaan temperatur dan kelembaman sangat mempengaruhi bentuk dari lapis permukaan. Selain itu, 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 landasan 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 (*alligator 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 berangkaian 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 Dasar –Dasar Perancangan Tebal Lapis Keras Lentur

Perencanaan bandar udara merupakan suatu proses yang demikian rumitnya, sehingga analisis suatu kegiatan harus memperhatikan pengaruhnya terhadap kegiatan lainnya. Perencanaan bandar udara akan berhasil dengan baik, jika didasarkan pada pedoman-pedoman yang dibuat berdasarkan rencana induk dan sistem bandara secara menyeluruh.

Ir. Heru Basuki (1985), menyatakan bahwa rencana induk adalah konsep pengembangan lapangan terbang secara ultimit, dalam arti pengembangan di seluruh areal lapangan terbang, operasi penerbangan, dan tata guna tanah sekitarnya. Rencana induk yang menjadi pedoman pengembangan dikemudian hari adalah bagian operasi penerbangan yang memadai selaras dengan lingkungan dan pengembangan masyarakat, serta sarana transportasi penunjang lainnya. Secara rinci tujuan rencana induk dari suatu bandar udara adalah sebagai berikut:

1. Pedoman untuk pengembangan fasilitas fisik bandar udara.

2. Pedoman bagi tata guna tanah dan pengembangannya, di dalam dan sekitar bandara.
3. Petunjuk mengenai pengaruh lingkungan dari pembangunan bandar udara dan operasi penerbangan.
4. Petunjuk mengenai kebutuhan pembuatan jalan masuk dan keluar dari bandar udara (*access interface*).
5. Pedoman tentang kelayakan ekonomi, dan finansial yang diinginkan dari pengembangan bandar udara.
6. Pedoman untuk membuat rencana perbaikan-perbaikan secara prioritas.

Rencana induk (*master plan*) dari bandar udara (Ir. Heru Basuki, 1985), paling sedikit harus berisi antara lain:

1. Ramalan tahunan dan jam-jam sibuk harian yang mencakup operasi penerbangan, jumlah penumpang, volume barang, dan lalu lintas darat.
2. Alternatif pemecahan persoalan dari kebutuhan-kebutuhan yang diramalkan secara memadai dan memuaskan dengan memperhatikan pengaruh-pengaruhnya terhadap lingkungan, keselamatan, dan ekonomi.
3. Analisa biaya investasi dan keuntungannya.
4. Pengaruh lingkungan dan cara mengatasinya.

Proses perencanaan sistem bandar udara yang berkesinambungan diperlukan untuk 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 rancangan perencanaan.

Perancangan 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.

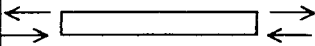
2.3.1 Kapasitas Lalu Lintas Udara

R. Horonjeff dan F.X Mc Kelvey (1994), 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 tinggal landas (kapasitas ultimit).

Perbedaan penting kedua definisi kapasitas tersebut, bahwa kapasitas praktis 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 antara konfigurasi landas pacu dengan kapasitas tahunan praktis landas pacu untuk perencanaan jangka panjang, dapat dilihat pada 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	
 <i>Arrivals = Departures</i>	0 – 2	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 untuk konfigurasi landas pacu tunggal/single runway)

Sumber: R. Horonjeff dan F.X McKelvey, 1994, *Planning and Design of Airport*, 4th Ed.

Kapasitas lalu lintas udara pada bandar udara Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru-Riau dirangkum dalam tabel 2.4 berikut ini:

Tabel 2.4 Kapasitas lalu lintas udara pada bandar udara Sultan Syarif Kasim II tahun 2000

Tipe Pesawat Terbang	Pergerakan Tahun 2000
B-737-300, B-737-500	1274
B-737-200, F-100	1440
F-28-4000, F-70	2580
F-50, F-27, CN-235	722

Sumber: PT (Persero) Angkasa Pura II Bandar udara Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru-Riau (2000)

2.3.2 Karakteristik Pesawat Terbang

Pengetahuan umum mengenai karakteristik pesawat terbang merupakan suatu hal yang penting dalam merencanakan fasilitas-fasilitas yang digunakan oleh pesawat terbang. Karakteristik pesawat terbang akan mempengaruhi ukuran tempat parkir (*apron*), lebar landas pacu (*runway*), dan landas penghubung (*taxiway*).

Karakteristik pesawat terbang yang berhubungan dengan lapis keras bandar udara antara lain:

1. Beban pesawat
2. Konfigurasi roda pendaratan utama pesawat.

1. Beban pesawat

Beban pesawat digunakan untuk menentukan tebal lapis keras landas pacu yang dibutuhkan. Beberapa jenis beban pesawat yang berhubungan dengan pengoperasian pesawat, antara lain:

- a. Berat Kosong Operasi ($OWE = \text{Operating Weight Empty}$) adalah beban utama pesawat, termasuk awak pesawat dan konfigurasi roda pesawat (tidak termasuk muatan dan bahan bakar).
- b. Muatan (*Payload*) adalah beban barang dan penumpang yang diperbolehkan untuk diangkut oleh pesawat sesuai dengan persyaratan angkut pesawat.
- c. Berat Bahan Bakar kosong ($ZFW = \text{Zero Fuel Weight}$) adalah batasan beban, spesifik pada setiap jenis pesawat, di atas batasan berat itu

tambahan berat harus berupa bahan bakar, sehingga ketika pesawat sedang terbang, tidak terjadi momen lentur yang berlebihan pada sambungan.

- d. Berat Lereng Maksimum (MRW = *Maximum Ramp Weight*) adalah beban maksimum untuk melakukan gerakan (*manuver*), atau berjalan dari parkir landasan pacu ke pangkal landasan pacu. Selama proses tersebut terjadi pembakaran bahan bakar sehingga pesawat akan kehilangan berat.
- e. Berat Maksimum Lepas Landas (MTOW = *Maksimum Take Off Weight*) adalah beban maksimum pada awal tinggal landas, sesuai dengan bobot pesawat, dan persyaratan kelayakan penerbangan. Beban ini meliputi berat operasi kosong, bahan bakar untuk perjalanan dan cadangan (tidak termasuk bahan bakar yang digunakan untuk gerakan awal), dan muatan.
- f. Berat Maksimum Pendaratan (MLW = *Maximum Landing Weight*) adalah beban maksimum pada saat roda pesawat menyentuh lapis keras (mendarat), sesuai dengan bobot pesawat dan persyaratan kelayakan penerbangan.

Untuk lebih jelasnya mengenai pengertian beban pesawat saat pengoperasian, dirangkum dalam tabel 2.5 berikut ini.

Tabel 2.5 Beban pesawat saat pengoperasian

Komponen Pesawat	Berat Dasar	Crew	Gear	Muatan	Bahan Bakar				
					Man	t.o	Trav	Ld	Res
OWE	*	*	*	-	-	-	-	-	-
Payload	-	-	-	*	-	-	-	-	-
Max.Payload	-	-	-	*max	-	-	-	-	-
ZFW	*	*	*	*max	-	-	-	-	-
MRW	*	*	*	*	*	*	*	*	*
MTOW	*	*	*	*	-	*	*	*	*
MLW	*	*	*	*	-	-	-	*	*

Catatan: man = *manuver* (gerakan), t.o = *Take Off* (tinggal landas), trav = *Travelling* (perjalanan), Ld = *Landing* (mendarat), res = *Reserve* (cadangan), Tanda (*) = diperhitungkan, dan Tanda (-) = tidak diperhitungkan.

Untuk Karakteristik beban pesawat yang dilayani bandar udara Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru-Riau dan kan digunakan dalam analisis dirangkum dalam tabel 2.6 berikut ini:

Tabel 2.6 Karakteristik pesawat berdasarkan beban dan konfigurasi roda pendaratan utama

Tipe Pesawat	MTOW (lbs)	Landing Gear			
		Tipe	T.Roda (psi)	% NG	% MG
B-737-300	124,500	<i>Dual Wheel</i>	166	7.4	46.3
B-737-200	100,000	<i>Dual Wheel</i>	160	9	45.5
F-28-4000	73,000	<i>Dual Wheel</i>	100	7.4	46.3
F-27-500	45,900	<i>Dual Wheel</i>	78	5	47.5

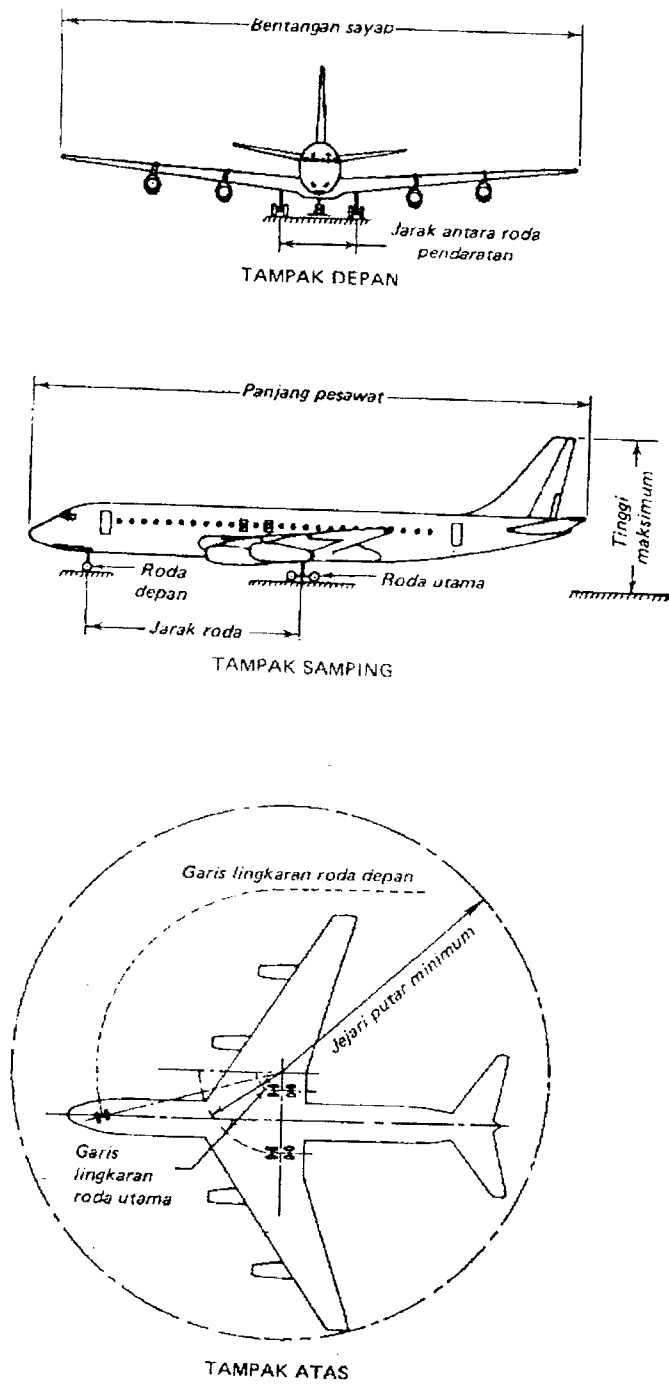
Sumber: ICAO dan Boeing

2. Konfigurasi Roda Pendaratan Utama Pesawat

Konfigurasi roda pendaratan utama pesawat sangat berpengaruh terhadap perancangan tebal lapis keras selain berat pesawat itu sendiri. Pada umumnya, konfigurasi roda pendaratan utama 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. Dan selama pendaratan berat pesawat akan berkurang akibat terpakainya bahan bakar yang cukup besar.


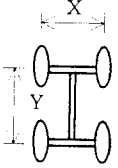
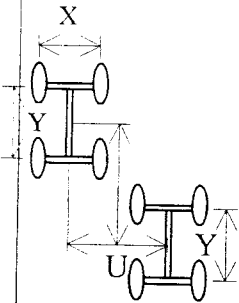
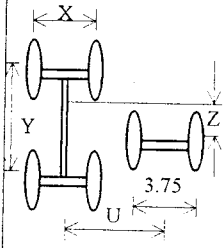
Geometri pesawat dapat dilihat pada gambar 2.2, sedangkan konfigurasi roda pendaratan utama, ukuran, dan tekanan pemompaan tipikal untuk beberapa jenis pesawat dirangkum dalam tabel 2.5.



Gambar 2.2 Geometri pesawat terbang

Sumber: R. Horonjeff dan F.X McKelvey, 1994, *Planning and Design of Airport*, 4th Ed.

Tabel 2.7 Konfigurasi roda pendaratan utama

Susunan Roda Pendaratan Utama	Type	Ukuran (inci)					Tekanan Pemompaan Tipikal (ib/in ²)
		X	Y	Z	U	Z	
 Dual Wheel	B- 727 B- 737 MD-81	34.0 30.5 28.1					168 148 170
 Dual Tandem	A- 300 A- 310 A- 320 B- 707-122B B- 707-320B B- 720B B- 757 B- 767 Concorde DC-8-61 DC-8-62 DC-8-63 DC-8-10-10 L-10011-500	36.5 36.5 30.7 34.0 34.6 32.0 34.0 45.0 26.4 30.0 32.0 32.0 54.0 50.2	55.0 55.0 39.5 56.0 56.0 49.0 45.0 56.0 65.7 55.0 56.0 55.0 64.0 70.0				181 172 149 170 180 145 161 183 184 188 187 196 173 184
 Double Wheel Tandem	B- 747-100 B- 747-200 B- 747-400 B- 747SP	44.0 44.0 44.0 44.0	58.0 58.0 58.0 58.0	121.1 121.1 121.1 121.1	141.0 141.0 141.0 141.0		192 204 195 205
	A-340 DC-10-30 DC-10-40	55.0 54.0 54.0	78.0 64.0 64.0	39.0 30.0 30.0	211.0 216.0 216.0	38.0 37.5 37.5	157* 165**

*) Tekanan roda tengah sebesar 134 psi mendukung 16 persen dari berat total

***) Tekanan roda tengah sebesar 140 psi mendukung 16 persen dari berat total

Sumber: R. Horonjeff dan F.X McKelvey, 1994, *Planning and Design of Airport*, 4th Ed.

2.3.3 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 dan daya dukung tanah dasar, harus dilakukan pengujian kepadatan tanah dengan cara menggali tanah pada lokasi landas pacu (test CBR di lapangan), dan mengambil sampel tanah untuk dilakukan test CBR di laboratorium.

Dengan mengetahui kepadatan tanah dasar akan menentukan ketebalan lapis keras tersebut, sehingga kondisi tanah dasar sangat diperlukan untuk perancangan lapis keras.

2.3.4 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.

BAB 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 *Corp of Engineers, US Army* untuk keperluan bandar udara militer, setelah pecah Perang Dunia II.

Prinsip metode CBR (nilai kekuatan lapis keras dinyatakan dalam CBR) yaitu suatu nilai perbandingan antara kekuatan bahan yang diuji terhadap bahan tertentu yang dinyatakan dalam persentase. Pengujian CBR pada tiap lapis keras dimaksudkan untuk mengetahui indeks kuat geser lapisan tersebut. Maka nilai CBR 50 berarti tekanan yang diperlukan torak untuk mempenetrasi setiap bahan uji lapis keras pada kedalaman tertentu sebesar setengahnya yang diperlukan torak untuk mempenetrasi batu pecah standar dengan kedalaman yang sama.

Selama tahun 1950 *The Corps of Engineers* melakukan analisa terhadap kekuatan lapis keras pada *prototype* bandar udara yang menunjukkan bahwa kriteria perancangan metode CBR untuk beban tunggal dapat dinyatakan dalam dua parameter, yaitu: $\text{tebal} / (\text{bidang kontak})^{1/2}$ dan $\text{CBR} / \text{tekanan roda}$, serta memisahkan beban kegagalan dan bukan beban kegagalan untuk operasi yang mendekati kapasitas (kurang lebih 5000 lintasan). Pernyataan matematis untuk hubungan parameter tersebut, dapat dinyatakan dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$t = \sqrt{\frac{P}{8.1(\text{CBR})} - \frac{A}{\pi}} \quad (3.1)$$

dengan : t = tebal rencana (in)

P = beban roda tunggal (lbs)

A = bidang kontak roda (in²), dan

CBR = CBR (%).

Pada tahun 1959 persamaan diubah untuk perhitungan pengulangan beban dengan konfigurasi roda beban ganda atau lebih, maka beban roda ganda dianggap sama dengan beban roda tunggal (ESWL), sehingga persamaan (3-1) menjadi:

$$t = f \sqrt{\frac{\text{ESWL}}{8.1(\text{CBR})} - \frac{A}{\pi}} \quad (3.2)$$

Dengan: f = persentase tebal rencana ($0.23 \log C + 0.15$),

ESWL = beban roda tunggal ekuivalen, dan

C = *coverage* (lintasan roda untuk melewati setiap titik dilajur lalu lintas satu kali).

Penelitian yang dilakukan oleh the *Waterways Experiment Station* (1960) pada 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 berikut ini.

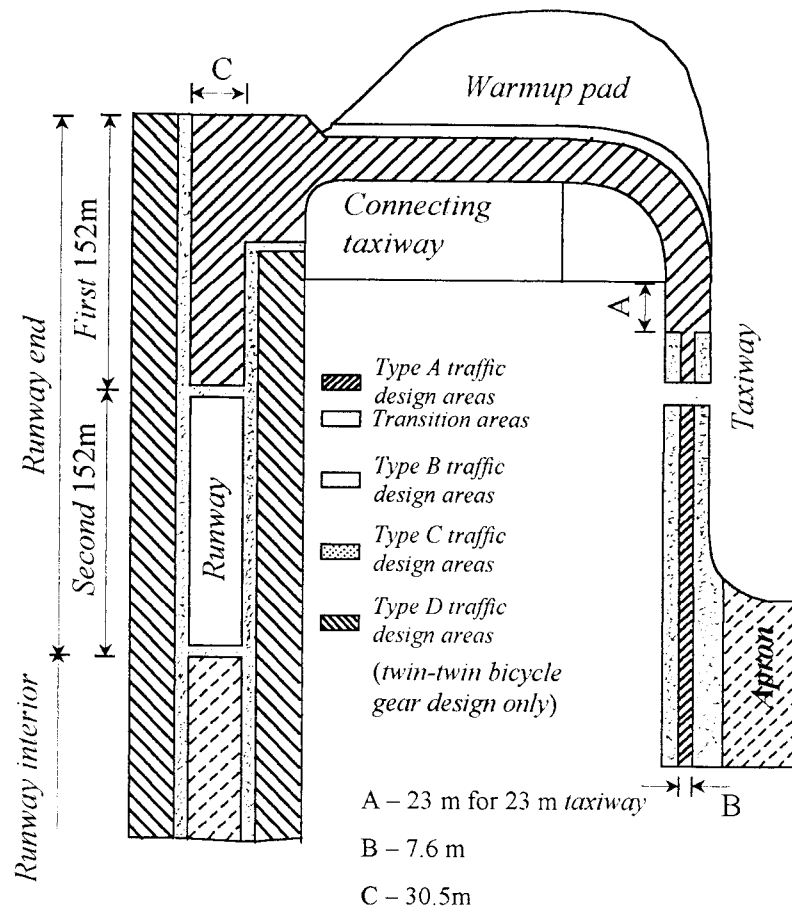
$$t = \alpha_i \sqrt{\frac{\text{ESWL}}{8.1(\text{CBR})} - \frac{A}{\pi}} \quad (3.3)$$

Dengan : α_i = faktor pengurangan beban.

Dari hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan diatas maka setiap pesawat yang akan beroperasi di bandar udara dikategorikan kedalam daerah pembebanan pesawat dan *traffic area* yang bekerja pada lapis keras (E.J. Yoder dan M.W. Witzak, 1975), yaitu:

1. Pembebanan untuk pesawat berat dengan konfigurasi roda pendaratan *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*.

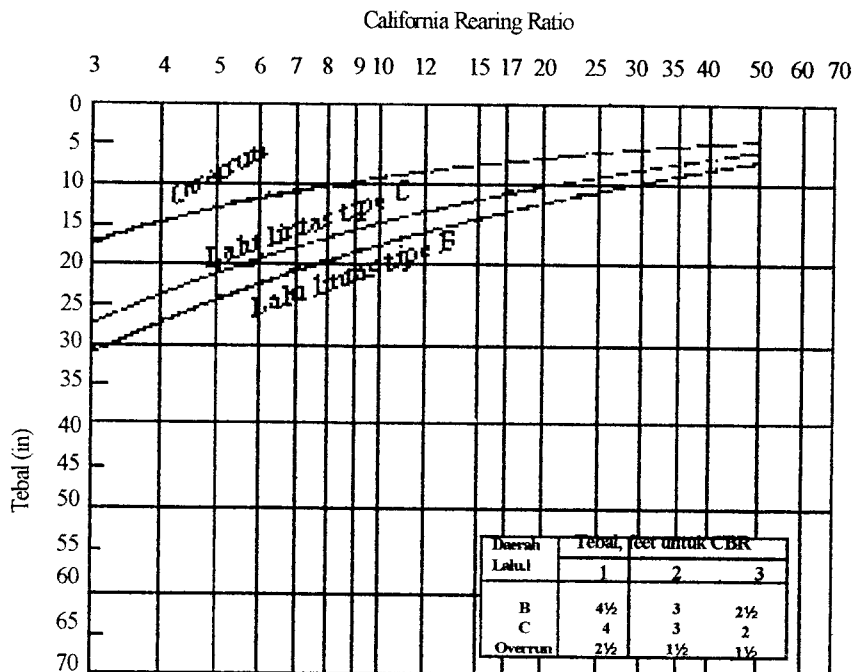
Layout traffic area untuk perancangan lapis keras lentur dengan metode CBR dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut ini.



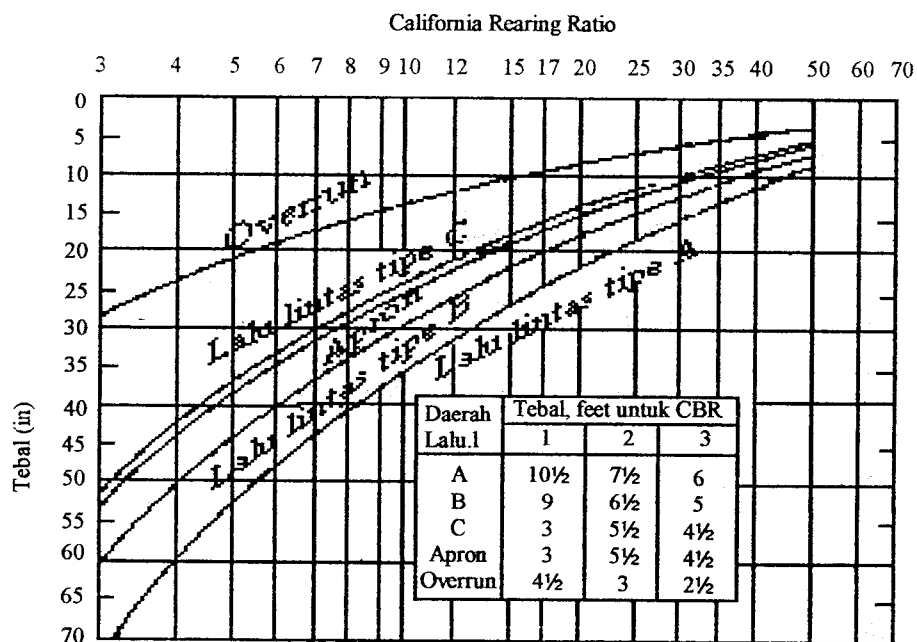
Gambar 3.1 *Layout Traffic areas* untuk perencanaan lapis keras lentur
Dengan metode CBR

Sumber: E.J. Yoder dan M.W. Witzak, 1975, *Principles of Pavement Design*.

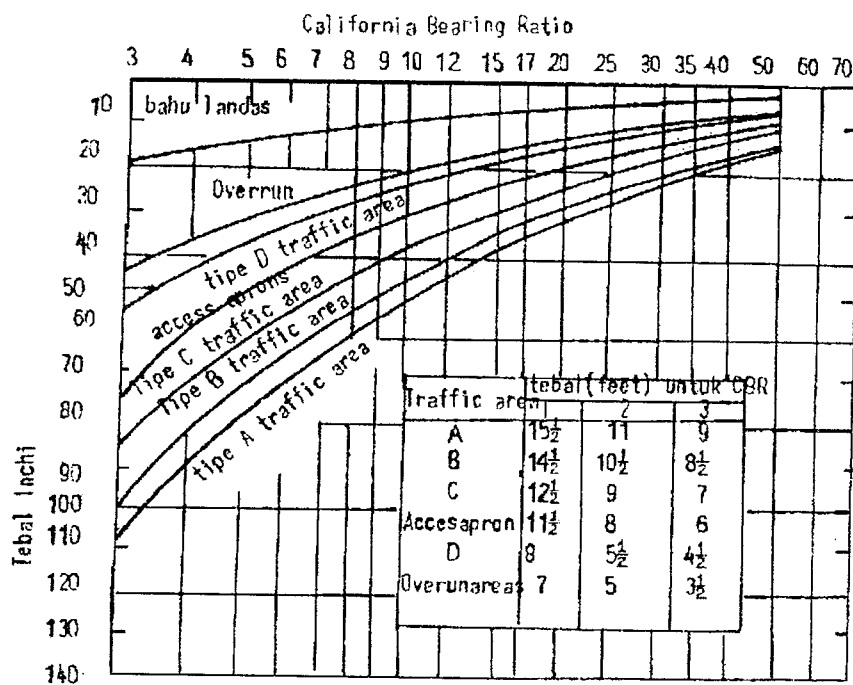
Untuk perancangan tebal lapis keras lentur dengan metode CBR untuk kategori pembebanan pesawat dan konfigurasi roda pendaratan utama pesawat didapat dengan menggunakan gambar 3.2 – 3.4 berikut ini



Gambar 3.2 Kurva perencanaan perkerasan *flexible* metode CBR untuk pesawat-ringan
 Sumber: Ir. Heru Basuki, 1985, Merancang, Merencana Lapangan Terbang.



Gambar 3.3 Kurva perencanaan perkerasan *flexible* metode CBR untuk pesawat *medium*
 Sumber: Ir. Heru Basuki, 1985, Merancang, Merencana Lapangan Terbang.



Gambar 3.4 Kurva perencanaan perkerasan *flexible* metode CBR untuk pesawat berat
Sumber: Ir. Heru Basuki, 1985, Merancang, Merencana Lapangan Terbang.

Perancangan nilai CBR dan gradasi material yang digunakan *subbase* harus memenuhi persyaratan seperti pada tabel 3.1 berikut ini

Tabel 3.1 Persyaratan perancangan metode CBR

No	Lapisan	Max. CBR Rencana	% Max. Passing Gradation Requirements				
			Ukuran (in)	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 sample dengan nilai CBR terendah.

Sumber: E.J. Yoder dan M.W. Witzak, 1975, *Principles of Pavement Design*.

Sedangkan untuk ketebalan *surface* dan *basecourse* minimum untuk setiap daerah pembebanan harus memenuhi persyaratan seperti pada tabel 3.2 – 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	Access Aprons	3	6	9	2	6	8
6	Overrun	2	6	8	2	6	8

Sumber: E.J. Yoder dan M.W. Witzak, 1975, *Principles of Pavement Design*.

Tabel 3.3 Ketebalan minimum untuk pembebanan pesawat *medium*

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
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, *Principles of Pavement Design*.

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
2	C	3	6	9	3	6	10
3	Access Aprons	3	6	9	4	6	10

Sumber: E.J. Yoder dan M.W. Witzak, 1975, *Principles of Pavement Design*.

3.2 Metode Perancangan FAA (*Federal Aviation Administration*)

Metode perancangan FAA didasarkan pada berat pesawat kotor, yaitu berat pesawat pada saat tinggal landas. Perancangan lapis keras dengan menggunakan perhitungan metode FAA dapat dipakai untuk masa pelayanan selama 20 tahun, tanpa adanya perbaikan yang berarti kecuali ada perubahan pesawat yang harus dilayani.

Di dalam menentukan tebal lapis perkerasan terlebih dahulu ditentukan pesawat rencana, yaitu pesawat yang direncanakan akan beroperasi di bandar udara yang menghasilkan ketebalan perkerasan yang paling besar. Hal ini dikenal dengan konsep Ekuivalen Kedatangan Tahunan (*Equivalent Annual Departures = EAD*), yang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3.4) berikut ini.

$$\text{Log } R_1 = \text{log } R_2 \left[\frac{W_2}{W_1} \right]^2 \quad (3.4)$$

Dengan R_1 = ekuivalen kedatangan tahunan pesawat rencana

R_2 = kedatangan tahunan pesawat campuran

W_1 = beban roda pesawat rencana

W_2 = beban pesawat campuran

Pada perhitungan beban pesawat, mengasumsikan bahwa beban pesawat adalah berat pesawat tinggal landas maksimum (MTOW) didukung oleh konfigurasi roda pendaratan utama (dinyatakan dalam prosentase yang biasanya dipakai 95%). Beban roda pesawat rencana (W_1) dan beban pesawat campuran (W_2), didapat dengan menggunakan persamaan (3.5) dan (3.6) berikut ini.

$$W_1 = \% \text{ distribusi } main \text{ gear} \times \text{MTOW pesawat rencana} \times \frac{1}{N} \quad (3.5)$$

$$W_2 = \% \text{ distribusi } main \text{ gear} \times \text{MTOW pesawat campuran} \times \frac{1}{N} \quad (3.6)$$

Dengan: W_1 = beban pesawat rencana

W_2 = beban pesawat campuran

MTOW = berat tinggal landas maksimum (lbs), dan

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

Sedangkan untuk pesawat berbadan lebar seperti B- 747 dianggap mempunyai berat tinggal landas kotor sebesar 300.000 lbs dengan roda pendaratan utama *dual tandem* dalam perhitungan EAD.

Untuk jenis pesawat campuran yang mempunyai konfigurasi roda pendaratan berlainan dengan pesawat rencana, maka perhitungan kedatangan tahunan dikonversikan kedalam konfigurasi roda pendaratan pesawat rencana, seperti yang tertera dalam tabel 3.5 berikut ini

Tabel 3.5. Konfigurasi roda pendaratan pesawat

Konversi dari	Ke	Faktor pengali
<i>Single Wheel</i>	<i>Dual wheel</i>	0.8
<i>Single Wheel</i>	<i>Dual tandem</i>	0.5
<i>Dual Wheel</i>	<i>Dual tandem</i>	0.6
<i>Double dual tandem</i>	<i>Dual tandem</i>	1.0
<i>Dual tandem</i>	<i>Single wheel</i>	2.0
<i>Dual tandem</i>	<i>Dual wheel</i>	1.7
<i>Dual Wheel</i>	<i>Single wheel</i>	1.3
<i>Double dual tandem</i>	<i>Dual wheel</i>	1.7

Catatan: Konfigurasi roda pendaratan utama dapat dilihat pada tabel 2.5

Sumber: Ir. Heru Basuki, 1985, Merancang, Merencana Lapangan Terbang.

FAA memberikan toleransi untuk perubahan ketebalan lapis keras pada daerah permukaan yang berbeda (R. Horonjeff dan F.X. McKelvey, 1994), 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 landasan penghubung (*taxiway*), dan bagian tengah landas pacu (*runway*).
- 2 Tebal lapis keras 0.9T dirancang untuk persimpangan antara landas penghubung dengan landas pacu
- 3 Tebal lapis keras 0.7T dirancang untuk daerah yang jarang dilalui oleh roda pesawat seperti bagian tepi luar landas penghubung, dan bagian tepi luar landas pacu.

Tebal perkerasan bagi tingkat kedatangan tahunan lebih dari 25.000 maka harus ditambah dengan ketebalan lapis keras seperti yang dirangkum dalam tabel 3.6

Tabel 3.6 Tebal perkerasan bagi tingkat *departure* > 25.000

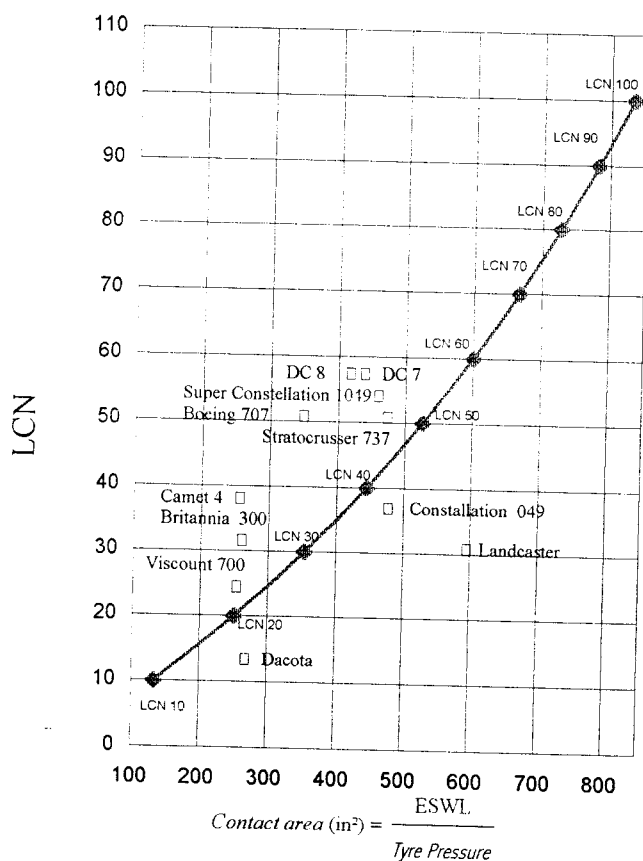
Tingkat <i>Annual Departure</i>	% 25.000 Tebal <i>Departure</i>
50.000	104
110.000	108
150.000	110
200.000	112

Sumber: R. Horonjeff dan F.X McKelvey, 1994, *Planning and Design of Airport*, 4th Ed.

3.3 Metode LCN (*Load Classification Number*)

Metode *Load Classification Number* (LCN) adalah metode perencanaan lapis keras dan evaluasi yang pertamakali diformulasikan oleh *Air Ministry Directorate General of Work*, Inggris dan pada akhirnya telah diakui oleh *The International Civil Aviation Organization* (ICAO) dalam *Aero Manual*.

Dalam perencanaan lapis keras dengan menggunakan metode LCN setiap pesawat dapat dinyatakan dalam LCN. Nilai LCN tergantung kepada geometri roda pendaratan, tekanan roda pesawat, dan komposisi dari tebal perkerasan. Sehingga apabila nilai LCN lapis keras bandar udara lebih besar dari pada LCN pesawat, maka pesawat dapat mendarat dengan aman. Pada gambar 3.5 berikut ini dapat dilihat kurva penggolongan beban standar.



Gambar 3.5 Kurva penggolongan beban standar

Sumber: Ir. Heru Basuki, 1985, Merancang, Merencana Lapangan Terbang.

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 3.7 berikut ini.

Tabel 3.7 Hubungan antara beban roda tunggal, tekanan roda dan nilai LCN

Beban Roda		Tekanan Roda		Nilai LCN
lbs	kg	psi (lb/in ²)	kg/cm ²	
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	4500	75	5.27	10

Sumber: Ir. Heru Basuki, 1985, Merancang, Merencana Lapangan Terbang.

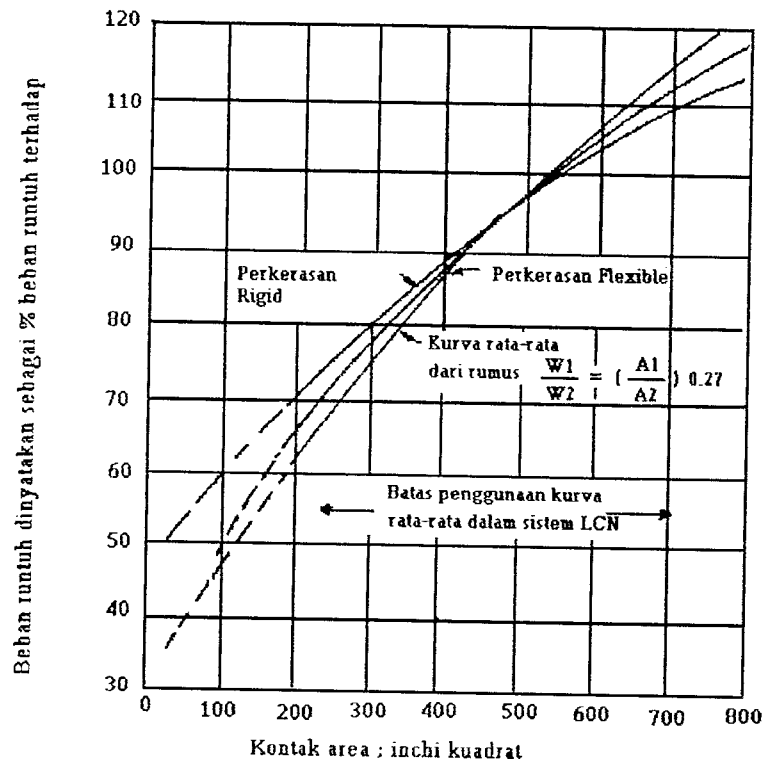
Hasil penggabungan antara kurva penggolongan beban standar pada gambar 3.5 dan kurva hubungan bidang kontak dengan beban kegagalan untuk lapis keras tipikal pada gambar 3.6, adalah kurva LCN yang terdapat pada gambar 3.7. Kurva LCN pada gambar 3.7 tersebut (Heru Basuki, 1985), dibuat dengan cara sebagai berikut:

1. Garis kontak bidang roda pesawat digambar dari rumus:

$$\text{Kontak area} = \frac{\text{Beban}}{\text{Tekanan roda}} \quad (3.7)$$

2. Setiap titik yang terdapat pada garis dasar LCN didapat dari kurva klasifikasi standar beban, misalnya beban roda (*Wheel load*) sebesar 66.72 KN, dengan tekanan roda 0.534 MN/m² maka akan didapat nilai LCN sebesar 15.
3. Titik-titik lain pada setiap garis LCN, didapat berdasarkan hasil *Bearing Plate Test* pada setiap jenis lapis keras tegar dan lapis keras lentur dengan *contact*

area antara 200 –700 in², yang berasal dari kurva hubungan beban runtuh dengan bidang kontak pada lapis tegar dan lapis keras lentur, seperti pada gambar 3.6 berikut ini.



Gambar 3.6 Kurva hubungan bidang kontak-beban kegagalan

Sumber: Ir. Heru Basuki, 1985, Merancang, Merencana Lapangan Terbang.

Secara matematis, hubungan antara beban runtuh dengan bidang kontak pada lapis keras tegar dan lapis keras lentur, dibuat dengan persamaan berikut ini

$$\frac{W_1}{W_2} = \left[\frac{A_1}{A_2} \right]^{0.27} \quad (3.8)$$

dengan: W_1 = beban runtuh pada lapis keras kaku (lbs)

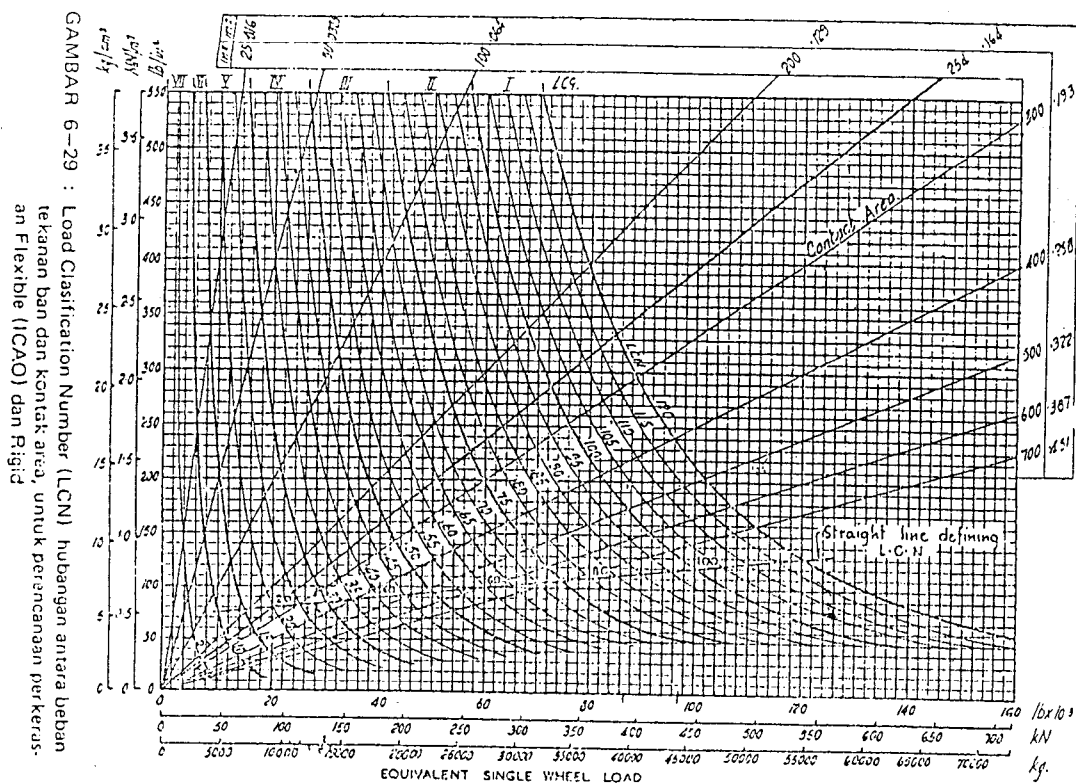
W_2 = beban runtuh pada lapis keras lentur (lbs)

A_1 = luas daerah kontak ban pada lapis keras kaku (in^2)

A_2 = luas daerah kontak ban pada lapis keras lentur (in^2)

4. Garis titik-titik merupakan penerusan sistem LCN secara coba-coba, untuk menampung bidang kontak yang lebih kecil dari 200 in^2 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.

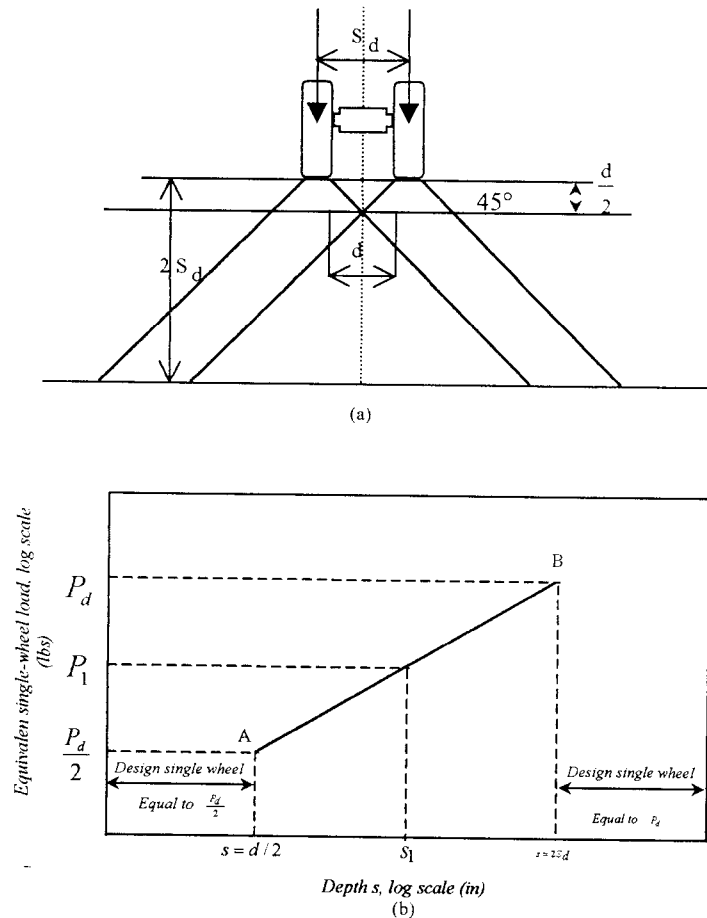


Gambar 3.7 Nilai LCN dinyatakan dengan ESWL, tekanan roda dan bidang kontak
 Sumber: Ir. Heru Basuki, 1985, Merancang, Merencana Lapangan Terbang.

Nilai LCN pada gambar 3.7 hanya berlaku untuk pesawat dengan beban roda tunggal, sedangkan untuk pesawat dengan beban roda ganda atau lebih harus

dikonversikan dahulu kedalam ESWL. Beban ESWL akan mempunyai beban dan tekanan roda yang sama dengan roda tunggal.

Analisa ESWL untuk pesawat dengan konfigurasi roda pendaratan utama *dual wheel* dapat dilihat 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*

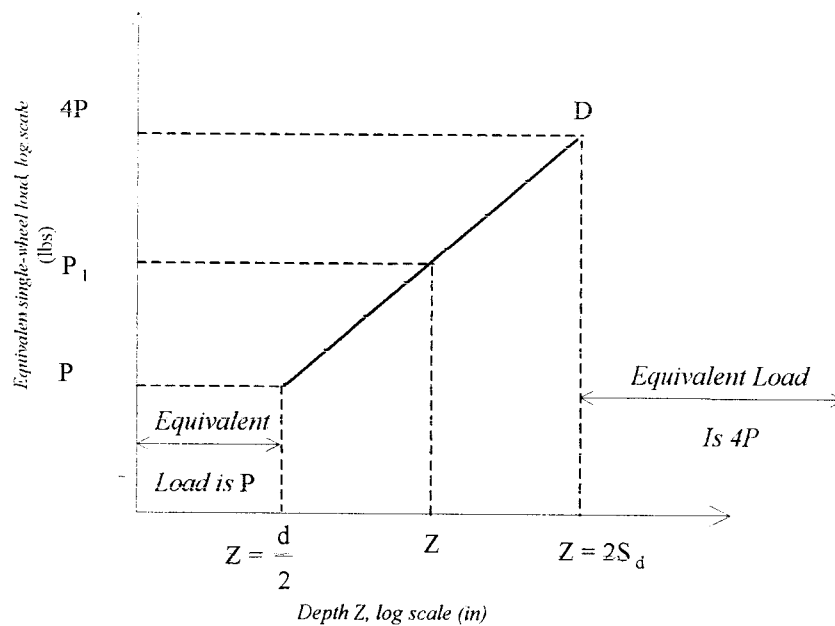
Sumber: M. Sargious, 1975, *Pavement and Surfacing for Highway and Airport*.

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

- 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).

- Titik B ($P_d, 2 S_d$) adalah tekanan akibat beban roda ganda (P_d) terjadi sampai pada kedalaman $2S_d$ ($S_d =$ jarak roda dari sumbu ke sumbu).
- Garis AB adalah beban tunggal yang bekerja dinyatakan dalam ekuivalen. Diasumsikan bahwa beban tunggal yang 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, *Pavement and Surfacing for Highway and Airport*.

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

- Titik C ($P, d/2$) adalah tekanan akibat beban roda tunggal (P) terjadi sampai pada kedalaman $d/2$ (d = jarak tepi dalam kedua roda).
- 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).
- Garis CD, adalah beban tunggal yang bekerja dinyatakan dalam ekuivalen, diasumsikan bahwa beban tunggal ekuivalen bekerja pada kedalaman Z (antara $d/2$ sampai S_d). Dengan menarik garis dari titik Z (kedalaman) kemudian diplotkan kedalam titik beban, maka didapatkan beban, maka didapatkan beban ekuivalen tunggal (P_1).

BAB IV

DATA PERANCANGAN

4.1 Kapasitas Lalulintas Udara

Bandar udara Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru-Riau merupakan bandar udara yang melayani penerbangan domestik dan international dengan landas pacu tunggal. Dalam perancangan lapis keras landas pacu bandar udara diperlukan data kapasitas lalulintas udara, yang digunakan untuk menentukan kemampuan lapis keras landas pacu, sehingga tidak mengalami kerusakan yang berarti selama umur rencana operasi.

Dari data yang ada di PT (Persero) Angkasa Pura II bandar udara Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru-Riau, diperoleh kategori pesawat campuran menurut kapasitas rata-rata penumpang yang dapat diangkut dan pergerakan pesawat pada tahun 2000. Kategori pesawat campuran yang dipertimbangkan untuk perancangan lapis keras landas pacu, dirangkum dalam tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4.1 Kategori pesawat campuran berdasarkan kapasitas rata-rata penumpang yang dapat diangkut.

No	Kapasitas	Tipe Pesawat Terbang	Pergerakan Tahun 2000
1	M 150	B-737-300 , B-737-500	1274
2	M 100	B-737-200 , F-100	1440
3	M 75	F-28-4000 , F-70	2580
4	M 50	F-50, F-27 , CN-235	722

Sumber: PT (Persero) Angkasa Pura II Bandar udara Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru-Riau (2000)

4.2 Karakteristik Pesawat Terbang

Dalam perancangan ketebalan lapis keras landas pacu, dipilih pesawat yang menghasilkan ketebalan terbesar dari setiap kelompok pesawat campuran. Data karakteristik pesawat yang beroperasi pada bandar udara Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru-Riau, yang berpengaruh pada perancangan ketebalan lapis keras landas pacu dirangkum dalam tabel 4.2 berikut ini.

Tabel 4.2 Karakteristik pesawat untuk perencanaan lapis keras

Pesawat		MTOW (lbs)	Landing Gear			
Kapasitas	Tipe		Tipe	T.Roda (psi)	% NG	% MG
M 150	B-737-300	124,500	Dual Wheel	166	7.4	46.3
M 100	B-737-200	100,000	Dual Wheel	160	9	45.5
M 75	F-28-4000	73,000	Dual Wheel	100	7.4	46.3
M 50	F-27-500	45,900	Dual Wheel	78	5	47.5

Keterangan : NG = *nose gear* dan MG = *main gear*

Sumber: PT (persero) Angkasa Pura II Bandar udara Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru-Riau

4.3 Kondisi dan Daya Dukung Tanah Dasar

Berdasarkan hasil pengujian tanah dasar di lokasi landas pacu dan sekitarnya (tes CBR lapangan), tanah dasar berupa pasir lanau hitam keputihan (*silty sand whitenish black*).

Sedangkan hasil pengujian pemadatan sampel tanah yang dilakukan di laboratorium, menunjukkan bahwa dengan kepadatan maksimum 95.20 – 97.15 % dan telah direndam air selama 4 hari didapat hasil rata-rata kadar air optimum sebesar 11.71 %, dengan kepadatan tanah kering maksimum 1.882 t/m³.

Untuk perancangan lapis keras lentur landas pacu bandar udara Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru-Riau, pada tanah dasar dilakukan perbaikan dengan cara mencampurkan tanah asli dengan semen dan pemadatan, sehingga diperoleh nilai

CBR 8 % - 10 % memenuhi persyaratan ASTM D-154-66 dan D-1883-73 (*soaked CBR, field CBR*). Selanjutnya untuk keperluan perancangan, pada tanah dasar digunakan parameter nilai CBR minimum 8 %.

4.4 Bahan Lapis Keras Lentur

Bahan lapis keras yang digunakan dalam pelaksanaan pekerjaan lapis keras landas pacu bandar udara Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru-Riau, sesuai dengan ketentuan yang dikeluarkan oleh Direktorat Teknik Bandar Udara.

Penggunaan bahan lapis keras, dimaksudkan untuk memberikan permukaan yang halus, aman dan tahan terhadap segala cuaca. Tebal setiap lapisan perkerasan harus cukup untuk mendukung beban lalu lintas yang akan diterima oleh lapis perkerasan, sehingga tidak merusak lapisan dibawahnya.

4.4.1 Data Landas Pacu

Dari PT (Persero) SURFENS, diperoleh data mengenai lapis keras landas pacu bandar udara Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru-Riau, sebagai berikut:

1. Lapis permukaan (*surface course*), untuk *binder course* digunakan aspal *tread base* setebal 5 cm, sedangkan untuk *wearing course* terdiri dari dua lapis aspal penetrasi yang masing-masing lapisan mempunyai tebal sebesar 5 cm.
2. Lapis pondasi atas (*base course*), digunakan bahan batu pecah (*crushed stone*) dengan nilai CBR 80 % setebal 25 cm.
3. Lapis pondasi bawah (*subbase course*), digunakan batu *granular* dengan nilai CBR 35 % setebal 30 cm.



4. Lapis subgrade yang telah distabilisasi dengan campuran semen setebal 20 cm dengan nilai CBR 8 %.

BAB V

ANALISIS PERANCANGAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Metode Perancangan CBR

Langkah –langkah yang digunakan dalam merancang lapis keras landas pacu dengan menggunakan metode CBR adalah:

1. Menentukan Kategori Pembebanan Landas Pacu

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

Tabel 5.1 Karakteristik pesawat menurut jenis pesawat

No	Jenis Pesawat	MTOW (lbs)	Tipe Roda	Tekanan Roda (psi)	Distribusi Main Gear (%)
1	B-737-300	124,500	<i>Dual Wheel</i>	166	46.3
2	B-737-200	100,000	<i>Dual Wheel</i>	160	45.5
3	F-28-4000	73,000	<i>Dual Wheel</i>	100	46.3
4	F-27-500	45,900	<i>Dual Wheel</i>	78	47.5

Sumber: *International Civil Aviation Organization (ICAO) dan Boeing Commercial Air plane Group*

Dari tabel 5.1 dapat diketahui bahwa pesawat B-737-300 merupakan pesawat terbesar, mempunyai konfigurasi roda pendaratan utama *dual wheel*, sehingga 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* 8 % kedalam gambar 3.3, maka didapat tebal lapis keras diatas *subgrade* sebesar:

$$H_1 = 32 \text{ in}$$

$$= 32 \times 2.54 = 81.3 \text{ cm.}$$

Dengan memasukkan nilai CBR *subbase course* 35 % kedalam gambar 3.3, maka didapat tebal lapis keras di atas *subbase course* sebesar:

$$H_1 + H_2 = 11 \text{ in.}$$

$$= 11 \times 2.54 = 27.9 \text{ cm.}$$

setelah tebal lapis keras di atas *subbase course* didapat, maka tebal *subbase course* didapat sebesar:

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

$$= 81.3 - 27.9 = 53.4 \text{ cm.}$$

Dengan melihat tabel 3.3 untuk nilai CBR *base course* rencana 80 %, maka didapat tebal *surface course* minimum sebesar:

$$H_1 = 4 \text{ in}$$

$$= 4 \times 2.54 = 10.5 \text{ cm.}$$

maka didapat tebal *base course* sebesar:

$$H_2 = 27.9 - 10.5 = 17.4 \text{ cm}$$

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

$$H_2 = 6 \text{ in}$$

$$= 6 \times 2.54 = 15.24 \text{ cm} \sim 15.5 \text{ cm} < 17.4 \text{ cm}$$

maka tebal *base course* yang dipakai adalah 17.4 cm

3. Hasil Akhir Tebal Lapis Keras Lentur Metode CBR

Hasil akhir tebal lapis keras lentur dengan menggunakan metode CBR dapat dilihat pada tabel 5.2 berikut ini:

Tabel 5.2 Hasil akhir tebal lapis keras lentur dengan metode CBR

No	Material	Tebal akhir (cm)
1	<i>Surface course</i> <i>Asphalt Penetration</i>	10.5
2	<i>Base course</i> <i>Crushed Base Stone</i>	17.4
3	<i>Subbase course</i> <i>Granular/Crushed Stone</i>	53.4
Tebal Total		81.3

Sumber: Hasil analisis penulis

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 lentur 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>	15	10.5	15
2	<i>Base Course</i>	25	17.4	25
3	<i>Subbase Course</i>	30	53.4	30
Tebal Total		70	81.3	70

Sumber: Hasil analisis penulis

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

- Tebal *subbase course* yang dibutuhkan = 53.4 cm
- Tebal *subbase course* yang ada = 30 cm.

Berarti terdapat kelebihan tebal *subbase course* yang dibutuhkan sebesar :

$$d_1 = 53.4 - 30 = 23.4 \text{ cm.}$$

Kelebihan tebal *subbase course* 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 sebesar 1.7, maka tebal *base course* pengganti *subbase course* yang dibutuhkan sebesar setelah distabilisir:

$$t_1 = \frac{23.4}{1.7} = 13.76 \text{ cm.}$$

- Tebal *base course* yang dibutuhkan menjadi = $13.76 + 17.4 = 31.16 \text{ cm.}$
- Tebal *base course* yang ada = 25 cm.

Berarti terdapat kelebihan tebal *base course* yang dibutuhkan sebesar:

$$d_2 = 31.16 - 25 = 6.16 \text{ cm}$$

Kelebihan tebal *base course* ini diasumsikan menjadi tebal *surface course* yang dibutuhkan. Pada tabel 2.1, didapat faktor ekuivalen 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 setelah distabilisasi sebesar:

$$t_2 = \frac{6.16}{1.4} = 4.4 \text{ cm} \sim 4.5 \text{ cm}$$

- Tebal *surface course* yang dibutuhkan menjadi = $10.5 + 4.5 = 15 \text{ cm}$
- Tebal *surface course* yang ada = 15 cm

Berarti tebal *surface course* yang dibutuhkan sama dengan tebal *surface course* yang ada pada landas pacu.

Dari hasil analisis dengan metode CBR, ternyata tebal lapis keras landas pacu bandar udara Sultan Syarif Kasim II yang ada masih mampu untuk melayani beban pesawat terbesar yang beroperasi di bandar udara yang ada sekarang.

5.2 Metode Perancangan LCN

Perancangan lapis keras landas pacu dengan metode LCN, dilakukan dengan langkah-langkah seperti berikut ini:

1. Menentukan ESWL Pesawat Campuran

Contoh perhitungan ESWL pesawat B-737-300, dari tabel 4.2, didapat data sebagai berikut:

- Jenis pesawat : B-737-300
- Konfigurasi roda pendaratan : *Tricycle (2 main gear dan 1 nose gear)*
- Tipe *main gear* : *Dual Wheel*
- MTOW : 124,500 lbs
- Tekanan roda : 166 psi
- Beban pada *nose gear* : 7.4 %
- Distribusi *main gear* : 46.3 %

Beban roda pada satu *main gear*

$$P_d = \% \text{ distribusi } \textit{main gear} \times \text{MTOW}$$

$$= 46.3 \% \times 124,500$$

$$= 57,643.5 \text{ lbs}$$

$$\frac{P_d}{2} = \frac{57,463.5}{2} = 28,821.75 \text{ lbs}$$

jarak roda dari sumbu ke sumbu (S_d): 30.5 in

$$2S_d = 30.5 \times 2 = 61 \text{ in}$$

bidang kontak digunakan persamaan (3.7)

$$\begin{aligned} \text{Bidang kontak (A)} &= \frac{\text{Beban roda}}{\text{Tekanan roda}} \\ &= \frac{57,643.5}{166} = 348 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Bidang kontak satu roda (A}_c) = \frac{348}{2} = 174 \text{ in}^2$$

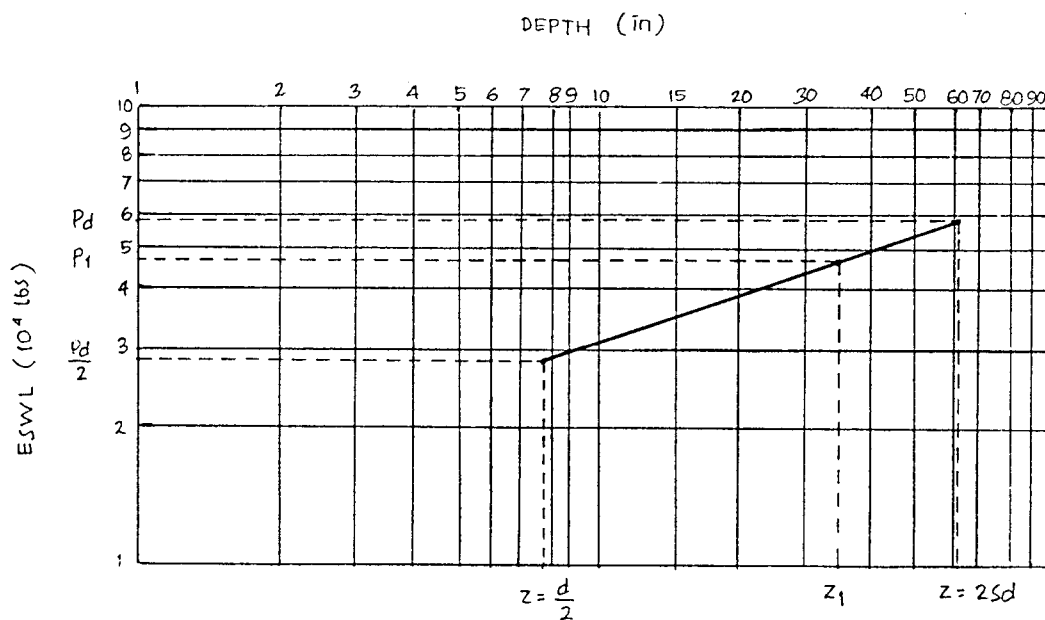
$$\begin{aligned} \text{Radius bidang kontak (r)} &= \sqrt{\frac{A_c}{\pi}} \\ &= \sqrt{\frac{174}{\pi}} = 7.4 \text{ in.} \end{aligned}$$

Jarak dari roda ke roda bagian dalam (d):

$$\begin{aligned} d &= S_d - 2r \\ &= 30.5 - (2 \times 7.4) = 15.7 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\frac{d}{2} = \frac{15.7}{2} = 7.85 \text{ in}$$

Tekanan akibat beban roda tunggal ekuivalen diasumsikan terjadi pada kedalaman antara 7.85 in sampai 61 in. Dengan menggunakan gambar 3.8 yang diplotkan dalam grafik logaritma pada gambar 5.1 berikut ini, didapat beban roda tunggal ekuivalen sebesar 48,000 lbs.



Gambar 5.1 Analisis ESWL pesawat campuran

Dengan cara yang sama untuk ESWL pesawat campuran lainnya, dirangkum dalam tabel 5.4 berikut ini.

Tabel 5.4 Perhitungan nilai ESWL

Jenis Pesawat	MTOW (lbs)	P_d (lbs)	$P_d/2$ (lbs)	T. Roda (psi)	R (in)	S_d (in)	$2 S_d$ (in)	$d/2$ (in)	ESWL (lbs)
B-737-300	124,500	57,643.5	28,821.75	166	7.4	30.5	61	7.85	48,000
B-737-200	100,000	45,500.0	22,750.00	160	6.7	30.5	61	8.55	37,000
F-28-4000	73,000	33,799.0	16,899.50	100	7.3	23.1	46.2	4.25	28,000
F-27-500	45,900	21,802.5	10,901.25	78	6.7	22	44	4.3	18,000

Sumber: Hasil analisis penulis

2. Menentukan Nilai LCN Pesawat

Setelah nilai ESWL didapat, kemudian nilai ESWL dan tekanan roda dimasukkan kedalam gambar 3.7, maka untuk pesawat B-737-300 didapat nilai LCN sebesar 57, dengan cara yang sama untuk jenis pesawat lainnya, dirangkum pada tabel 5.5 berikut ini.

Tabel 5.5 Nilai LCN berdasarkan ESWL dan tekanan roda

No	Jenis Pesawat	ESWL (lbs)	T. Roda (psi)	Nilai LCN
1	B-737-300	48,000	166	57
2	B-737-200	37,000	160	46
3	F-28-4000	28,000	100	30
4	F-27-500	18,000	78	18

Sumber: Hasil analisis penulis

Berdasarkan tabel 5.5, nilai LCN tertinggi dihasilkan oleh pesawat B-737-300 sebesar 57. Untuk menentukan tebal lapis keras, nilai LCN sebesar 57 dimasukkan kedalam lampiran 5, dengan cara sebagai berikut:

Nilai CBR *subgrade* 8 % dan LCN 57, didapat tebal total lapis keras sebesar:

$$\begin{aligned}
 H_1 &= 28 \text{ in} \\
 &= 28 \times 2.54 = 71.12 \text{ cm} \sim 71.5 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Nilai CBR *subbase course* 35 % dan LCN 57, didapat tebal lapis keras diatas *subbase course* sebesar:

$$\begin{aligned}
 H_1 + H_2 &= 12 \text{ in} \\
 &= 12 \times 2.54 = 30.48 \text{ cm} \sim 30.5 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

maka tebal *subbase course* (H_3) = $71.5 - 30.5 = 41 \text{ cm}$

Nilai CBR *base course* 80 % dan LCN 57, didapat tebal lapis keras diatas *base course* sebesar:

$$\begin{aligned}
 H_1 &= 4.6 \text{ in} \\
 &= 4.6 \times 2.54 = 11.68 \text{ cm} \sim 12 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

maka tebal *base course* (H_2) = $30.5 - 12 = 18.5 \text{ cm}$

3. Hasil Akhir Tebal Lapis Keras Metode LCN

Hasil akhir tebal lapis keras lentur landas pacu dengan metode LCN, dirangkum dalam tabel 5.6 berikut ini.

Tabel 5.6 Hasil akhir tebal lapis keras lentur metode LCN

No	Material	Tebal Akhir (cm)
1	<i>Surface course</i> <i>Asphalt Penetration</i>	12
2	<i>Base course</i> <i>Crushed Base Stone</i>	18.5
3	<i>Subbase course</i> <i>Granular/Crushed Stone</i>	41
Total		71.5

Sumber: Hasil analisis penulis

4. Analisis Terhadap Tebal Lapis Keras Landas Pacu yang Ada

Dari hasil perancangan lapis keras pada tabel 5.6, dilakukan analisis terhadap lapis keras landas pacu yang ada. Hasil analisis perbandingan dirangkum dalam tabel 5.7 berikut ini

Tabel 5.7 Perbandingan tebal lapis keras lentur 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>	15	12	12
2	<i>Base Course</i>	25	18.5	25
3	<i>Subbase Course</i>	30	41	30
Tebal Total		70	71.5	67

Sumber: Hasil analisis penulis

Analisis perbandingan lapis keras lentur landas pacu pada tabel 5.7 dilakukan dengan cara berikut ini:

- Tebal *subbase course* yang dibutuhkan = 41 cm

- Tebal *subbase course* yang ada = 30 cm.

Berarti terdapat kelebihan tebal *subbase course* yang dibutuhkan sebesar :

$$d_1 = 41 - 30 = 11 \text{ cm.}$$

Kelebihan tebal *subbase course* 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 sebesar 1.7, maka tebal *base course* pengganti *subbase course* yang dibutuhkan sebesar setelah distabilisasi:

$$t_1 = \frac{11}{1.7} = 6.47 \text{ cm.}$$

Tebal *base course* yang dibutuhkan menjadi = $18.5 + 6.47 = 24.97 \text{ cm} \sim 25 \text{ cm}$.

Tebal *base course* yang ada = 25 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 Sultan Syarif Kasim II yang ada masih mampu untuk melayani beban pesawat terbesar yang beroperasi di bandar udara yang ada sekarang.

5.3 Metode Perancangan FAA

Perancangan lapis keras landas pacu dengan menggunakan metode FAA, dilakukan dengan langkah-langkah seperti berikut ini:

1. Menentukan Pesawat Rencana

Pesawat dipilih dari pesawat terbesar yang direncanakan akan beroperasi di bandar udara yang menghasilkan total EAD terbesar, sehingga didapat ketebalan lapis keras terbesar. Pada tabel 5.8 terlihat bahwa pesawat B-737-300 merupakan pesawat terbesar, maka pesawat rencana dipilih B-737-300.

Tabel 5.8 Pemilihan pesawat rencana

No	Jenis Pesawat	Pergerakan Tahun 2000	MTOW (lbs)	Tipe Roda	Distribusi Main Gear (%)
1	B-737-300	1274	124,500	Dual Wheel	46.3
2	B-737-200	1440	100,000	Dual Wheel	45.5
3	F-28-4000	2580	73,000	Dual Wheel	46.3
4	F-27-500	722	45,900	Dual Wheel	47.5

Sumber: R. Horonjeff dan F.X McKelvey, 1994, *Planning and Design of Airport*, 4th Ed.

2. Menentukan EAD Pesawat Campuran (R_2)

Setiap tipe roda pendaratan utama pesawat campuran dikonversikan terlebih dahulu ke tipe roda pendaratan utama pesawat rencana, dengan cara mengikuti tabel 3.5. Hasil konversi ke tipe roda pendaratan utama pesawat rencana, dapat dilihat dalam tabel 5.9 berikut ini.

Tabel 5.9 Konversi ke tipe roda pendaratan utama pesawat rencana

No	Tipe Pesawat	Tipe Roda	Tipe Roda Konversi	Faktor Konversi	Pergerakan Tahun 2000	Pergerakan Konversi (R_2)
1	B-737-300	DW	DW	1.0	1274	1274
2	B-737-200	DW	DW	1.0	1440	1440
3	F-28-4000	DW	DW	1.0	2580	2580
4	F-27-500	DW	DW	1.0	722	722

Sumber: Hasil analisis penulis

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). Dari tabel 4.2 didapat data karakteristik untuk semua jenis pesawat. Beban roda yang didapat sebagai berikut:

a. Pesawat rencana dipilih B-737-300

$$W_1 = 46.3 \% \times 124,500 \times \frac{1}{2} = 28,821.75 \text{ lbs}$$

b. Pesawat campuran

- B-737-300

$$W_2 = 46.3 \% \times 124,500 \times \frac{1}{2} = 28,821.75 \text{ lbs}$$

- B-737-200

$$W_2 = 45.5 \% \times 100,000 \times \frac{1}{2} = 22,750.00 \text{ lbs}$$

- F-28-4000

$$W_2 = 46.3 \% \times 73,000 \times \frac{1}{2} = 16,899.50 \text{ lbs}$$

- F-27-500

$$W_2 = 47.5 \% \times 45,900 \times \frac{1}{2} = 10,901.25 \text{ lbs}$$

Untuk hitungan beban roda pesawat campuran dirangkum dalam tabel 5.10.

4. Menentukan EAD (R_1)

EAD pesawat rencana (R_1), didapat dengan menggunakan persamaan (3.4).

Hitungan EAD pesawat rencana (R_1) untuk semua pesawat campuran (R_2) adalah sebagai berikut:

- *Equivalent Annual Departures* pesawat rencana B-737-300 (R_1), untuk pesawat campuran B-737-300 ($R_2 = 1,274$) adalah sebagai berikut:

$$\text{Log } R_1 = \text{Log } R_2 \left[\frac{W_2}{W_1} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{Log } R_1 = \text{Log } 1,274 \left[\frac{28,821.75}{28,821.75} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{Log } R_1 = (\text{Log } 1,274) (1)$$

$$\text{Log } R_1 = 3.105$$

$$R_1 = 10^{3.105} = 1,274$$

- *Equivalent Annual Departures* pesawat rencana B-737-300 (R_1), untuk pesawat campuran B-737-200 ($R_2 = 1,440$) adalah sebagai berikut:

$$\text{Log } R_1 = \text{Log } R_2 \left[\frac{W_2}{W_1} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{Log } R_1 = \text{Log } 1,440 \left[\frac{22,750.00}{28,821.75} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{Log } R_1 = (\text{Log } 1,440) (0.8884)$$

$$\text{Log } R_1 = 2.806$$

$$R_1 = 10^{2.806} = 639.781$$

- *Equivalent Annual Departures* pesawat rencana B-737-300 (R_1), untuk pesawat campuran F-28-4000 ($R_2 = 2,580$) adalah sebagai berikut:

$$\text{Log } R_1 = \text{Log } R_2 \left[\frac{W_2}{W_1} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{Log } R_1 = \text{Log } 2,580 \left[\frac{16,899.50}{28,821.75} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{Log } R_1 = (\text{Log } 2,580) (0.7657)$$

$$\text{Log } R_1 = 2.612$$

$$R_1 = 10^{2.612} = 409.625$$

- *Equivalent Annual Departures* pesawat rencana B-737-300 (R_1), untuk pesawat campuran F-27-500 ($R_2 = 722$) adalah sebagai berikut:

$$\text{Log } R_1 = \text{Log } R_2 \left[\frac{W_2}{W_1} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{Log } R_1 = \text{Log } 722 \left[\frac{10,901.25}{28,821.75} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{Log } R_1 = (\text{Log } 722) (0.615)$$

$$\text{Log } R_1 = 1.758$$

$$R_1 = 10^{1.758} = 57.281$$

EAD pesawat rencana untuk semua pesawat campuran dirangkum dalam tabel 5.10 berikut ini.

Tabel 5.10 Perhitungan EAD pesawat rencana

No	Tipe Pesawat	W_2 (lbs)	W_1 (lbs)	R_2	R_1
1	B-737-300	28,821.75	28,821.75	1274	1,274.000
2	B-737-200	22,750.00	28,821.75	1440	639.781
3	F-28-4000	16,899.50	28,821.75	2580	409.625
4	F-27-500	10,901.25	28,821.75	722	57.281
				ΣR_1	2,380.687

Sumber: Hasil analisis penulis

Dari tabel 5.10 diatas, untuk pesawat B-737-300 diperoleh total EAD (ΣR_1) terbesar sehingga asumsi bahwa B-737-300 sebagai pesawat terbesar adalah benar. Karena $\Sigma R_1 = 2,380.687$ lebih kecil dari 25,000 maka tidak ada faktor koreksi tebal lapis keras.

5. Menentukan Tebal Lapis Keras

Dari tabel 5.8 dan 5.10, didapat data perancangan untuk metode FAA sebagai berikut:

- Jenis pesawat rencana B-737-300
- MTOW = 124,500 lbs
- Total EAD = 2,380.687
- Nilai CBR *subgrade* 8 %, CBR *subbase course* 35 %, CBR *base course* 80 %

Dengan memasukkan nilai CBR *subgrade* 8 % dan EAD sebesar 2,380.687 pada lampiran 6, maka didapat tebal total lapis keras rencana sebesar:

$$H_t = 23.5 \text{ in.}$$

$$= 23.5 \times 2.54 = 59.69 \text{ cm} \sim 60 \text{ cm}$$

Tebal *base course* didapat dengan cara memasukkan data CBR *subbase course* 35 % dan total EAD sebesar 2,380.687 pada lampiran 6, maka didapat tebal *surface course* dan *base course* sebesar:

$$H_1 + H_2 = 7.5 \text{ in}$$

$$= 7.5 \times 2.54 = 19.05 \text{ cm.} \sim 20 \text{ cm.}$$

$$H_1 = 10.5 \text{ cm. (tebal } \textit{surface course} \text{ minimal 4 in}$$

$$= 4 \times 2.54 = 10.16 \text{ cm} \sim 10.5 \text{ cm).}$$

$$H_2 = 20 - 10.5 = 9.5 \text{ cm}$$

Kontrol tebal *base course* minimum digunakan lampiran 7, maka didapat tebal *base course* minimum sebesar:

$$H_2 = 9 \text{ in.}$$

$$= 9 \times 2.54 = 22.86 \text{ cm} \sim 23 \text{ cm} > 9.5 \text{ cm}$$

$$\text{dipakai tebal } \textit{base course} = 23 \text{ cm}$$

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

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

$$= 60 - (10.5 + 23) = 26.5 \text{ cm.}$$

6. Hasil Akhir Tebal Lapis Keras Metode FAA

Dengan melihat faktor ekuivalensi untuk penggunaan bahan lapis keras yang distabilisasi pada tabel 2.1 dan 2.2, maka tebal akhir lapis keras lentur metode FAA dapat dirangkum pada tabel 5.11 berikut ini.

Tabel 5.11 Hasil akhir tebal lapis keras lentur metode FAA

No	Material	Tebal Akhir (cm)
1	<i>Surface course</i> <i>Asphalt Penetration</i>	10.5
2	<i>Base course</i> <i>Crushed Base Stone</i>	23
3	<i>Subbase course</i> <i>Granular/Crushed Stone</i>	26.5
Total		60

Sumber: Hasil analisis penulis

7. Analisis Terhadap Tebal Lapis Keras Landas Pacu yang Ada

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

Tabel 5.12 Perbandingan tebal lapi keras lentur landas pacu

No	Struktur Lapis Keras Landa Pacu	Tebal Landas Pacu yang Ada (cm)	Tebal Landas Pacu Hasil Analisis (cm)
1	<i>Surface Course</i>	15	10.5
2	<i>Base Course</i>	25	23
3	<i>Subbase Course</i>	30	26.5
Tebal Total		70	60

Sumber: Hasil analisis penulis

Dari tabel 5.12 diatas, dapat dilihat bahwa tebal lapis keras landas pacu yang ada untuk masing-masing lapisan masih mempunyai kelebihan ketebalan dibandingkan dengan tebal landas pacu hasil analisis.

Dari hasil analisis dengan metode FAA, ternyata tebal lapis keras landas pacu bandar udara Sultan Syarif Kasim II yang ada masih mampu untuk menampung arus lalu lintas udara yang ada sekarang.

5.4 Pembahasan Hasil Analisis

Analisis perhitungan tebal lapis keras lentur landas pacu bandara Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru-Riau dengan menggunakan metode perancangan CBR, LCN dan FAA pada prinsipnya mempunyai tujuan yang sama, yaitu merancang lapis keras landas pacu yang dapat melayani /menampung lalu lintas udara yang beroperasi di bandara tersebut secara aman dan nyaman.

5.4.1 Tinjauan umum

Hasil analisis yang dilakukan pada lapis keras lentur landas pacu bandara Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru-Riau dapat dilihat pada tabel 5.13 berikut ini.

Tabel 5.13 Hasil Analisis tebal lapis keras lentur landas pacu.

Metode	Tebal Lapis Keras (cm)			
	<i>Surface Course</i>	<i>Base Course</i>	<i>Subbase Course</i>	Total
CBR	10.5	17.4	53.4	81.3
LCN	12	18.5	41	71.5
FAA	10.5	23	26.5	60

Sumber: Hasil analisis penulis

Dari tabel 5.13 terlihat, bahwa hasil perancangan akhir dengan menggunakan data yang sama, ternyata menghasilkan tebal total lapis keras lentur yang berbeda antara metode perancangan CBR, LCN dan FAA. Tebal total lapis keras lentur paling tipis adalah metode perancangan FAA dengan hasil 60 cm

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

2. Metode LCN

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

3. Metode FAA

Dalam menentukan tebal lapis keras berdasarkan metode perancangan FAA tidak diperhitungkan nilai ESWL, yang menentukan adalah pesawat rencana, yaitu pesawat terbesar yang menghasilkan tebal lapis keras terbesar dengan *Equivalent Annual Departures* (EAD) terbesar.

Perbedaan dengan metode perancangan CBR dan LCN adalah pada metode FAA jumlah pergerakan pesawat campuran (pesawat yang akan dilayani), dinyatakan dalam jumlah *Equivalent Annual Departures* (EAD) pesawat rencana. *Annual Departures* dari semua jenis pesawat yang akan dilayani, dikonversikan kedalam *Annual Departures* pesawat rencana dengan faktor konversi tipe roda pendaratan utama. Dalam pembebanan, beban pesawat didistribusikan ke roda pendaratan utama (*main gear*) dan roda depan (*nose gear*), tergantung dari jenis dan konfigurasi roda pendaratan utama pesawat tersebut. Sedangkan pada metode perancangan LCN tidak memperhitungkan pergerakan pesawat campuran yang dinyatakan dalam EAD, tapi pada perhitungan metode LCN setiap jenis pesawat dinyatakan dalam nilai LCN, nilai LCN tiap pesawat tergantung pada ekuivalen beban roda tunggal (ESWL) dan tekanan roda pesawat.

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

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari uraian hasil perhitungan tebal lapis keras lentur landas pacu bandar udara Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru-Riau dan pembahasan pada bab sebelumnya. Penulis dapat mengambil beberapa kesimpulan antara lain:

1. Dengan menggunakan metode perancangan CBR, LCN, dan FAA pada analisis ketebalan tebal lapis keras landas pacu masih mampu melayani/ menampung lalu lintas udara yang ada saat ini dengan pesawat terbesar B-737-300, tanpa adanya penambahan tebal struktur lapis keras (*overlay*).
2. Hasil akhir tebal lapis keras lentur landas pacu dari masing-masing metode perancangan didapatkan sebagai berikut:
 - Metode perancangan CBR, menghasilkan tebal total lapis keras lentur setebal 81.3 cm, setelah dikonversikan dengan lapis keras lentur yang ada, didapat tebal total 70 cm.
 - Metode perancangan LCN, menghasilkan tebal total lapis keras lentur setebal 71.5 cm, setelah dikonversikan dengan tebal lapis keras lentur yang ada, didapatkan tebal total 67 cm

- Metode perancangan FAA, menghasilkan tebal total lapis keras lentur setebal 60 cm, setelah dikonversikan dengan tebal lapis keras lentur yang ada didapat tebal total 60 cm.
3. Perbedaan utama dari ketiga metode perancangan CBR, LCN, dan FAA dalam analisis tebal lapis keras lentur landas pacu adalah pada asumsi dan parameter yang digunakan pada masing-masing metode, serta prosedur perancangan yang dipergunakan 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 tanah dasar dan bahan lapis keras (subbase dan base course) dinyatakan dalam nilai CBR.
 4. Dari hasil analisis perhitungan penentuan tebal lapis keras lentur landas pacu, ternyata perancangan dengan **metode FAA** menghasilkan tebal lapis keras lentur tertipis.

6.2 Saran

Dari hasil analisis perancangan lapis keras lentur landas pacu bandar udara Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru-Riau yang dilakukan, penulis mengajukan beberapa saran:

1. Pada setiap kurun waktu tertentu, supaya diadakan evaluasi terhadap kinerja landas pacu.

2. Untuk keperluan perawatan (*maintenance*) landas pacu sebaiknya dilakukan secara berkala setiap akhir tahun, sehingga apabila terjadi kerusakan segera dapat dilakukan perbaikan.
3. Perlu diadakan analisis untuk prediksi lalulintas, dengan mempertimbangkan perkembangan teknologi pesawat terbang, agar lalulintas udara yang akan datang dapat dilayani oleh landas pacu yang ada.
4. Akan lebih lengkap apabila analisis struktur lapis keras lentur landas pacu ini, disertai dengan analisis kinerja lapis permukaannya, agar data yang didapat dari analisis ini lebih lengkap, sehingga evaluasi terhadap kinerja landas pacu akan lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

1. Boeing Commercial Airplane Group, 1990, **Airplane Characteristic for Airport Planning**, B-737-300/400/500, Washington DC.
2. E.J. Yolder and M.W Witzak, 1975, **Principles of Pavement Design**, 2nd ed., Jhon Willey & Sons Inc., New York.
3. Federal Aviation Administration, 1978, **Airport Pavement Design and Evaluation**, AC 150/5320-OC, Washington DC.
4. Heru Basuki, 1985, **Merancang, Merencana Lapangan Terbang**, Alumni, Bandung.
5. International Civiliation Aviation Organization, 1983 **Aerodrom Design Manual**, 2nd Ed., Part 3 :Pavement.
6. Michel Sargious, 1975, **Pavement and Surfacing for Highway and Airports**, Applied Science Publishers Ltd., London.
7. Robert Horonjeff and Francis X. McKelvey, 1994, **Planning & Design of Airports**, 4th Ed., McGraw-Hill Inc., New York.

LAMPIRAN 1



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

KAMPUS : Jalan Kaliurang Km. 14,4 Tel. 895042, 895707, 896440, Fax. 895330, Yogyakarta 55584

Nomor : 07 / C. / JTS/I/2001
Lamp. : -
Hal : BIMBINGAN TUGAS AKHIR

FM-UII-AA-FPU-09
Yogyakarta, 03 Pebruari 2001

Kepada Yth :
Bpk /Ibu . : Ir. H. Balya Umar, MSc
DI-
YOGYAKARTA.

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Dengan ini kami mohon dengan hormat kepada Bapak /Ibu agar mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan tersebut dibawah ini :

1. Nama : Ali Abrar
No. Mhs. : 94 310 271
Bid.Studi : Teknik Transportasi
Tahun Akademi : 2000/2001 (Genap)
2. Nama : Windu Harto
No. Mhs. : 96 310 231
Bid. Studi : Teknik Transportasi
Tahun Akademi : 2000/2001 (Genap)

Dapat diberikan petunjuk –petunjuk , pengarahan serta bimbingan dalam melaksanakan Tugas akhir .

Kedua mahasiswa tersebut merupakan satu kelompok dengan dosen pembimbing sbb :

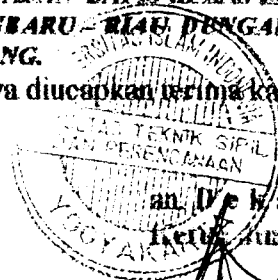
Dsoen Pembimbing I : Ir. H. Balya Umar, MS
Dosen Pembimbing II : Ir. H. Corry Ya'cob, MS

Dengan mengambil topik :

STUDI KOMPARATIF PENENTUAN KETEBALAN LAPIS KERAS LANDAS PACU BANDAR UDARA SULTAN SYARIF KASIMII PEKANBARU – BIASA DENGAN METODE CBR, UCN DAN FAA UNTUK 10 TAHUN YANG AKAN DATANG.

Demikian atas bantuan serta kerjasamanya diucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.



an. D e h a n.
Ketua Jurusan Teknik Sipil

IR. H. Tadjuddin BM Aris, MS

Tembusan :

- Mahasiswa Yhs.
- Arsip



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

KAMPUS : Jalan Kaliurang Km. 14.4 Tel. 895042, 895707, 896440, Fax. 895330, Yogyakarta 55584

FM-UII-AA-FPU-09

Yogyakarta, 03 Februari 2001

Nomor : 07 / C. / JTS/I/2001
Lamp. : -
Hal : BIMBINGAN TUGAS AKHIR

Kepada Yth :
Bpk /Ibu : Ir. H. Corry Ya'cob, MS
DI
YOGYAKARTA.

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Dengan ini kami mohon dengan hormat kepada Bapak /Ibu agar mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan tersebut dibawah ini :

1. Nama : Ali Abrar
No. Mhs. : 94 310 271
Bid. Studi : Teknik Transportasi
Tahun Akademi : 2000/2001 (Genap)
2. Nama : Windu Marto
No. Mhs. : 96 310 231
Bid. Studi : Teknik Transportasi
Tahun Akademi : 2000/2001 (Genap)

Dapat diberikan petunjuk --petunjuk , penzarahan serta bimbingan dalam melaksanakan Tugas akhir .

Kedua mahasiswa tersebut merupakan satu kelompok dengan dosen pembimbing sbb :

Dosen Pembimbing I : Ir. B. Balya Umar, MS
Dosen Pembimbing II : Ir. H. Corry Ya'cob, MS

Dengan mengambil topik :

STUDI KOMPARATIF PENUNTOAN KETEBALAN LAJIS KERAS LANDAS PACU BANDAR UDARA SULTAN SYARIF KASIMII PEKANBARU - REAL DENGAN METODE CBR, LCN DAN FAA UNTUK 10 TAHUN YANG AKAN DATANG.

Demikian atas bantuan serta kerjasamanya diucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.



Dr. D. K. A. n.

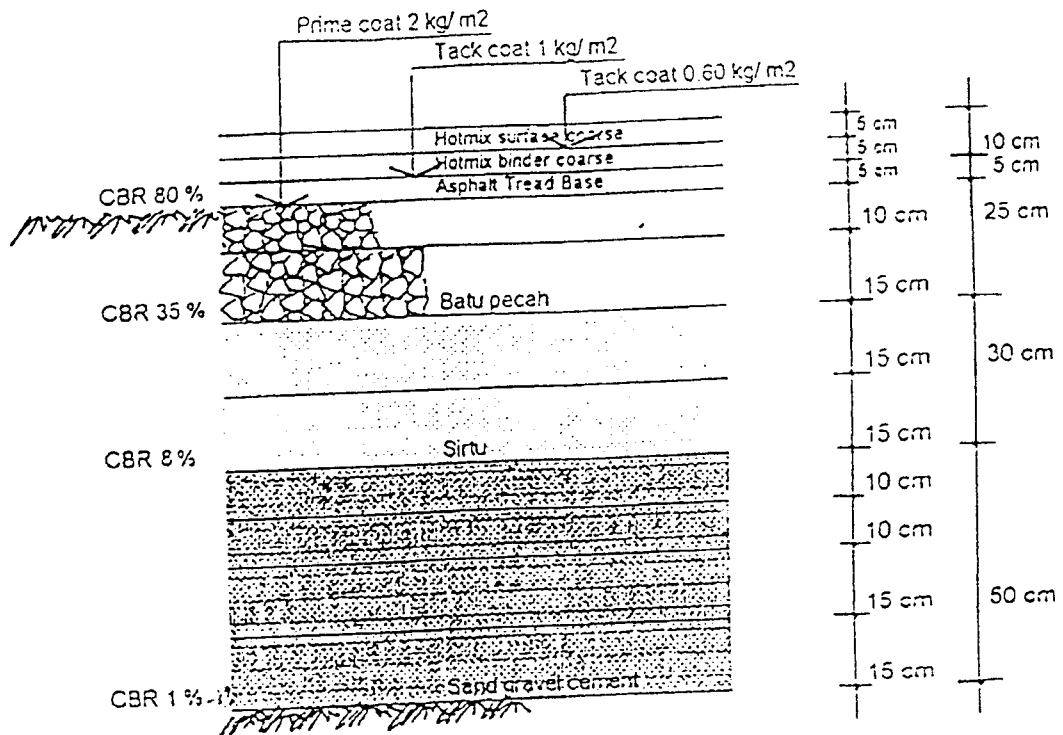
Ketua Jurusan Teknik Sipil

Dr. H. Tadjuddin BM Aris, MS

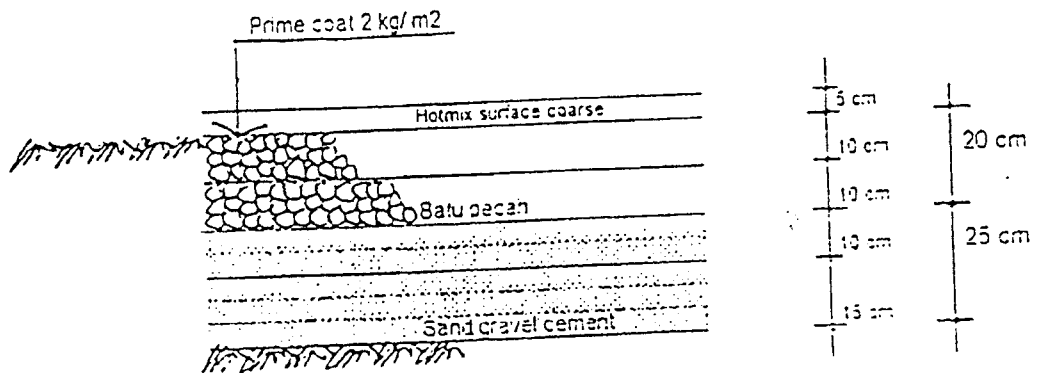
Tembusan :

- Mahasiswa Ybs
- Arsip

LAMPIRAN 2



Konstruksi Landas Pacu Bandar Udara Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru-Riau
 Sumber: PT. SURFENS



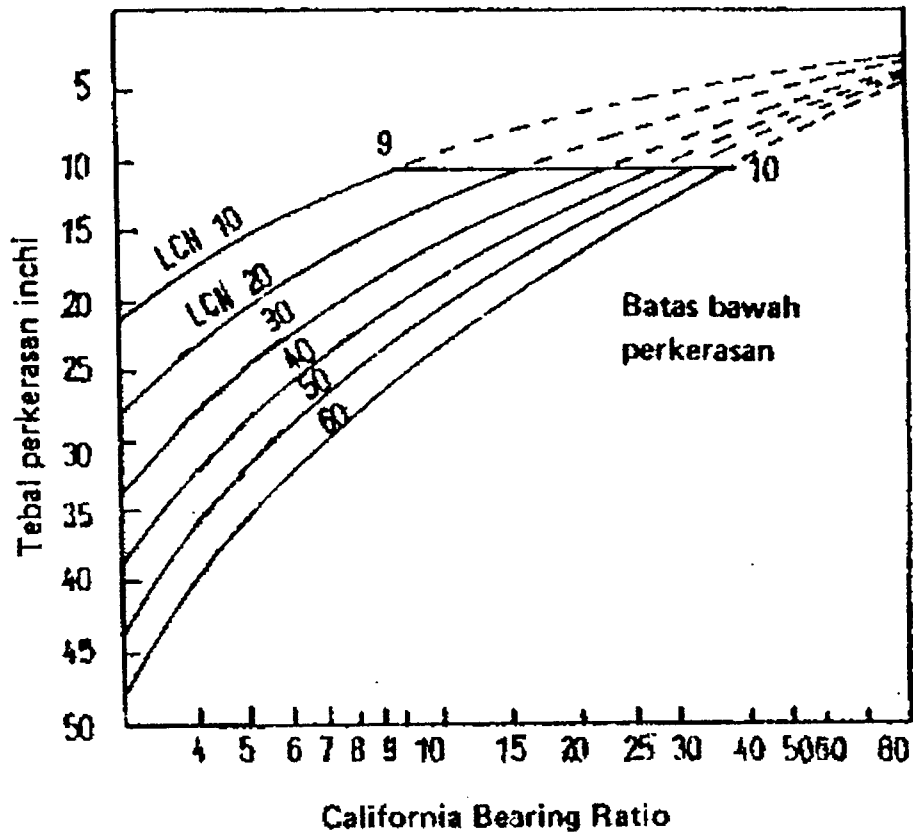
Konstruksi Bahu Landas Pacu Bandar Udara Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru-Riau
 Sumber: PT. SURFENS

**PERGERAKAN NYATA PESAWAT TAHUN 2000
BANDAR UDARA SULTAN SYARIF KASIM II PEKANBARU - RIAU**

TAHUN	BULAN	JENIS PESAWAT									
		B 737-300	B 737-200	F-100	F-28	F-27	F-50	F-70	Lainnya		
2000	JANUARI	80	60	36	322	2	68				274
	FEBRUARI	90	62	72	260	2	54				246
	MARET	104	88	78	236	8	48				150
	APRIL	126	82	82	188	4	26		92		350
	MEI	190	68	94	120	4	38		58		139
	JUNI	102	66	112	180	4	28		40		628
	JULI	96	132	132	202		52		34		256
	AGUSTUS	104	134	94	192	2	46		12		115
	SEPTEMBER	132	122	70	204	12	82				423
	OKTOBER	100	188	108	210	8	80				235
	NOVEMBER	74	216	100	242	14	68				267
	DESEMBER	76	222	132	224	2	74				216
TOTAL		127	1440	1110	2580	58	664		236		3300

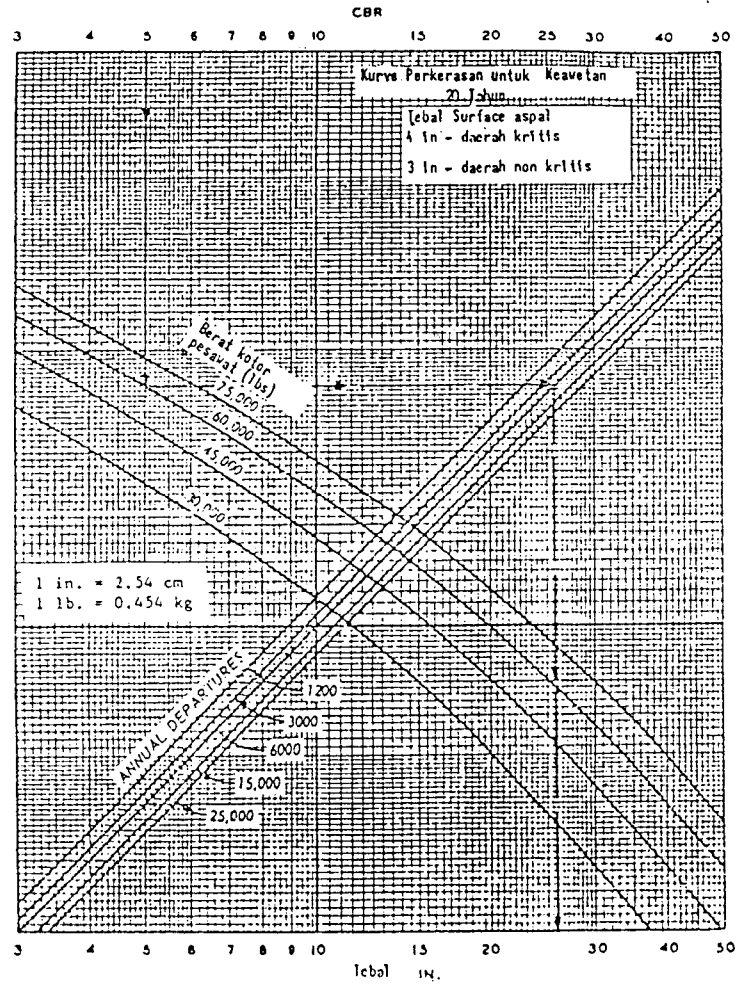
Sumber: PT (Persero) Angkasa Pura II Bandar Udara Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru – Riau.

LAMPIRAN 3

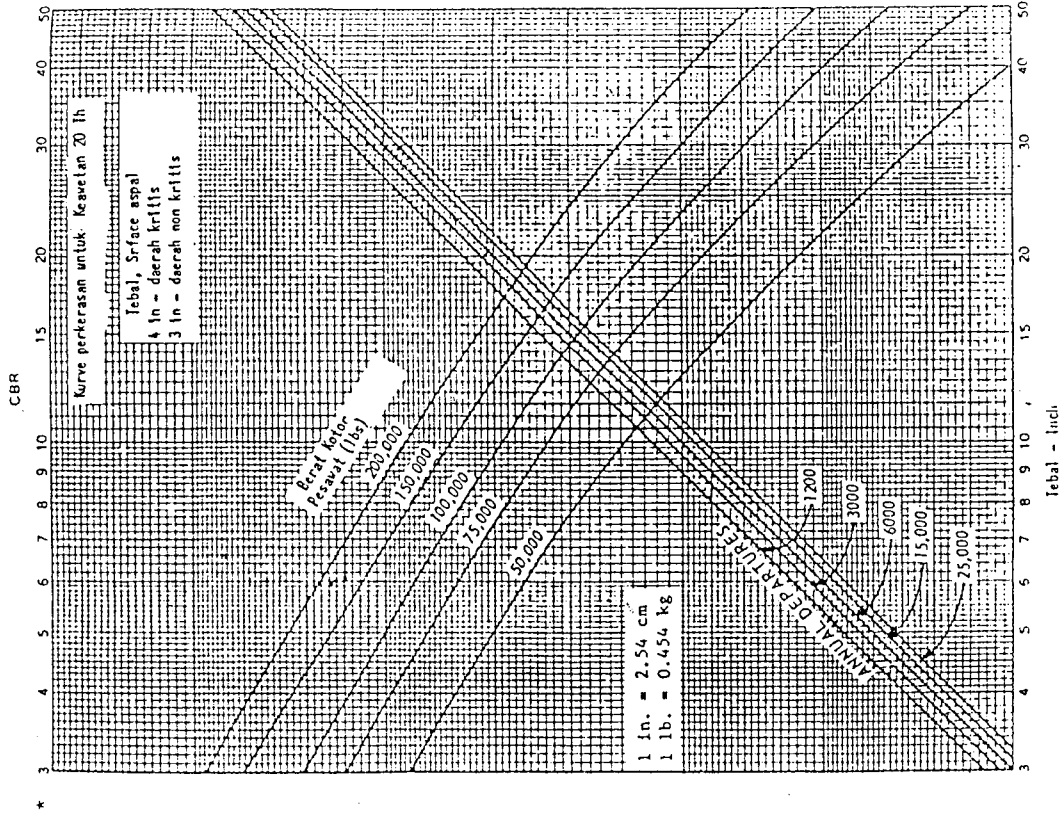


Kurva Perencanaan Perkerasan *Flexible* Untuk Landasan Pada Metode LCN
 Sumber: Heru Basuki (1985)

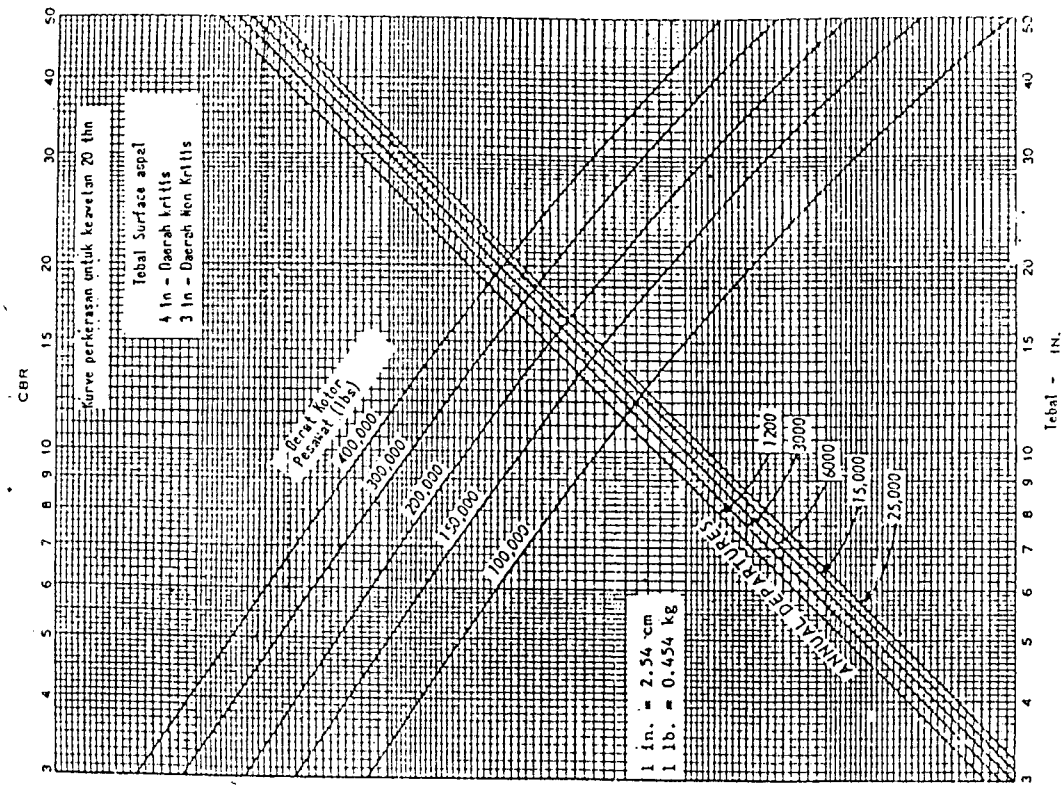
LAMPIRAN 4



Kurva rencana perkerasan *flexible*, untuk daerah kritis
single Wheel Gear
Sumber: Heru Basuki (1985)

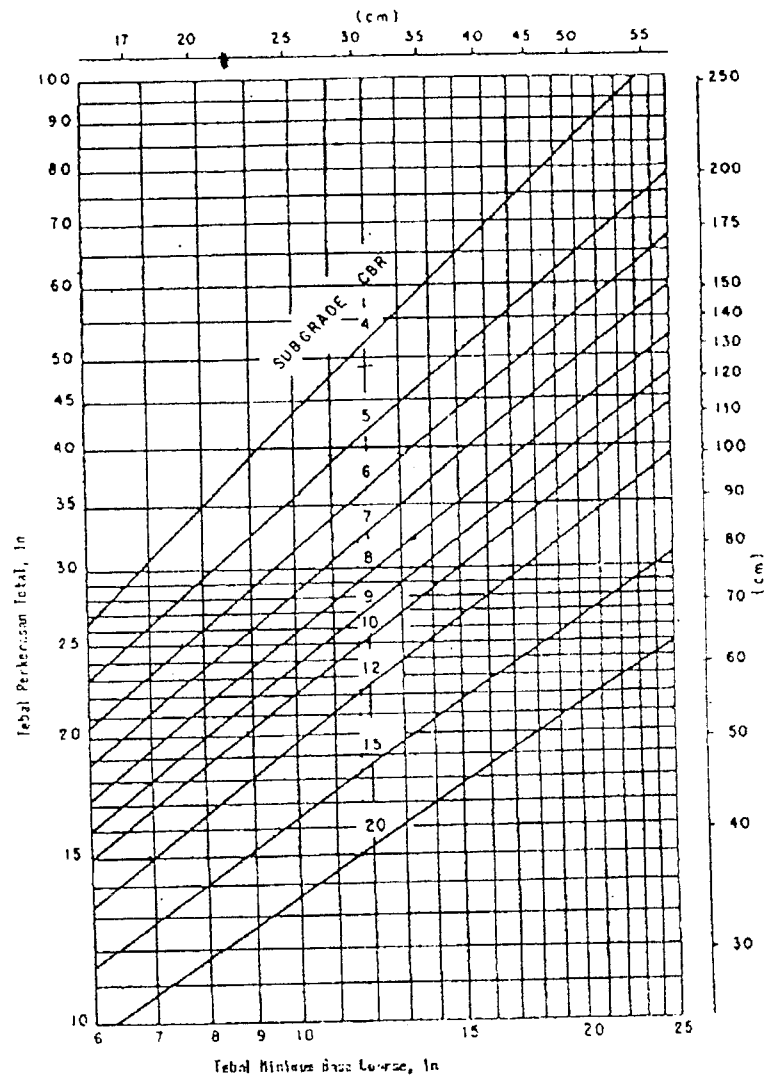


Kurva rencana perkerasan *flexible*, untuk daerah kritis *dual wheel gear*
 Sumber: Heru Basuki (1985)



Kurva rencana perkerasan *flexible*, untuk daerah kritis *dual tandem gear*
 Sumber: Heru Basuki (1985)

LAMPIRAN 5



Kurva Kontrol Tebal Minimum *Base Course* Yang Diperlukan Pada Perancangan Lapis Keras Lentur Metode FAA

Sumber: Ir. Heru Basuki (1985)

LAMPIRAN 6

Table Al-1.- Aircraft characteristics for design and evaluation of pavements (cont.)

Aircraft type	All-up mass		Percentage load on nose wheel	Wheel arrangement	Load on each leg	Tire pressure	Wheel spacing (cm)			Additional data for complex wheel arrangement
	kg	MPa					S	S _T S _D		
								kg	MPa	
B707-320C Convertible	152 407	6.6	DT	71 174	1.24	88	142	167.1		
B720	104 326	5.2	DT	49 451	1.00	81	124	148.1		
B720B	106 594	7.2	DT	49 460	1.00	81	124	148.1		
B727-100C	73 028	9.2	D	33 154	1.09	86	-	-		
B727-100	77 110	9.6	D	34 854	1.14	86	-	-		
B727-200 Standard	78 471	7.6	D	36 254	1.15	86	-	-		
B727-200 Advanced	84 277	6.6	D	39 357	1.02	86	-	-		
B727-200 Advanced	86 636	6.8	D	40 372	1.02	86	-	-		
B727-200 Advanced	89 675	7.2	D	41 609	1.15	86	-	-		
B727-200 Advanced	95 254	7.8	D	43 912	1.15	86	-	-		
B737-100	44 361	7.6	D	20 495	0.92	78	-	-		
B737-200	45 722	7.2	D	21 215	0.95	78	-	-		
B737-200	52 616	9.0	D	23 940	1.10	78	-	-		
B737-200	52 616	9.0	D	23 940	0.63	78	-	-		

Table A1-1.- Aircraft characteristics for design and evaluation of pavements (cont.)

Aircraft type	MAIN LEGS OF LANDING GEAR									
	All-up mass kg	Percentage load on nose wheel	Wheel arrangement	Load on each leg kg	Tire pressure MPa	Wheel spacing (cm)			Additional data for complex wheel arrangement	
						S	S _T	S _D		
B737-200/200C Advanced	53 297	7.2	D	24 730	1.16	78	-	-		
B737-200/200C Advanced	56 699	7.4	D	26 252	1.23	78	-	-		
B737-200 Advanced	58 332	8.0	D	26 833	1.26	78	-	-		
B747-100B SR	237 228	3.6	COH	57 172	1.04	112	147	184.8	Main U/C - 4 No. DT units Data based on equal load distribution	
B747-100	323 410	6.4	COH	75 678	1.50	112	147	184.8	Main U/C - 4 No. DT units Data based on equal load distribution	
B747-100B (Passenger)	334 749	7.6	COH	77 327	1.56	112	147	184.8	Main U/C - 4 No. DT units Data based on equal load distribution	
B747-100B	341 553	7.6	COH	78 899	1.32	112	147	184.8	Main U/C - 4 No. DT units Data based on equal load distribution	
B747-SP	300 730	8.4	COH	68 867	1.30	110	137	175.7	Main U/C - 4 No. DT units Data based on equal load distribution	
B747-SP	318 881	12.4	COH	69 835	1.40	110	137	175.7	Main U/C - 4 No. DT units Data based on equal load distribution	
B747-200B	352 893	5.6	COH	83 283	1.37	112	147	184.8	Main U/C - 4 No. DT units Data based on equal load distribution	

Table Al-1.- Aircraft characteristics for design and evaluation of pavements (cont.)



Aircraft type	MAIN LEGS OF LAANDING GEAR									
	All-up mass kg	Percentage load on nose wheel	Wheel arrangement	Load on each leg kg	Tire pressure MPa	Wheel spacing (cm)			Additional data for complex wheel arrangement	
						S	S _T	S _D		
B747-200C	373 305	7.6	COH	86 233	1.30	112	147	184.8	Main U/C - 4 No. DT units Data based on equal load distribution	
B747-200F	379 201	9.2	COH	86 079	1.39	112	147	184.8	Main U/C - 4 No. DT units Data based on equal load distribution	
B757-200	109 300	9.6	DT	49 404	1.17	66	114	142.8		
B767-200	143 800	7.4	DT	66 579	1.31	114	142	182.1		
B767-200-ER	159 700	7.4	DT	73 941	1.21	114	142	182.1		
B767-300	159 600	7.4	DT	73 895	1.21	114	142	182.1		
Britannia 100 Series	70 440	5.7	COH	33 212	1.05	F43 R69	122	134.2		
Britannia 300 Series	84 000	5.2	COH	39 814	1.0	F51 R76	122	137.5		

Table A1-1.- Aircraft characteristics for design and evaluation of pavements (cont.)

Aircraft type	All-up mass kg	Percentage load on nose wheel	Wheel arrangement	Load on each leg kg	Tire pressure MPa	Wheel spacing (cm)			Additional data for complex wheel arrangement
						S	S _T	S _D	
DC-9-15	41 504	7.6	D	19 175	0.90	61	-	-	
DC-9-21	45 813	5.7	D	21 624	0.98	64	-	-	
DC-9-32	49 442	7.6	D	22 842	1.05	64	-	-	
DC-9-41	52 163	6.7	D	24 334	1.10	66	-	-	
DC-9-51	55 338	6	D	26 009	1.17	66	-	-	
DC-9-81	63 958	4.4	D	30 572	1.17	71	-	-	
DC-9-82	67 133	4.7	D	31 999	1.24	71	-	-	
DC-10-10	196 406	5.7	DT	92 605	1.28	137	163	212.9	
DC-10-30	253 105	8.4	COH	95 421	1.17	137	163	212.9	Loading based on wing DT. Main U/C includes central D.
DC-10-40	253 105	8.4	COH	95 421	1.17	137	163	212.9	Loading based on wing DT. Main U/C includes central D.
Daeh 7	19 867	6.5	D	9 288	0.74	42	-	-	
F27 Friendship Mk100/Mk300	18 350	5.0	D	8 716	0.51	45	-	-	
F27 Friendship Mk200/Mk400	19 780	5.0	D	9 394	0.54	45	-	-	

LAMPIRAN 7

		737-300	737-400				737-500
MAX DESIGN AXI WEIGHT	LB KG	125,000 THRU 56,700 THRU 63,500	139,000 63,050	143,000 64,850	144,000 65,300	150,500 68,250	116,000 THRU 134,000 52,600 THRU 60,800
PERCENTAGE OF WEIGHT ON MAIN GEAR		SEE SECTION 7.4	SEE SECTION 7.4				SEE SECTION 7.4

STANDARD PRESSURE TIRES

HOSE GEAR TIRE SIZE	IN.	27 x 7.75 - 15 10PR	27 x 7.75 - 15 12PR				27 x 7.75 - 15 12PR
HOSE GEAR TIRE PRESSURE	PSI KG/SQ CM	166 11.67	171 12.02	172 12.09	173 12.16	177 12.44	186 13.08
MAIN GEAR TIRE SIZE	IN.	H40x14.5-19 24PR	H40x14.5-19 24PR 26PR 26PR			H42x16-19 26PR	H40x14.5-19 24PR
MAIN GEAR TIRE PRESSURE (1)	PSI KG/SQ CM	180 THRU 201 12.65 THRU 14.13	203 14.27	209 14.69	211 14.83	185 13.00	170 THRU 194 11.95 THRU 13.64

LOW PRESSURE TIRES

HOSE GEAR TIRE SIZE	IN.	27 x 7.75 - 15 10PR	27 x 7.75 - 15 12PR			(N/A)	27 x 7.75 - 15 12PR
HOSE GEAR TIRE PRESSURE	PSI KG/SQ CM	166 11.67	171 12.02	172 12.09	173 12.16	(N/A)	186 13.08
MAIN GEAR TIRE SIZE	IN.	H42x16-19 24PR	H42x16-19 24PR			(N/A)	H42x16-19 24PR
MAIN GEAR TIRE PRESSURE (1)	PSI KG/SQ CM	152 THRU 170 10.69 THRU 11.95	171 12.02	176 12.37	177 12.44	(N/A)	144 THRU 164 10.12 THRU 11.53

NOTES: (1) SEE SECTION 7.11 TIRE INFLATION CHART FOR TIRE PRESSURES
AT INTERMEDIATE AIRPLANE WEIGHTS.

(N/A) = NOT AVAILABLE

7.2.2 LANDING GEAR FOOTPRINT DATA—TIRE SIZES AND PRESSURES
MODELS 737-300, -400, -500