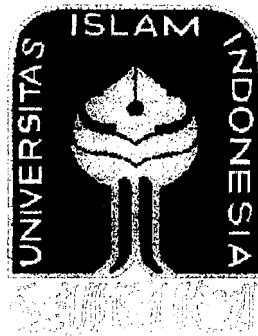


TUGAS AKHIR

**ANALISIS LAPIS KERAS LENTUR BANDAR UDARA ADISUCIPTO
UNTUK MENAMPUNG LALU LINTAS UDARA
SAMPAI DENGAN TAHUN 2013**

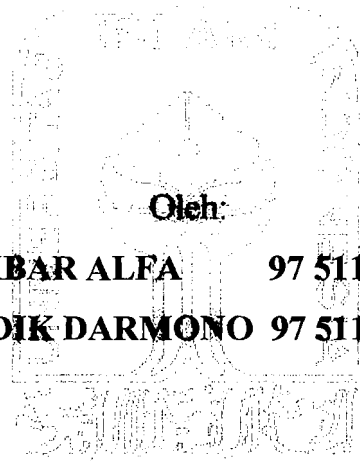


**AKBAR ALFA 97 511 195
DIDIK DARMONO 97 511 029**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2003**

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**ANALISIS LAPIS KERAS LENTUR BANDAR UDARA
ADISUCIPTO UNTUK MENAMPUNG LALU LINTAS UDARA
SAMPAI DENGAN TAHUN 2013**




Oleh:

AKBAR ALFA 97 511 195


DIDIK DARMONO 97 511 029

Diperiksa dan disetujui oleh:

Ir. Subarkah, MT
Dosen Pembimbing I


Tanggal: 03-09-2003

Ir. Miftahul Fauziah, MT
Dosen Pembimbing II


Tanggal: 3 Sept'03

Intisari

Kebangkitan dalam dunia penerbangan setelah terpuruk beberapa tahun akibat krisis multi dimensi yang dialami oleh bangsa Indonesia yang mengakibatkan peningkatan jumlah pemakai jasa transportasi penerbangan. Untuk menampung peningkatan tersebut, diperlukan peningkatan srtuktur landasan pacu bandar udara Adisucipto dan untuk mengetahui kebutuhan lalu lintas yang akan datang maka perlu di lakukan analisis lalu lintas udara pada bandar udara Adisucipto untuk 10 tahun mendatang dengan tujuan untuk mengetahui kemampuan struktur landasan pacu (run way) bandar udara Adisucipto dalam menampung lalu lintas udara sampai dengan tahun 2013.

Penelitian ini dilakukan dengan mencari jumlah pengguna jasa transportasi udara pada tahun 2013 dengan peramalan metode Time Series Analysis yang memanfaatkan model Ekstrapolasi Garis Kecenderungan dan model Dekomposisi. Hasil terbesar dari kedua model tersebut dipakai dalam merencanakan volume pesawat terbang, lalu volume pesawat terbang tersebut digunakan untuk menentukan tebal struktur lapis keras lentur landasan pacu dengan menggunakan metode FAA.

Volume lalu lintas udara untuk tahun 2013 adalah sebesar 3727 pesawat dengan jenis pesawat yang terpakai Boing (737-200, 737-300, 737-400 dan 737-500), pesawat Foker (F-28, F-28-300, F-28-400 dan F-100) dan pesawat MD-82. Kebutuhan tebal struktur lapis keras lentur untuk tahun 2013 adalah sebesar 91.5 cm dengan pesawat B-737-400 sebagai pesawat rencana, dibandingkan dengan tebal struktur yang ada sekarang (92,5 cm), tidak perlu dilakukan penambahan lapis keras lentur untuk menampung beban lalu lintas udara pada tahun 2013 mendatang.

KATA PENGANTAR



Assalaamu 'alaikum W. W.

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul **“Analisis Lapis Keras Lentur Bandar Udara Adisucipto Untuk Menampung Lalu Lintas Udara Sampai Dengan Tahun 2013”**. Tak lupa shalawat serta salam kepada Muhammad Rasulullah ﷺ yang telah membawa umat manusia dari jaman kegelapan menuju jalan yang benar.

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

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

1. Bapak DR. Lutfi Hasan, Rektor Universitas Islam Indonesia Jogjakarta.
2. Bapak Prof. Ir. H. Widodo, MSCE, Ph.D, Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia,
3. Bapak Ir. H. Munadhir, MS, Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia,
4. Bapak Ir. Subarkah, MT, Dosen Pembimbing I Tugas Akhir.

5. Ibu Ir. Miftahul Fauziah, MT, Dosen Pembimbing II Tugas Akhir.
6. Bapak Slamet, staf bagian operasional PT (persero) Angkasa Pura I Jogjakarta.
7. Bapak H. Yudhie Sriyono, ST. staf bagian teknik PT (persero) Angkasa Pura I Jogjakarta.
8. Semua pihak yang telah membantu penulis selama pelaksanaan dan penyusunan Laporan Tugas Akhir.

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

Wasalaamu 'alaikum Wr. Wb.

Jogjakarta, Juli 2003

Penulis.

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
INTISARI	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
ISTILAH – ISTILAH	ix
NOTASI – NOTASI	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	2
1.3 Manfaat	2
1.4 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Pentingnya Peramalan	4
2.2 Pengelompokan Peramalan	4
2.3 Kecenderungan Penerbangan	5
2.4 Metode Peramalan	5
2.5 <i>Runway</i>	6
2.6 Lapis Perkerasan Lentur <i>Runway</i>	7
2.6.1 Struktur Lapis Perkerasan Lentur	7
2.6.2 Tegangan – Tegangan Pada Lapis Keras Lentur	11
2.6.3 Dasar –Dasar Perancangan Lapis Keras Lentur	12
2.7 Metode Perencanaan Lapis Perkerasan Lentur	14
2.7.1 Metode FAA	14
2.8 Pesawat Terbang	15
2.9 Pengaruh Karakteristik Pesawat Terbang	16
2.10 Kondisi Dan Daya Dukung Tanah	18
2.11 Kapasitas Lalu Lintas Udara	19
BAB III LANDASAN TEORI	21
3.1 Umum	21

3.2	<i>Time Series Analisis</i>	21
3.2.1	Model Ekstrapolasi Garis Kecenderungan	22
3.2.2	Model Dekomposisi	24
3.4	Tinjauan Teknis	25
3.3.1	Menentukan Tebal Lapis Penyusunan Perkerasan	27
BAB IV	PENGUMPULAN DATA	29
4.1	Metode pengumpulan Data Analisis	29
4.2	Kapasitas Lalu Lintas Udara	30
4.3	Pesawat Terbang	33
4.4	Volume Pesawat Terbang	34
4.5	Kondisi dan Daya Dukung Tanah Dasar	34
4.6	Bahan Lapis Keras Lentur	34
BAB V	ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	36
5.1	Metode Time Series Analysis	36
5.1.1	Model Ekstrapolasi Garis Kecenderungan	36
5.1.2	Model Dekomposisi	40
5.1.3	Pembahasan Hasil Peramalan	43
5.1.3.1	Tinjauan Umum	44
5.2	Volume Pesawat Terbang	48
5.2	Metode Perancangan FAA	51
5.2.1	Pesawat Rencana	51
5.2.2	Menentukan EAD Pesawat Campuran (R_2)	52
5.2.3	Menentukan Beban Roda Pesawat W_1 dan W_2	53
5.2.4	Menentukan EAD (R_1)	54
5.2.5	Menentukan Tebal Lapis Keras	56
5.2.6	Hasil Akhir Tebal Lapis Keras Metode FAA	58
5.2.7	Perbandingan Tebal Lapis Keras Lentur <i>Runway</i> yang Ada	58
5.2.8	Pembahasan Perkerasan	61
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	62
6.1	Kesimpulan	62
6.2	Saran	63
	DAFTAR PUSTAKA	64
	LAMPIRAN - LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Faktor ekuivalent untuk lapis pondasi atas	9
Tabel 2.2	Faktor ekuivalent untuk lapis pondasi bawah	10
Tabel 2.3	Kapasitas tahunan praktis landas pacu untuk perencanaan jangka panjang	20
Tabel 3.1	Konfigurasi roda pendaratan pesawat	26
Tabel 3.2	Tebal perkerasan bagi tingkat departure > 25.000	27
Tabel 4.1	Jumlah lalu lintas udara bandara Adisucipto dari tahun 1993 sd. 2002	31
Tabel 4.2	Pesawat terbang yang mendarat di bandar udara Adisucipto	33
Tabel 5.1	Hasil analisis dengan ekstrapolasi linear	37
Tabel 5.2	Hasil analisis dengan ekstrapolasi eksponensial	38
Tabel 5.3	Hasil analisis dengan ekstrapolasi modifikasi eksponensial	39
Tabel 5.4	Hasil peramalan dengan model ekstrapolasi garis kecenderungan	40
Tabel 5.5	Mencari nilai X terpusat	41
Tabel 5.6	Menentukan nilai Y tahun 2003	42
Tabel 5.7	Hasil peramalan dengan model dekomposisi	43
Tabel 5.8	Peramalan lalu lintas yang dipakai untuk merencanakan perkerasan	44
Tabel 5.9	Volume pesawat tahun 2002	49
Tabel 5.10	Persentase berdasarkan tipe pesawat	49
Tabel 5.11	Volume pesawat tahun 2002 dan tahun 2013	51
Tabel 5.12	Pemilihan pesawat rencana	52
Tabel 5.13	Konversi ke tipe roda pendaratan utama pesawat rencana	52
Tabel 5.14	Perhitungan EAD	56
Tabel 5.15	Tebal lapis keras lentur berdasarkan pesawat rencana	58
Tabel 5.16	Perbandingan tebal lapis keras lentur <i>runway</i>	59
Tabel 5.17	EAD pesawat rencana untuk tahun 2018	60
Tabel 5.18	Tebal lapis keras lentur berdasarkan pesawat rencana untuk tahun 2018	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Struktur lapis keras lentur	8
Gambar 2.2	Type konfigurasi roda pendaratan	18
Gambar 3.1	Bagan alir perhitungan FAA	28
Gambar 4.1	Bagan alir penelitian	30
Gambar 4.2	Grafik lalu lintas penumpang	31
Gambar 4.3	Grafik lalu lintas bagasi	32
Gambar 4.4	Grafik lalu lintas barang	32
Gambar 4.5	Grafik lalu lintas pos	33
Gambar 5.1	Grafik lalu lintas peramalan penumpang	45
Gambar 5.2	Grafik lalu lintas peramalan bagasi	45
Gambar 5.3	Grafik lalu lintas peramalan barang	46
Gambar 5.4	Grafik lalu lintas peramalan pos	46

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1** Gambar kurva rencana perkerasan flexible, untuk daerah kritis Single Weal Gear, Dual Weal Gear dan Dual Tandem Gear.
- Lampiran 2** Data landasan pacu bandar udara Adisucipto Jogjakarta.
- Lampiran 3** Lay out bandar udara Adisucipto Jogjakarta.
- Lampiran 4** Gambar kurva kontrol tebal minimum Base Course yang diperlukan pada perancangan lapis keras lentur metode FAA.
- Lampiran 5** Detail lapis keras landasan, taxi way dan apron.
- Lampiran 6** Data bulanan lalu lintas udara pengguna jasa transportasi udara bandara Adisucipto.
- Lampiran 7** Contoh perhitungan peramalan model dekomposisi.
- Lampiran 8** Hasil perhitungan EAD untuk seluruh tipe pesawat.
- Lampiran 9** Tebal lapis keras lentur berdasarkan semua tipe pesawat.

ISTILAH - ISTILAH

Apron	Area dengan perkerasan yang digunakan pesawat untuk menaikkan menurunkan penumpang, barang, mengisi bahan bakar, parkir dan lain-lain.
Asphalt concrete	Campuran agregat (kasar dan halus) dengan bahan pengikat aspal.
Base course	Struktur utama pada perkerasan lentur yang terletak dibawah lapis permukaan dan diatas lapisan pondasi bawah.
Bitumen	Bahan ikat pada perkerasan.
Binder course	Lapisan yang mengikat lapis pondasi dengan lapis yang paling atas, terbuat dari agregat dengan bahan ikat bitumen.
Ciklis	Gerak berulang.
Compacted sub grade	Lapisan tanah dasar yang dipadatkan
Demand	Kebutuhan / permintaan pengguna jasa penerbangan.
Distance between slope changes	Jarak antara dua perubahan kemiringan <i>runway</i> .
Domestik	Dalam negeri.
EAD	(<i>Equivalent Annual Departure</i>) Ekuivalen kedatangan tahunan.
Elevasi	Ketinggian yang diukur dari muka air laut rata-rata.
Effective gradient	Kemiringan melintang <i>runway</i> yang efektif.
Landing	Pendaratan pesawat.
Longitudinal slope	Kemiringan memanjang <i>runway</i> .
Main gear	Roda pendaratan utama.
Manuver	Gerakan berjalan pesawat pada saat lurus maupun berbelok.
Maximum slope changes	Perubahan kemiringan maksimum.

MTOW	(<i>Maximum Take Off Weigh</i>) berat maksimum pesawat pada saat lepas landas.
Natural sub grade	Tanah dasar asli.
Pavement	Perkerasan yang terletak diatas tanah dasar.
Prime coat	Lapisan pengikat antara lapisan <i>base course</i> dengan <i>surface course</i> .
Run way	Area yang digunakan pesawat untuk tinggal landas maupun mendarat.
Seal coat	Lapis tipis pada permukaan perkerasan sebagai lapis kedap air.
Supply	Persediaan / penyediaan pengelola jasa penerbangan.
Surface course	Lapisan pada perkerasan yang terletak paling atas yang dibuat dari campuran agregat dengan bahan pengikat aspal.
Sub base course	Lapisan pada perkerasan yang terletak antara lapisan pondasi atas dengan tanah dasar yang pada umumnya dibuat dari sirtu yang dihamparkan dan dipadatkan.
Sub grade	Lapisan tanah asli yang dipadatkan atau tanah hasil galian atau timbunan yang dipadatkan.
Take off	Pesawat lepas landas / terbang.
Transit	Perpindahan penumpang dari satu pesawat ke pesawat lain.
Transverse slope	Kemiringan melintang <i>runway</i> .
Ultimit	Batas akhir / maksimum.

NOTASI – NOTASI

r	nilai koefisien korelasi
a,b	konstanta
Y	jumlah pengguna jasa transportasi udara
X	tahun pengamatan
n	jumlah tahun pengamatan
I_t	indeks periode t
T_t	trend pada tahun t
C_t	siklis pada periode t
E_t	kesalahan pada periode t
R₁	ekuivalen kedatangan tahunan pesawat rencana
R₂	ekuivalen kedatangan tahunan pesawat campuran
W₁	beban pesawat rencana
W₂	beban pesawat campuran
N	jumlah roda pada masing-masing <i>main gear</i>
H_t	tebal total perkerasan
MG	Main gear
H₁	tebal surface course
H₂	tebal base course
H₃	tebal sub base course
DW	Dual Wheel Gear
MTOW	Maximum Take Off Weigh
EAD	Equivalent Annual Departure

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Akhir tahun 2002 merupakan tahun kebangkitan dalam dunia penerbangan setelah terpuruk beberapa tahun akibat krisis multi dimensi yang dialami oleh bangsa Indonesia, hal ini terbukti dengan adanya penambahan beberapa armada penerbangan, penambahan rute penerbangan, perluasan kawasan Bandar udara dan pembangunan Bandar udara baru pada beberapa daerah kabupaten di Indonesia.

Untuk mencapai daya guna dan hasil guna yang optimal dan dalam rangka meningkatkan pelayanan di bidang transportasi udara, maka Direktorat Jendral Perhubungan Udara, Departemen Perhubungan Provinsi DI. Jogjakarta berencana untuk memperluas Bandar Udara Adisucipto. Dengan penambahan ini diharapkan akan meningkatkan pelayanan dalam menarik minat masyarakat dalam dan luar negeri untuk mengadakan kunjungan ke Jogjakarta dalam kapasitas sebagai turis, kepentingan bisnis atau pendidikan.

Dengan penambahan pengguna jasa penerbangan akan menambah jadwal penerbangan dan meningkatkan pelayanan bagi pengelola bandara yang akan menimbulkan masalah yang cukup sulit. Masalah tersebut dapat berupa gangguan terhadap kelancaran ruas jalan masuk ke bandar udara, gangguan terhadap kebisingan akibat suara mesin pesawat yang dirasakan penduduk sekitar Bandar udara dan beberapa masalah yang secara tidak langsung dirasakan oleh masyarakat sekitar Bandar udara.

Permasalahan juga akan timbul dan akan dirasakan oleh pengelola Bandar udara yaitu meningkatnya jumlah kedatangan dan kepergian dari atau menuju bandara Adisucipto, ini menuntut pengelola untuk menambah pelayanan, fasilitas dan kapasitas bandar udara.

Dengan melihat permasalahan yang mungkin timbul diakibatkan oleh perluasan Bandar udara Adisucipto, diperlukan analisis untuk memprediksi lalu lintas udara pada Bandar udara Adisucipto untuk 10 tahun mendatang.

1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- a. Mengetahui volume lalu lintas udara pada Bandar udara Adisucipto sebelum 2003.
- b. Menghitung kapasitas bandar udara Adisucipto pada kondisi sekarang (2002).
- c. Memprediksi angka pertumbuhan lalu lintas udara sampai dengan 10 tahun mendatang (2013).
- d. Memprediksi volume lalu lintas udara sampai dengan 10 tahun mendatang (2013).
- e. Menghitung struktur lapis perkerasan lentur untuk kebutuhan tahun 2003 sampai dengan tahun 2013.

1.3 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah untuk memberikan masukan dalam merencanakan struktur lapis perkerasan lentur yang masih

memungkinkan dengan prediksi jumlah lalu lintas adisucipto untuk 10 tahun mendatang.

1.4 Batasan masalah

Dalam penelitian ini hanya akan membahas :

- a. Pengamatan hanya dilakukan pada penerbangan terjadwal pada bandar udara Adisucipto.
- b. Rute dianggap tetap. Tidak ada penghapusan rute, tidak ada rute baru dan tidak ada perubahan jumlah armada penerbangan.
- c. Peramalan dilakukan pada penerbangan domestik saja.
- d. Metode yang dipakai untuk perhitungan jumlah lalu lintas udara adalah metode *time series analysis*.
- e. Metode perhitungan untuk tebal perkerasan dengan menggunakan metode FAA.
- f. Perkerasan yang dihitung adalah tebal perkerasan *runway* dan tidak membahas geometrik *runway*.
- g. Jumlah pesawat diasumsikan tidak dipengaruhi oleh perubahan penyelenggara atau operator penerbangan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pentingnya peramalan

Horonjeff dan McKelvey (1994) mengatakan bahwa peramalan merupakan faktor yang sangat penting dari perencanaan dan proses kontrol. Peramalan merupakan penyeimbangan antara kebutuhan (*demand*) dan penyediaan (*supply*). Hal penting pada peramalan ini adalah diketahuinya pola permintaan pada masa yang akan datang sehingga dapat diantisipasi penyediaannya mulai dari waktu sedini mungkin. Dengan demikian tingkat pelayanan yang diharapkan dan direncanakan dapat mencapai target.

2.2 Penggelompokan peramalan

Peramalan dapat dilakukan dalam dua kelompok yaitu peramalan dalam kelompok berskala besar dan dalam kelompok berskala kecil. Menurut Horonjeff dkk (1994) peramalan berskala besar biasanya dilakukan oleh pembuat pesawat terbang dan peralatan, organisasi penerbangan, badan pemerintahan dan pihak-pihak yang berkepentingan dengan taksiran kebutuhan peralatan, kecenderungan perjalanan, kebutuhan perseorangan, kebutuhan pengendalian lalu lintas udara dan lain-lain. Peramalan skala kecil berhubungan dengan kegiatan-kegiatan didalam bandar udara dan rute penerbangan. Menurut Horonjeff (1994), hasil peramalan ini berupa dominasi asal penumpang, data asal tujuan, jumlah penumpang dan barang, dan jumlah operasi pesawat terbang. Dengan hasil tersebut dapat diperkirakan fasilitas-fasilitas yang harus disediakan, misalnya pengembangan sisi darat, sisi

udara dan terminal. Dengan demikian tingkat pelayanan yang diharapkan pengguna jasa transportasi dapat tercapai.

2.3 Kecenderungan penerbangan

Menurut Pranoto Dirhan (1998) Perkembangan transportasi udara menunjukkan adanya beberapa pola yang mengilustrasikan aktifitas pergerakan penduduk didunia. Pola tersebut misalnya lalu lintas penumpang domestik, muatan udara, perdagangan internasional, penerbangan umum dan bandar udara.

Lalu lintas penumpang domestik adalah penerbangan yang melayani perjalanan didalam negeri. Kecenderungan penerbangan sipil cenderung melayani penerbangan domestik dengan jarak pendek (< 600 km)

Muatan udara adalah muatan penerbangan yang berupa barang, paket dan pos. penerbangan udara merupakan pilihan yang paling banyak yang diminati pelaku perdagangan, terutama jasa pos.

Penerbangan umum adalah penerbangan yang tidak diusahakan oleh penerbangan komersil. Penerbangan umum ini dikelompokkan menjadi penerbangan bisnis, penerbangan untuk pendidikan, dan penerbangan pribadi. Penerbangan bisnis adalah penerbangan yang bukan disewakan untuk penerbangan komersial.

2.4 Metode Peramalan

Menurut Horonjeff (1994), pemilihan metode peramalan yang paling tepat dipengaruhi oleh penggunaan peramalan, ketersediaan data, kerumitan, fasilitas teknik, dana, waktu, jangka peramalan dan derajat ketepatan yang dikehendaki.

Peramalan lalu lintas udara yang digunakan metode ekstrapolasi garis kecenderungan dan metode ekonometrik.

2.5 Runway

Menurut Zainuddin A, 1983 *runway* merupakan komponen pokok dari Bandar udara yang digunakan untuk pendaratan (*landing*) dan lepas landas (*take off*) pesawat yang jumlahnya tergantung pada volume lalu lintas, arah landasan, arah angin dominan dan luas tanah yang tersedia.

Sistim *runway* Bandar udara (Pranoto, 1998) terdiri dari:

1. Struktur perkerasan

Didefinisikan sebagai struktur yang terdiri dari satu lapisan atau lebih dari bahan-bahan yang diproses, yang terletak diatas tanah dasar yang telah dipadatkan.

2. Bahu landasan

Bahu landasan terletak dipinggir perkerasan struktur yang berfungsi menahan erosi akibat hembusan pesawat dan untuk penempatan pemeliharaan dan keadaan darurat.

3. Bantalan hembusan (*Blast Pad*)

Bantalan ini adalah suatu daerah yang berfungsi untuk mencegah erosi pada permukaan yang dekat dengan ujung-ujung *runway* yang menerima hembusan jet dari pesawat yang terus menerus.

4. Daerah aman landasan

Daerah aman landasan adalah suatu daerah yang harus mampu mendukung peralatan pemeliharaan dan mendukung pesawat yang karena suatu hal keluar dari perkerasan. Daerah ini bebas dari halangan atau

benda-benda yang mengganggu, terdapat drainasi, perkerasan struktur serta bahu landasan.

2.6 Lapis Keras Lentur Runway

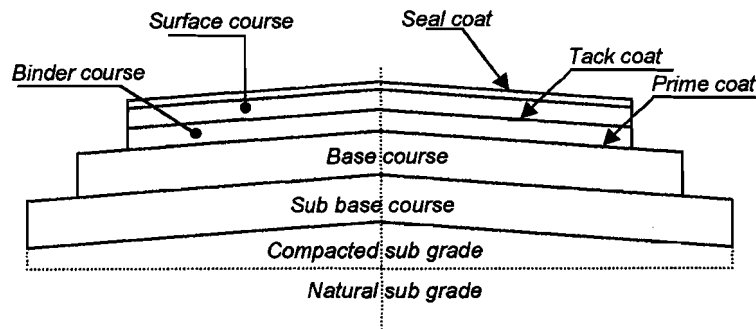
Struktur lapis keras *runway* adalah suatu konstruksi yang dibuat untuk mendukung beban pesawat yang berhubungan dengan struktur, stabilisasi, kriteria dimensi, kemampuan *maneuver*, pengendalian dan operasi lainnya.

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 relative lebih mudah.
3. Bagi perusahaan penerbangan, yaitu keawetan (*durability*) roda pesawat dengan permukaan *runway* lebih lama.
4. Kenyamanan pada saat lepas landas maupun mendarat lebih nyaman.

2.6.1 Struktur Lapis Keras Lentur

Struktur lapis keras lentur adalah perkerasan yang menggunakan bahan pengikat aspal yang berfungsi sebagai tumpuan pesawat. Dari perkerasan ini diharapkan dapat memberikan permukaan yang rata, yang terdiri dari setiap lapisnya yang mampu menahan beban sehingga menghasilkan jalan pesawat yang aman dan nyaman (Basuki H, 1985). Secara garis besar lapis keras lentur dapat dilihat pada gambar 2.1 berikut.



Gambar 2.1 Struktur Lapis Keras Lentur
(sumber: Yoder dan Witczak [1975])

Konstruksi lapis keras lentur (Basuki, H, 1985) terdiri dari:

1. Lapisan permukaan (*Surface Course*)

Lapisan permukaan adalah lapisan yang terletak paling atas yang dibuat dari campuran agregat dengan bahan pengikat aspal. Fungsi lapis permukaan dapat meliputi:

- a. Struktural, yaitu turut mendukung dan menyebarkan beban kendaraan yang diterima oleh perkerasan, baik gaya vertikal maupun horizontal. Lapis permukaan harus memiliki 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 atas.

2. Lapisan pondasi atas (*base course*)

Lapisan permukaan adalah bagian struktur utama pada perkerasan lentur yang terletak di bawah lapis permukaan yang dibuat dari material campuran dengan semen dan aspal. Fungsi lapisan ini adalah menerima tekanan dari roda yang di terima lapisan permukaan dan menyebarkan

kelapis dibawahnya (lapisan pondasi bawah) serta lapis peresapan bagi lapisan pondasi bawah. Lapisan pondasi atas dibuat dari material yang dipersiapkan (dicampur dengan semen atau aspal), atau bisa juga di buat dari bahan-bahan alam tanpa campuran yang sebaiknya telah di stabilisasi dan masih memenuhi syarat tebal minimum. *Federal Aviation Administration (FAA)*, menyatakan bahwa faktor ekuivalen yang menunjukkan rasio ketebalan substitusi dapat digunakan pada lapis pondasi atas yang di stabilisasi. Ketebalan lapis pondasi atas yang telah di stabilisasi dapat di hitung dengan membagi kebutuhan ketebalan dasar dengan faktor ekuivalen, yang di rangkum dalam tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1. Faktor ekuivalen untuk lapis pondasi atas

No	Material	Faktor Ekuivalen
1.	Lapisan permukaan bitumen	1.2 – 1.6
2.	Lapisan pondasi atas bitumen	1.2 – 1.6
3.	Lapisan pondasi atas bitumen, digelar dingin	1.0 – 1.2
4.	Lapisan pondasi atas, digelar setempat	1.0 – 1.2
5.	Lapisan pondasi atas, dengan bahan pengikat semen	1.2 – 1.6
6.	Lapisan pondasi atas dari campuran tanah dan semen	Tidak berlaku
7.	Lapisan pondasi atas dari batu pecah	1.0
8.	Lapisan pondasi atas dari batu granular	Tidak berlaku

Sumber: FAA, 1978

3. Lapisan pondasi bawah (*sub base course*)

Lapisan pondasi bawah adalah lapisan perkerasan yang terletak antara lapisan pondasi atas dengan tanah dasar yang pada umumnya di buat dari sirtu yang di hamparkan dan dipadatkan. Lapisan ini berfungsi untuk meneruskan beban yang di terima dari lapisan di atasnya (lapisan pondasi atas) dan meneruskan ke tanah dasar (*sub grade*). Penggunaan material yang telah di stabilisasi akan memberikan keuntungan pada tebal akhir perkerasan ini.

Federal Aviation Administration (FAA), menyatakan bahwa faktor ekuivalen yang menunjukkan rasio ketebalan substitusi dapat digunakan pada lapis pondasi bawah yang di stabilisasi. Ketebalan material yang telah di stabilisasi dapat dihitung dengan membagi kebutuhan tebal dasar batu granular dengan faktor ekuivalen, yang di rangkum pada tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2. faktor ekuivalen untuk lapisan pondasi bawah.

No	Material	Faktor Ekuivalen
1.	Lapisan permukaan bitumen	1.7 – 2.3
2.	Lapisan pondasi bawah bitumen	1.2 – 2.3
3.	Lapisan pondasi bawah bitumen, digelar dingin	1.5 – 1.7
4.	Lapisan pondasi bawah, digelar setempat	1.5 – 1.7
5.	Lapisan pondasi bawah, dengan bahan pengikat semen	1.6 – 2.3
6.	Lapisan pondasi bawah dari campuran tanah dan semen	1.5 – 2.0
7.	Lapisan pondasi bawah dari batu pecah	1.4 – 2.0
8.	Lapisan pondasi bawah dari batu granular	1.0

Sumber: FAA, 1978

4. Lapisan tanah dasar (*Sub grade*)

Lapisan tanah dasar adalah lapisan tanah baik berupa asli yang dipadatkan atau tanah hasil galian atau timbunan yang dipadatkan. Lapisan ini berfungsi sebagai tempat perletakan dari lapisan-lapisan perkerasan.

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

2.6.2 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 di terima akan semakin kecil kebawah) sehingga beban yang di terima oleh tanah dasar (*subgrade*) tidak melampaui daya dukung tanah yang ada.

Jenis tegangan yang mempengaruhi lapis keras landas pacu (Horonjeff dan McKelvey, 1994), antara lain:

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 tiap lapisan, yang diuraikan sebagai berikut:

- a. Regangan tarik horizontal pada bagian bawah lapisan dengan bahan pengikat aspal. Besarnya regangan tarik horizontal 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 tekanan vertikal pada permukaan tanah dasar (*sub grade*). 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

Tegangan ini terjadi akibat perbedaan temperatur pada setiap lapisan perkerasan. Perubahan temperatur yang terjadi pada lapisan perkerasan akan di dapat perbedaan temperatur karena pada temperatur yang panas, bagian lapisan atas memiliki temperatur yang tinggi dari lapisan yang ada di bawahnya dan sebaliknya, sehingga tegangan yang terjadi pada setiap lapisan berbeda yang mengakibatkan lendutan ataupun retakan.

3. Tegangan akibat gesekan dan pengereman

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

2.6.3 Dasar-Dasar Perancangan Lapis Keras Lentur

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

Basuki H (1985), menyatakan bahwa rencana induk adalah konsep pengembangan lapangan terbang secara ultimit, dalam arti pengembangan diseluruh areal lapangan terbang, 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 suatu bandara adalah sebagai berikut:

1. Pedoman untuk pengembangan fasilitas fisik bandar udara.
2. Pedoman bagi tata guna tanah dan pengembangannya, didalam dan sekitar bandara.
3. Petunjuk mengenai pengaruh lingkungan dari pembangunan bandar udara dan opsai 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 (Basuki H, 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. Analisis biaya investasi dan keuntungan.
4. pengaruh lingkungan dan cara mengatasinya.

Proses perencanaan sistem bandara 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 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.

Perencanaan lapis keras landas pacu, dirancang berdasarkan:

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

2.7 Metode Perencanaan Lapis Perkerasan Lentur

2.7.1 Metode FAA (*Federal Aviation Administration*)

Dalam perencanaan perkerasan (Horonjeff & Kelvey, 1994) harus mempertimbangkan komponen dasar yang memberi bobot suatu pesawat selama mendarat dan lepas landas karena berat pesawat dan komponen-komponen beratnya merupakan salah satu faktor utama dalam menentukan ketebalan perkerasan.

Metode perencanaan perkerasan yang dikembangkan oleh FAA menggunakan sistim penggolongan tanah terpadu yang pada dasarnya adalah pemisahan antara tanah berbutir kasar, halus dan tanah organik tinggi untuk mendapatkan karakteristik tanah berupa nilai CBR (*California Bearing Ratio*) untuk digunakan dalam perencanaan perkerasan lentur (Horonjeff & Kelvey, 1994).

Perencanaan perkerasan merupakan suatu masalah rekayasa yang kompleks yang melibatkan pertimbangan dari sejumlah besar variabel. Parameter-parameter yang dibutuhkan untuk perencanaan perkerasan meliputi berat lepas landas kotor pesawat, konfigurasi dan ukuran roda pendaratan, bidang kontak dan tekanan ban dan volume lalu lintas (Horonjeff & Kelvey, 1994).

2.8 Pesawat Terbang

Pesawat terbang (Pranoto, 1998) digolongkan menurut tipe propulsion dan medium penimbul dorongan. Pesawat terbang bermesin piston adalah pesawat yang mesinnya digerakkan oleh baling-baling yang berdaya mesin bolak-balik dan berbahan bakar bensin. Pesawat terbang bermesin piston ini banyak dipergunakan pada pesawat-pesawat penerbangan umum kecil. Pesawat terbang turboprop adalah pesawat terbang yang bermesin turbin dan digerakkan baling-baling. Pesawat terbang turboprop dan bermesin ganda banyak dipergunakan pada penerbangan umum sekitar tahun lima-puluhan. Pesawat terbang turbojet adalah pesawat terbang yang bermesin turbin dan gaya dorongnya di peroleh langsung dari mesin turbin (bukan baling-baling

Menurut Horonjeff dkk (1984), berat pesawat terbang menentukan tebal perkerasan *runway*, tebal perkerasan landasan hubung, tebal perkerasan apron dan panjang landas pacu lepas landas dan pendaratan. Horonjeff dkk. (Pranoto, 1998)

menyatakan "tidak berlaku anggapan bahwa semakin berat pesawat akan semakin panjang *runway* yang dibutuhkan". Pesawat yang melakukan perjalanan jauh akan memerlukan *runway* yang lebih panjang karena berat pesawat saat lepas landas lebih berat. Ukuran pesawat menentukan lebar *runway*, landas hubung dan jejari putar yang dibutuhkan pada kurva-kurva perkerasan. Berat dan ukuran pesawat tersebut merupakan dasar perancangan daerah penerbangan bandar udara.

2.9. Pengaruh kareteristik Pesawat Terbang

1. Beban pesawat

Dalam perencanaan perkerasan (Basuki H, 1985) harus mempertimbangkan komponen dasar yang memberi beban suatu pesawat selama mendarat dan lepas landas karena berat pesawat dan komponen – komponen beratnya merupakan salah satu faktor utama dalam menentukan ketebalan perkerasan. Jenis beban pesawat yang berhubungan dengan operasi penerbangan sebagai berikut :

- a. Berat Kosong Operasi (*OWE = 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 di perbolehkan untuk diangkut oleh pesawat sesuai dengan persyaratan angkut pesawat.
- c. Berat Bahan Bakar Kosong (*ZFW = Zero Fuel Weight*) adalah batasan beban, spesifik pada setiap jenis pesawat, diatas batasan berat itu tambahan berat harus berupa bahan bakar, sehingga ketika pesawat

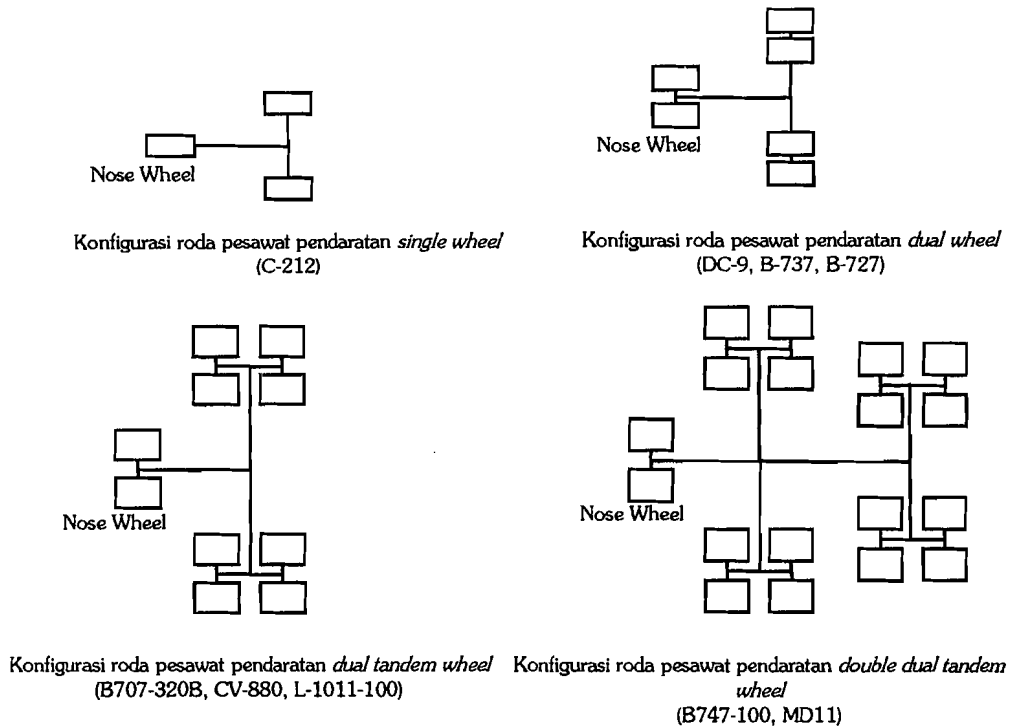
sedang terbang, tidak terjadi momen lentur yang berlebihan pada sambungan.

- d. Berat Lereng Maksimum (MRW = *Maksimum Ramp Weight*) adalah beban maksimum untuk melakukan gerakan (*manuver*), atau berjalan dari parkir *runway* ke pangkal *runway*. 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.

2. Konfigurasi Roda Pendaratan Utama Pesawat

Konfigurasi roda pendaratan utama pesawat (Horonjeff, R. & Kelvev, FX., 1983) 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. Selama pendaratan berat pesawat akan berkurang akibat terpakainya bahan bakar yang cukup besar.

Konfigurasi roda pendaratan utama dapat dilihat seperti pada gambar 2.2 berikut.



Gambar 2.2 Tipe Konfigurasi Roda Pendaratan
(sumber: Horonjeff & Kelvey, 1983)

2.10 Kondisi dan Daya Dukung Tanah Dasar

Tanah dasar adalah lapis dasar pendukung struktur lapis keras lentur, yang berguna sebagai lapis 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.

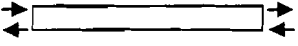
2.11 Kapasitas Lalu Lintas Udara

Horonjeff, R dan McKelvey, FX (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 bandara 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	
	0 – 2	98	59	230.000
 <i>Arrivals = Departures</i>	21 – 50	74	57	195.000
	51 – 80	63	56	205.000
	81 – 120	55	53	210.000
	120 – 180	51	50	240.000

*hanya untuk konfigurasi landas pacu tunggal/single runway
(sumber: Horonjeff, R & McKelvey, FX, 1994)

BAB III LANDASAN TEORI

3.1 Umum

Peramalan dilakukan untuk mengantisipasi kejadian yang diperkirakan akan terjadi pada masa yang akan datang berdasarkan gejala-gejala pada masa sekarang dan masa lalu. Peramalan yang baik adalah peramalan yang dilakukan secara berulang-ulang, dilakukan pendekatan sosial, ekonomi, teknologi dan perhitungan matematis. Dengan peramalan tersebut diharapkan dapat dilakukan pengambilan keputusan yang optimal.

Peramalan lalu lintas bandara dilakukan untuk mendapatkan data atau perhitungan sebagai acuan yang bisa digunakan untuk merancang apa saja yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan sesuai dengan hasil yang didapatkan pada peramalan tersebut.

Peramalan dibagi dalam peramalan kuantitatif dan peramalan kualitatif. Peramalan kuantitatif didasarkan pada data yang dinyatakan dengan angka-angka. Peramalan kualitatif berdasarkan pada kondisi atau sifat data misalnya besar, kecil dan sebagainya.

Penelitian ini menggunakan peramalan kuantitatif yaitu peramalan yang dilakukan jika tersedia data pada masa yang lalu yang bersifat kuantitatif-numerik dan diasumsikan pola yang ada tidak berubah.

3.2 *Time Series Analisis*

Tujuan metoda ini adalah membuat pola dalam deret data historis dan mengekstrapolasi data tersebut ke masa yang akan datang. Teknik ini berdasarkan

data rangkaian waktu sehingga terdapat pola peristiwa, kejadian, gejala atau variabel yang mengikuti pola teratur.

Analisis rangkaian waktu ini dilakukan dengan pengamatan, pencatatan dan penyusunan peristiwa yang di ambil dari waktu ke waktu. Waktu pengamatan dan pencatatan biasanya tetap durasinya. Studi ini memanfaatkan dua metoda yaitu metoda yang tidak memperhitungkan rangkaian waktu (model garis kecenderungan) dan metoda yang memperhatikan rangkaian waktu (model dekomposisi).

3.2.1 Model Ekstrapolasi Garis Kecenderungan

Model studi ini menggunakan dua variabel yaitu tahun pengamatan sebagai variabel bebas dan jumlah pengguna jasa transportasi udara sebagai variabel tidak bebas. peramalan dimulai dengan mencari hubungan antara variabel-variabel tersebut berdasarkan data tahun sebelumnya. Kemudian hasilnya digambarkan pada diagram kartesius. Berdasarkan diagram tersebut diramalkan jumlah pengguna jasa transportasi pada masa yang akan datang.

Studi ini menerapkan tiga jenis garis kecenderungan yaitu ekstrapolasi linier, ekstrapolasi eksponensial, dan ekstrapolasi modifikasi eksponensial.

1. Ekstrapolasi Linier

Ekstrapolasi linier berpedoman bahwa jumlah pangkat dua dari jarak antara titik-titik dengan garis linier menunjukkan dua variabel dengan persamaan umum : $Y = a \pm b X$ dengan Y Adalah jumlah pengguna jasa transportasi udara dan X adalah tahun pengamatan. Koefesien a dan b di hitung dengan persamaan 3.1 dan 3.2 sebagai berikut

$$r = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{((n \sum (X)^2 - (\sum X)^2)(n \sum (Y)^2 - (\sum Y)^2))}} \quad (3.1)$$

$$a = \frac{\sum Y \sum X^2 - \sum X \sum XY}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (3.2)$$

$$b = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (3.3)$$

dengan:

Y = Pengguna (Variabel tak bebas)

X = Th pengamatan (variabel bebas)

n = jumlah tahun pengamatan

2. Ekstrapolasi Eksponensial

Peramalan ini dilakukan dengan persamaan 3.3 s/d 3.7 sebagai berikut :

$$Y = a \ell^{bX} \quad (3.4)$$

$$\ln Y = \ln a + b x \ln \ell \quad (3.5)$$

$$\ln Y = \ln a + b X \quad (3.6)$$

$$\ln a = \frac{\sum \ln Y - b \sum X}{n} \quad (3.7)$$

$$b = \frac{n(\sum X \ln Y) - \sum X \sum \ln Y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (3.8)$$

Dengan Y adalah jumlah pengguna jasa transportasi dan X adalah tahun pengamatan.

Nilai koefisien korelasi dihitung dengan persamaan 3.8 sebagai berikut:

$$r = \frac{n \sum \ln X \ln Y - \sum \ln X \sum \ln Y}{\sqrt{((n \sum (\ln X)^2 - (\sum \ln X)^2)(n \sum (\ln Y)^2 - (\sum \ln Y)^2))}} \quad (3.9)$$

3. Ekstrapolasi Modifikasi Eksponensial

Metoda ini menggunakan persamaan 3.9 s/d 3.12 sebagai berikut.

$$Y = aX^b \quad (3.10)$$

$$\ln Y = \ln a + b \ln X \quad (3.11)$$

$$\ln a = \frac{\sum \ln Y - b \sum \ln X}{n} \quad (3.12)$$

$$b = \frac{\sum \ln X \ln Y - \sum \ln X \sum \ln Y}{N \sum (\ln X)^2 - (\sum \ln X)^2} \quad (3.13)$$

Koefesien korelasi dapat dicari dengan analogi dari persamaan 3.14 s/d

3.16 berikut:

$$Y = a + b \ln X \quad (3.14)$$

$$\ln Y = \ln a + b \ln X \quad (3.15)$$

sehingga

$$r = \frac{n \sum \ln X \ln Y - \sum \ln X \sum \ln Y}{\sqrt{((n \sum (\ln X)^2 - (\sum \ln X)^2)(n \sum (\ln Y)^2 - (\sum \ln Y)^2))}} \quad (3.16)$$

dengan:

Y = jumlah pengguna jasa transportasi

X = tahun pengamatan

n = jumlah tahun pengamatan

3.2.2 Model Dekomposisi

Model ini menyatakan bahwa apabila pada suatu deret data terdapat pola tertentu, maka penghalusan data dapat dilakukan dengan cara memisahkan kerandoman pada bagian deret tersebut.

Model ini mencoba memisahkan bagian-bagian komponen-komponen waktu. Model dekomposisi berasumsi pada model multiplikatif yang digambarkan pada persamaan 3.17 berikut:

$$X_t = I_t \times T_t \times C_t \times E_t \quad (3.17)$$

dengan:

X_t = nilai data pada periode t

I_t = Indeks periode t

T_t = Trend pada tahun t

C_t = siklus pada periode t

E_t = kesalahan pada periode t

3.3 Tinjauan Teknis

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

Dalam menentukan tebal lapis perkerasan terlebih dahulu ditentukan pesawat rencana, yaitu pesawat yang akan direncanakan akan beroperasi di bandara udara yang menghasilkan ketebalan perkerasan yang paling besar. Hal ini dikenal dengan konsep Ekuivalen Kedatangan Tahunan (*Equivalent Annual Departures* = EAD), yang dapat di hitung dengan menggunakan persamaan (3.18) berikut ini.

$$\text{Log} R_1 = \text{log} R_2 \left[\frac{W_1}{W_2} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3.18)$$

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, mengansumsikan bahwa beban pesawat adalah berat pesawat tinggal landasan maksimum (MTOW) di dukung oleh konfigurasi roda pendaratan utama (dinyatakan dalam prosentase yang biasanya di pakai 95%). Menentukan EAD pesawat (R_2) di hitung dengan mengkonversikan tipe roda pendaratannya ke roda pesawat rencana, faktor konversikan dengan menggunakan tabel 3.1

Tabel 3.1. 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

Sumber : Basuki H, 1985

Beban roda pesawat rencana (W_1) dan beban pesawat campuran (W_2), didapat dengan menggunakan persamaan (3.19) dan (3.20) berikut ini:

$$W_1 = \% \text{ distribusikan } main \text{ gear} \times MTOW \text{ pesawat rencana} \times \frac{1}{N} \quad (3.19)$$

$$W_2 = \% \text{ distribusi } main \text{ gear} \times MTOW \text{ pesawat campuran} \times \frac{1}{N} \quad (3.20)$$

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*

Tebal perkerasan bagi tingkat kedatangan tahunan lebih dari 25.000 maka harus ditambah dengan ketebalan lapis keras seperti yang dirangkum dalam tabel 3.2

Tabel 3.2. 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: Horonjeff R dan McKelvey, FX, 1994

3.3.1 Menentukan Tebal Lapis Penyusunan Perkerasan

Ketebalan seluruh lapis perkerasan dan lapis-lapis penyusunnya di rancang dengan data yang telah didapat berupa ;

1. Jenis pesawat Rencana
2. MTOW = berat tinggal landas maksimum (lbs)
3. Total EAD (ΣR_1) pesawat rencana.
4. Nilai CBR *sub grade*, CBR *sub base course*, CBR *base course*

Data-data yang telah di dapat tersebut kemudian dipakai untuk mencari tebal masing-masing lapisan perkerasan. Untuk menghitung tebal perkerasan tersebut dapat mengikuti tahapan perhitungan FAA seperti pada gambar 3.1 dengan urutan perhitungan sebagai berikut :

- a. Mencari tebal total lapis keras H_t

Dengan memasukan nilai *Sub grade*, MTOW pesawat rencana, dan EAD (ΣR_1) menggunakan lampiran 1, maka akan di dapat tebal total lapis keras rencana (H_t).

- b. Mencari tebal *Base course* H_2

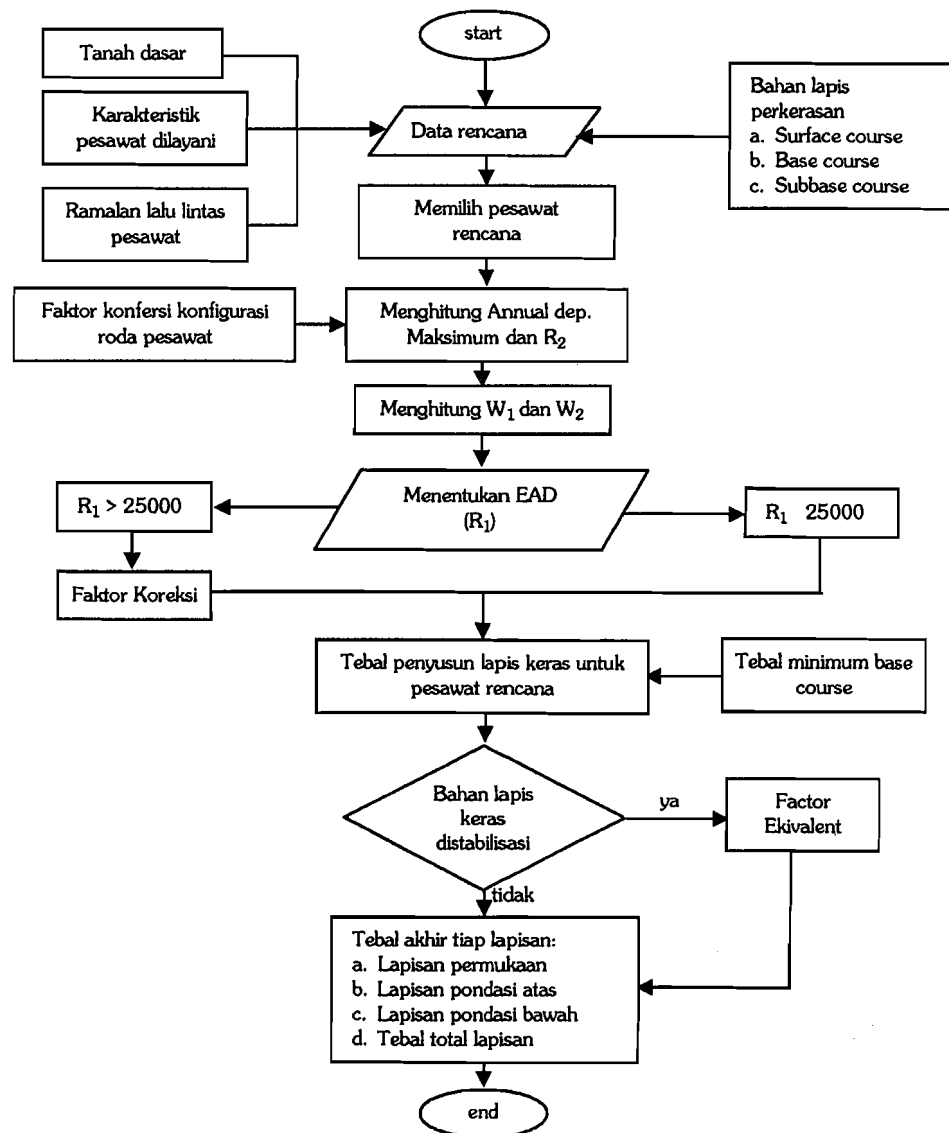
Untuk mendapatkan tebal base course dengan cara memasukan data CBR *sub base course*, MTOW pesawat rencana dan total EAD (ΣR_1) pada lampiran 1, maka di dapat tebal *Surface course* (H_2 Tebal minimal 4 in)) dan *base course* (H_1).

c. Kontrol ketebalan *base course* digunakan lampiran 2, lalu di pilih yang terbesar.

d. Mencari tebal *Sub base course* (H_3) dengan:

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

Federal Aviation Administration (FAA), menyatakan bahwa faktor ekuivalen yang menunjukkan rasio ketebalan substitusi dapat digunakan pada lapis pondasi bawah yang di stabilisasi.

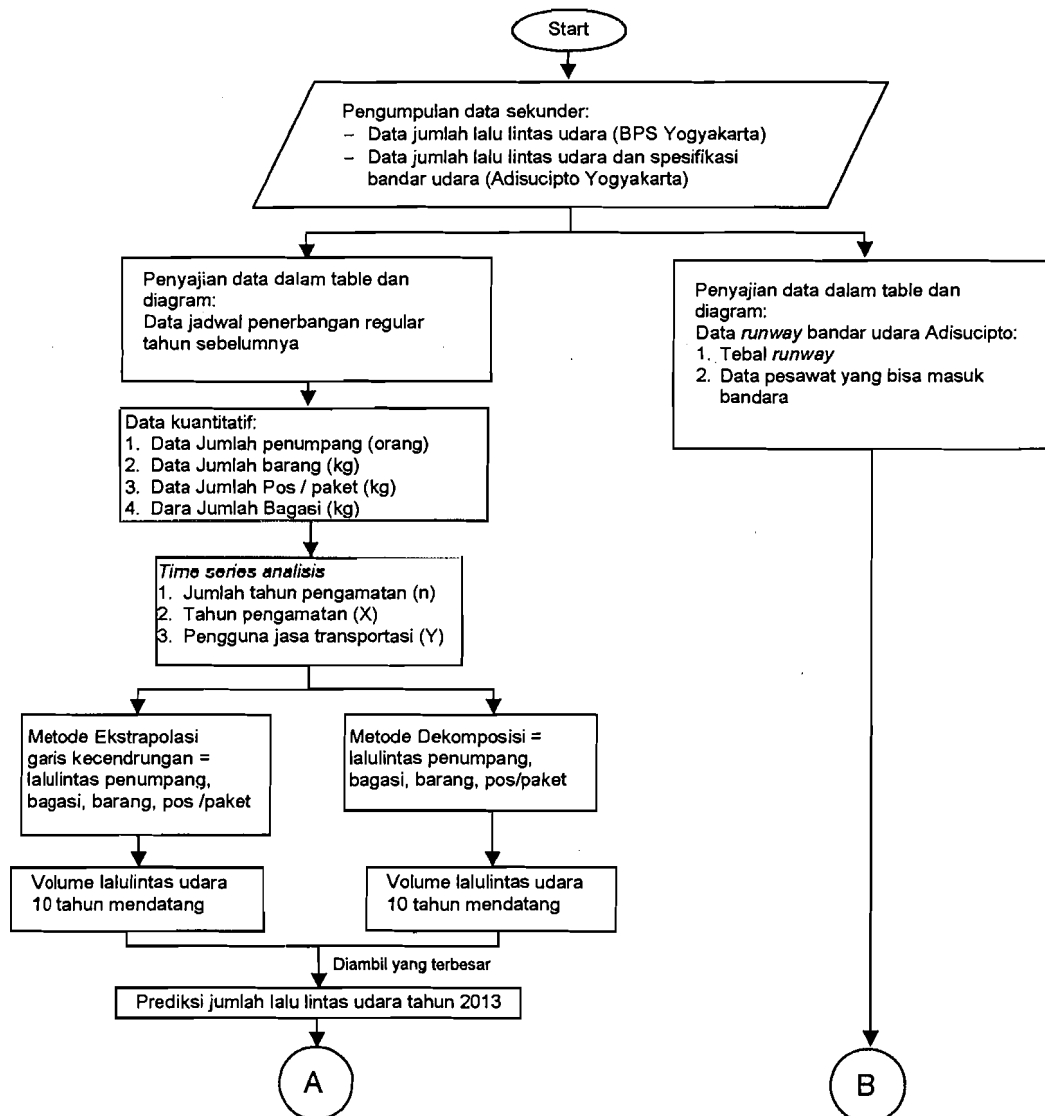


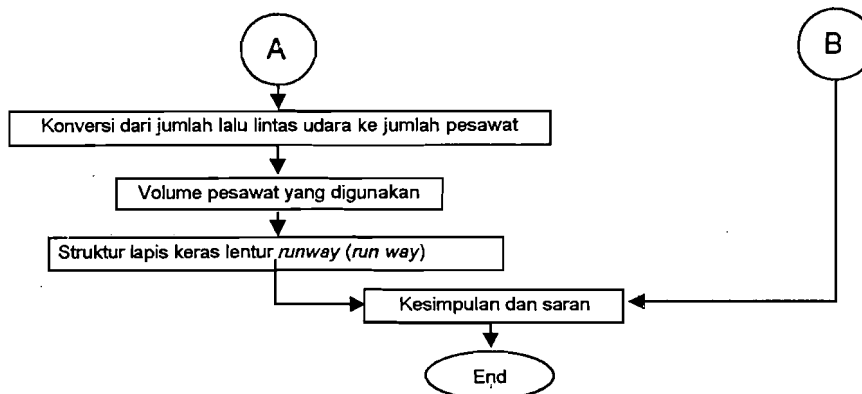
Gambar 3.1 Bagan alir perhitungan FAA
(sumber: Fauziah M, 2003)

BAB IV PENGUMPULAN DATA

4.1 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dan analisis peramalan lalu lintas udara serta analisis tebal lapis keras *runway* bandar udara Adisucipto dilakukan sesuai dengan tahapan pada gambar 4.1 berikut.





Gambar 4.1 Bagan Alir Penelitian
(Sumber: Hasil analisis, 2003)

4.2 Kapasitas Lalu Lintas Udara

Bandar udara Adisucipto Jogjakarta (seperti pada gambar lampiran 3) merupakan bandar udara yang melayani penerbangan domestik dan penerbangan militer dengan *runway* tunggal. Dalam perancangan lapis keras *runway* bandar udara diperlukan data kapasitas lalu lintas udara, yang digunakan untuk menentukan kemampuan lapis keras *runway*, sehingga tidak mengalami kerusakan yang berarti selama umur rencana.

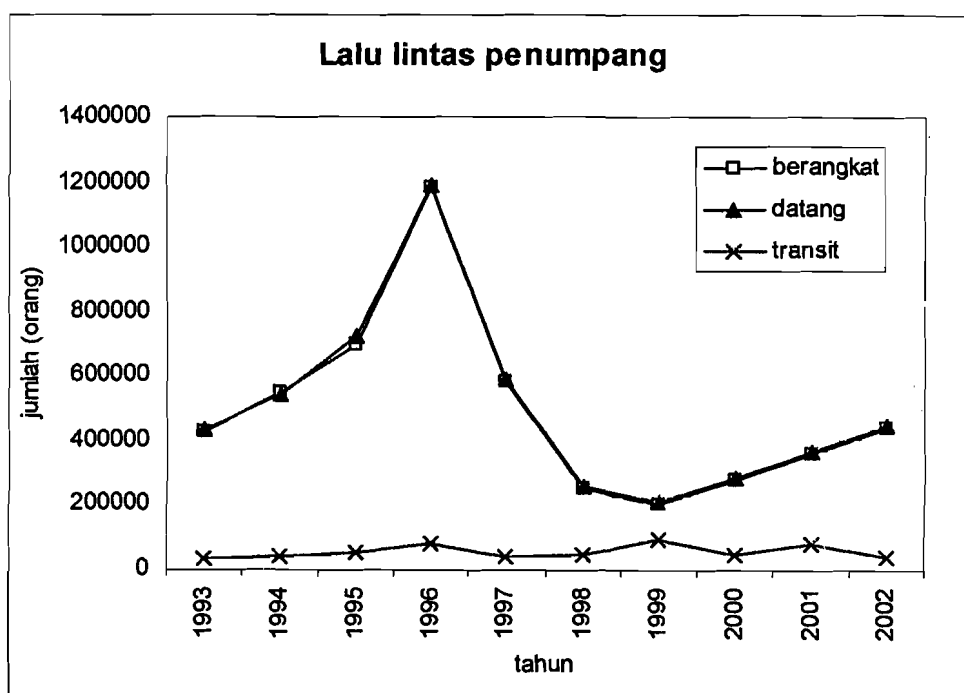
Dari data yang di ambil pada PT (persero) Angkasa Pura I bandar udara Adisucipto Jogjakarta, diperoleh data lalu lintas penumpang, bagasi, barang dan pos yang dilayani dari tahun 1993 sampai dengan tahun 2002. Jumlah lalu lintas penumpang pengguna jasa penerbangan pada bandar udara Adisucipto Jogjakarta seperti yang terlampir pada tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Jumlah lalu lintas udara bandara Adisucipto dari tahun 1993 sd. 2002

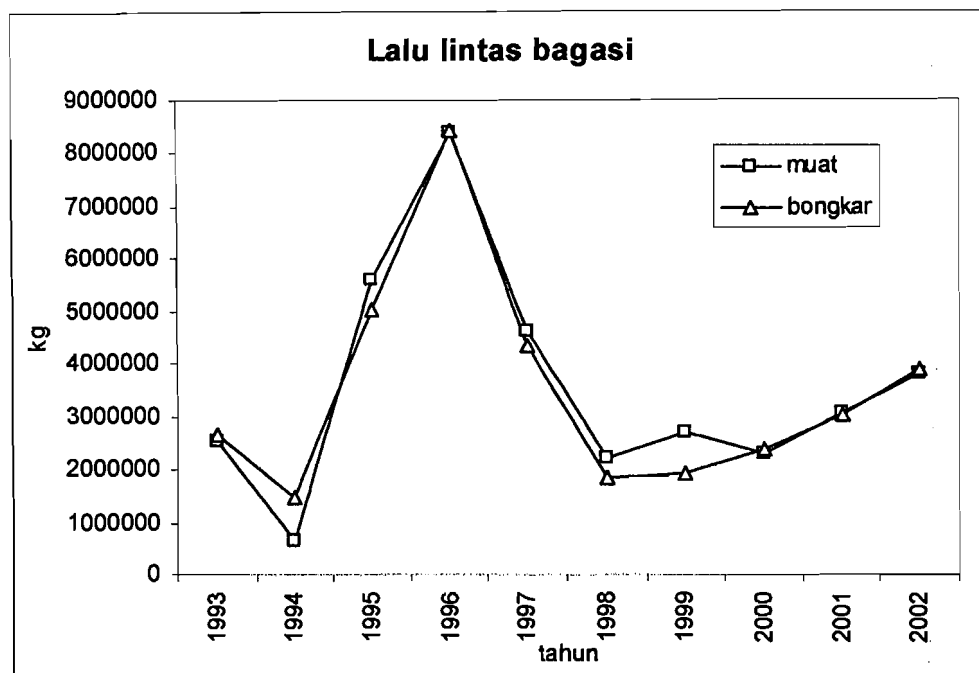
Tahun	Penumpang (orang)			Bagasi (kg)		Barang (kg)		Pos (kg)	
	berangkat	datang	transit	muat	bongkar	muat	bongkar	muat	bongkar
1993	427571	433158	32905	2548589	2669768	1290215	641958	194813	289948
1994	544890	544220	42689	654876	1467071	3689877	1434748	328142	210324
1995	698013	723041	56779	5601028	5018859	1449110	1952576	570082	329423
1996	1182042	1191542	79386	8401816	8430838	3473746	3760633	1011383	606535
1997	579502	585134	39523	4624931	4324221	1193357	2090895	571526	376781
1998	251157	258860	47749	2220241	1847008	1252969	1067202	553943	415873
1999	201315	208996	96756	2706714	1915590	1275809	850016	719278	595893
2000	274832	285183	44511	2308081	2379574	670709	999741	577006	445093
2001	358251	363950	84359	3052330	3042200	706787	1359904	130389	242595
2002	438477	448322	38861	3823832	3900715	916257	1663114	127168	232031

Sumber: PT Angkasa Pura I Jogjakarta

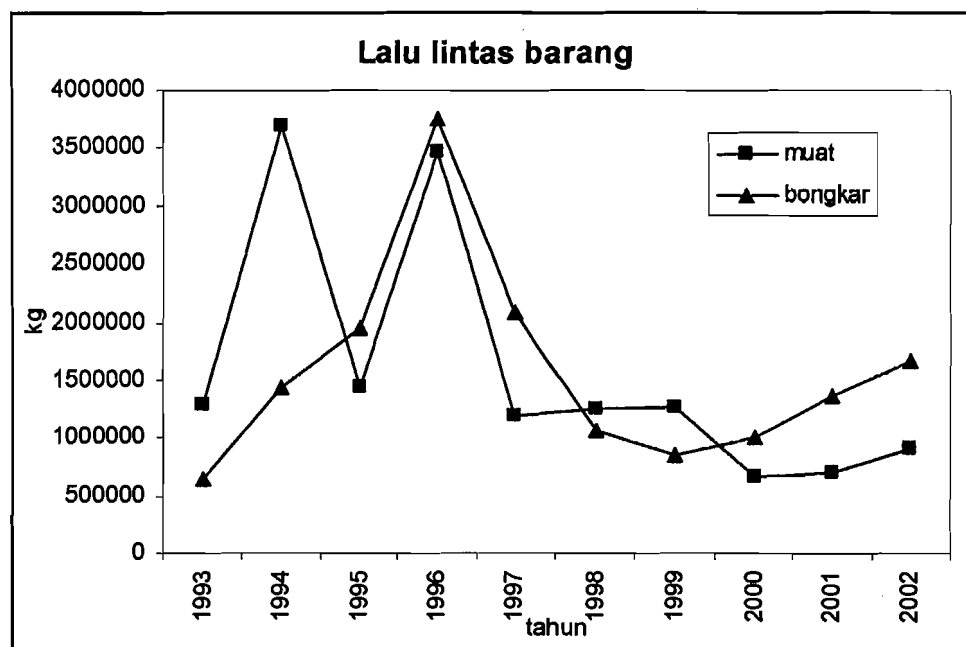
Jumlah lalu lintas udara pada tabel 4.1 di atas di rangkum dalam bentuk grafik seperti pada gambar 4.2 untuk penumpang, gambar 4.3 untuk bagasi, gambar 4.4 untuk barang dan gambar 4.5 untuk pos, sebagai berikut.



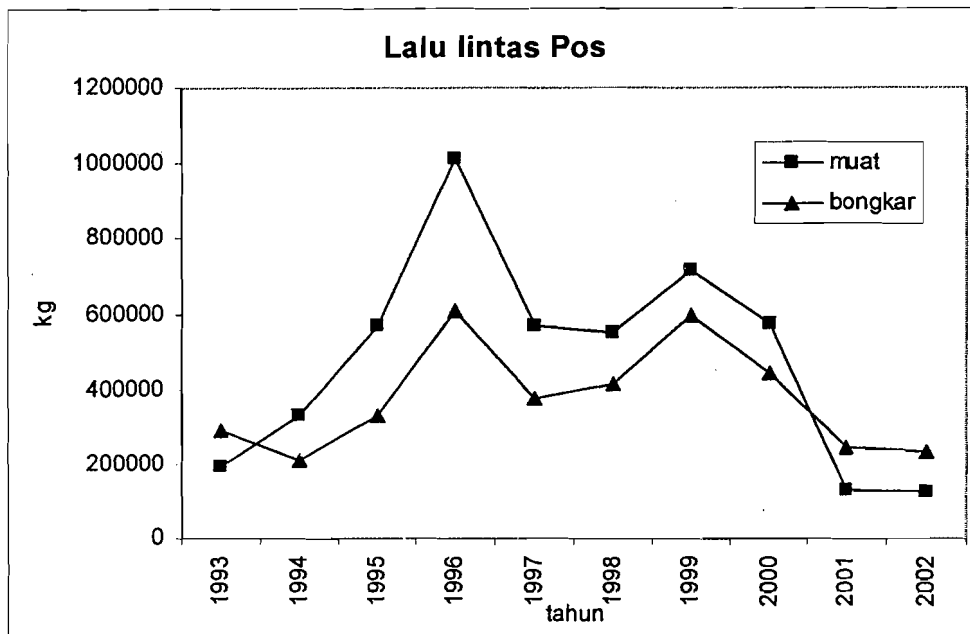
Gambar 4.2 Grafik lalu lintas penumpang.
(Sumber: Olahan data, 2003)



Gambar 4.3 Grafik lalu lintas bagasi.
(Sumber: Olahan data, 2003)



Gambar 4.4 Grafik lalu lintas barang.
(Sumber: Olahan data, 2003)



Gambar 4.5 Grafik lalu lintas pos.
(Sumber: Olahan data, 2003)

4.3 Pesawat Terbang

Dalam perencanaan ketebalan lapis keras *runway*, dipilih pesawat yang menghasilkan ketebalan terbesar dari setiap kelompok pesawat campuran. Data pesawat terbang yang beroperasi pada bandar udara Adisucipto Jogjakarta, yang berpengaruh pada perencanaan ketebalan lapis keras *runway* dirangkum pada tabel 4.2 berikut ini.

Tabel 4.2 Pesawat terbang yang mendarat di bandar Udara Adisucipto.

Asal dan Tujuan	Tipe Pesawat
Jakarta	B737-300, B737-400, B737-500, F-100, F-28-300, F-28
Denpasar	B737-300, B737-400, B737-500
Mataram	B737-300, B737-400, B737-500
Surabaya	B737-200, B737-300, F-28, F-28-300, F-28-400,
Balikpapan	F-100, F-28-300

Sumber: PT Angkasa Pura I Jogjakarta (2002)

4.4 Volume Pesawat Terbang

Volume pesawat terbang yang di pakai untuk perancangan sebagai pendekatan diambil dari volume yang di dapat dari perbandingan antara lalu lintas penumpang berangkat pada tahun terakhir dari data yang didapat dengan jumlah pesawat yang beroperasi pada tahun tersebut, dengan asumsi hasil perbandingan tersebut digunakan untuk mencari volume pesawat terbang tahun peramalan yang berdasarkan pada jumlah penumpang berangkat pada tahun yang diramal. Volume pesawat untuk tahun yang diramal dapat dihitung seperti pada persamaan 4.1 berikut.

$$\text{Vol. pesawat berangkat th. 2013} = \frac{\text{penumpang berangkat th 2013} \times \text{vol. pesawat berangkat th. 2002}}{\text{penumpang berangkat th.2002}} \quad (4.1)$$

4.5 Kondisi dan Daya Dukung Tanah Dasar

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

Tanah dasar yang digunakan pada bandar udara Adisucipto Jogjakarta adalah tanah hasil galian atau tanah asli dengan nilai CBR sebesar 6 %.

4.6 Bahan Lapis Keras Lentur

Lapis keras lentur adalah perkerasan yang menggunakan bahan pengikat aspal yang berfungsi sebagai tumpuan pesawat. Dari perkerasan ini diharapkan dapat memberikan permukaan yang rata yang terdiri dari setiap lapisnya yang

mampu menahan beban sehingga menghasilkan jalan pesawat yang aman dan nyaman (Basuki H, 1985).

Berdasarkan data struktur *runway* bandar udara Adisucipto yang didapat dari PT (persero) Angkas Pura I (lampiran 4), diperoleh data mengenai lapis keras *runway* bandar udara Adisucipto Jogjakarta, sebagai berikut:

1. Lapisan permukaan (*Surface Course*)

Lapisan permukaan (*surface course*) menggunakan 2 lapisan, yaitu:

- a. *Asphalt Concrete* setebal 7,5 cm.
- b. *Asphalt penetration* setebal 10 cm.

2. Lapisan pondasi atas (*base course*)

Ketebalan lapis pondasi atas bandar udara Adisucipto adalah 30 cm dengan menggunakan *crushed base stone* dan nilai CBR sebesar 80 %.

3. Lapisan pondasi bawah (*sub base course*)

Ketebalan lapis pondasi bawah bandar udara Adisucipto adalah 45 cm dengan menggunakan *granular / crushed stone* dan nilai CBR sebesar 25%.

4. Lapisan tanah dasar (*Sub grade*)

Tanah dasar yang digunakan adalah tanah hasil galian atau tanah asli dengan nilai CBR sebesar 6 %.

Cross section run way secara lengkap dapat dilihat pada lampiran 5.

BAB V

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

5.1 Metode Time Series Analisis

Langkah–langkah yang dilakukan dalam peramalan ini adalah mengumpulkan data lalu lintas penumpang terjadual bandara Adisucipto yang diperoleh dari tahun 1993 sampai dengan 2002 dapat di lihat pada tabel 4.1, dari data tersebut di analisis dengan menggunakan Model Ekstrapolasi Garis Kecenderungan dan Model Dekomposisi.

5.1.1 Model Ekstrapolasi Garis Kecenderungan

Model ini menggunakan 3 metode untuk mendapatkan nilai peramalan yang Perhitungannya diuraikan seperti dibawah ini ;

a. Ekstrapolasi Linier untuk penumpang datang

Menggunakan data pada tabel 4.1 di cari nilai Regresi (r) dengan menggunakan persamaan (3.1) .

$$r = \frac{(10 \times 23960900) - (55 \times 4956050)}{\sqrt{((10 \times 385 - (55)^2)(10 \times (3.2 \times 10^{12}) - (4956050)^2))}}$$

$$r = -0.421$$

Data pada tabel 4.1 digunakan juga menghitung nilai a dengan persamaan 3.2 di dapat :

$$a = \frac{(4956050 \times 385) - (55 \times 23960900)}{(10 \times 385) - (55)^2}$$

$$a = 715430$$

dan dengan persamaan 3.3 di hitung nilai b di dapat :

$$b = \frac{(10 \times 23960900) - (55 \times 4956050)}{(10 \times 385) - (55)^2}$$

$$b = -39968$$

Perhitungan Ekstrapolasi linier seluruhnya dapat di lihat pada Tabel 5.1 berikut.

Tabel 5.1 Hasil analisis dengan Ekstrapolasi linear

Uraian		Ekstrapolasi Linear		
		r	a	b
Penumpang	Berangkat	-0.421	715430	-39968
	Datang	-0.418	723861	-39931
	Transit	0.283	44875.5	2086.6
Bagasi	Muat	-0.065	3850756	-46639
	Bongkar	-0.116	3936750	-79485
Barang	Muat	-0.589	2747665	-210142
	Bongkar	-0.12	1777186	-35474
Pos	Muat	-0.185	573451	-17287
	Bongkar	0.037	364778	1758.5

Sumber: Hasil analisis, 2003.

b. Ekstrapolasi Eksponensial untuk penumpang datang

Data pada tabel 4.1, di cari nilai Regresi (r) dengan menggunakan persamaan (3.9) maka di dapat

$$r = \frac{(10 \times 707.2541) - (55 \times 129.8333)}{\sqrt{((10 \times 385) - (55)^2)((10 \times 1688.17) - (129.8333)^2)}}$$

$$r = -2.389$$

Dan data pada tabel 4.1 digunakan juga menghitung nilai a dengan persamaan 3.7 di dapat

$$\ln a = \frac{129.8333 - (-0.0819 \times 55)}{10}$$

$$\ln a = 13.4339$$

dan dengan persamaan 3.8 di hitung nilai b, maka di dapat

$$b = \frac{(10 \times (707.2541)) - (55 \times 129.8333)}{(10 \times 385) - (55)^2}$$

$$b = -0.0819$$

Perhitungan Ekstrapolasi Eksponensial seluruhnya dapat di lihat pada Tabel 5.2 berikut.

Tabel 5.2 Hasil analisis dengan Ekstrapolasi Eksponensial

Uraian		Eksponensial		
		r	Ln a	b
Penumpang	Berangkat	-2.389	13.4339	-0.0819
	Datang	-2.332	13.4439	-0.08
	Transit	1.023	10.6801	0.0353
Bagasi	Muat	1.047	14.7183	0.0355
	Bongkar	-0.09	14.9504	-0.0031
Barang	Muat	-3.805	14.8269	-0.13
	Bongkar	-0.051	14.1619	-0.0017
Pos	Muat	-2.026	13.249	-0.0684
	Bongkar	0.095	12.7508	0.0033

Sumber: Hasil analisis, 2003

c. Ekstrapolasi Modifikasi Eksponensial untuk penumpang datang

Data pada tabel 4.1, di cari nilai Regresi (r) dengan menggunakan persamaan (3.16) maka di dapat

$$r = \frac{(10 \times 151.4563) - (11.9264 \times 129.8333)}{\sqrt{((10 \times 27.6502) - (11.9264)^2)(10 \times 1688.17) - (129.8333)^2}}$$

$$r = -0.585$$

Dan data pada tabel 4.1 digunakan juga menghitung nilai a dengan persamaan 3.12 di dapat

$$\ln a = \frac{129.8333 - (-0.1225 \times 11.96502)}{10}$$

$$\ln a = 13.1294$$

dan dengan persamaan 3.13 nilai b di dapat,

$$b = \frac{151.4563 - (11.9264 \times 129.8333)}{(10 \times 27.6502) - (11.9264)^2}$$

$$b = -0.1225$$

Perhitungan Modifikasi Eksponensial seluruhnya dapat di lihat pada Tabel 5.3 berikut.

Tabel 5.3 Hasil analisis dengan Ekstrapolasi Modifikasi Eksponensial

Uraian		Modifikasi Eksponensial		
		r	Ln a	b
Penumpang	Berangkat	-0.585	13.1294	-0.1225
	Datang	-0.584	13.1477	-0.1204
	Transit	1.023	10.6801	0.0353
Bagasi	Muat	0.122	10.8529	0.018
	Bongkar	-0.21	14.9864	-0.0445
Barang	Muat	-0.662	14.2954	-0.1518
	Bongkar	-0.212	14.2033	-0.0428
Pos	Muat	-0.214	12.9468	-0.0623
	Bongkar	0.041	12.7615	0.0062

Sumber: Hasil analisis, 2003.

Pemilihan untuk menentukan model yang akan di pakai untuk menentukan lalu lintas dari ketiga model tersebut yaitu yang mempunyai nilai regresi yang paling besar.

Nilai regresi untuk penumpang datang yang di dapat adalah :

Ekstrapolasi	Eksponensial	Modifikasi
-0.421	-2.389	-0.585

Di ambil nilai regresi yang terbesar adalah dengan model ekstrapolasi $r = -0.421$ maka nilai Y di hitung dengan persamaan ekstrapolasi

$$Y = a + bX \quad (X = \text{tahun setelah pengamatan}).$$

$$Y_{2013} = 715430 + (-39968 \times 11) = -123898 \text{ orang penumpang}$$

Hasil dari semua perhitungan peramalan penumpang dengan garis kecenderungan dapat di lihat pada tabel 5.4.

Tabel 5.4 Hasil peramalan dengan model ekstrapolasi garis kecenderungan

Tahun	Penumpang			Bagasi		Barang		Pos	
	datang	berangkat	transit	muat	bongkar	muat	bongkar	muat	bongkar
2003	284620	275780	67828	3000535	3006827	436102	1386980	383295	357575.2
2004	244689	235812	69915	3000663	2997548	225960	1384556	366008	358756.2
2005	204758	195844	72001	3000780	2988297	15817	1382137	348721	359941.1
2006	164827	155875	74088	3000889	2979076	-194325	1379722	331434	361129.9
2007	124896	115907	76175	3000990	2969882	-404467	1377311	314147	362322.6
2008	84965	75939	78261	3001085	2960717	-614609	1374904	296860	363519.2
2009	45034	35971	80348	3001174	2951580	-824751	1372502	279573	364719.8
2010	5103	-3997	82434	3001258	2942472	-1034893	1370103	262286	365924.4
2011	-34828	-43965	84521	3001337	2933391	-1245036	1367709	244999	367132.9
2012	-74759	-83934	86608	3001412	2924339	-1455178	1365320	227712	368345.4
2013	-114690	-123902	88694	3001484	2915314	-1665320	1362934	210425	369562

Sumber: Hasil analisis, 2003

5.1.2 Model Dekomposisi

Model ini dengan menggunakan data yang sama yaitu pada pada tabel 4.1 yang dijabarkan kedalam bentuk bulanan seperti lampiran 6, diuraikan berupa jumlah pemakai jasa transportasi udara berdasarkan Bulanan untuk tahun 1993 sampai dengan 2002, model ini digambarkan pada persamaan 3.17 yaitu $X_t = I_t \times T_t \times C_t \times E_t$ persamaan ini diuraikan pada bagian berikut ini :

1. Penentuan Trend (T)

Data tahun 1993 sampai dengan tahun 2002 di cari Trend dengan menggunakan metode ekstrapolasi kecenderungan untuk masing masing model yaitu ekstrapolasi linier, ekstrapolasi eksponensial, modifikasi eksponensial. Perhitungan metode ekstrapolasi kecenderungan serupa dengan sebelumnya.

2. Menentukan Indeks musiman (I)

metode ini menghitung rasio rata-rata bergerak yang meliputi 12 bulan yang terlampir pada lampiran 6, untuk menghitung indek musiman di cari nilai x terpusat seperti pada tabel 5.5 sebagai berikut.

Tabel 5.5 Mencari nilai X terpusat

Tahun	Bulan	Total	Rata-Rata Bergerak 12 Bulan	Rata-Rata Bergerak 12 Bulan Terpusat	X Terpusat (%)
a	b	c	d	e	F
1993	1	188139			
	2	193357			
	3	195561			
	4	164373			
	5	203495			
	6	251090	222480.6667		
	7	268593	215417.8333	218949.25	122.6736
	8	240604	208159.0833	211788.4583	113.6058
	9	235412	200817.5833	204488.3333	115.1225
	10	239787	194646.9167	197732.25	121.2685
	11	243090	187007.5833	190827.25	127.3875
	12	246267	177581.5	182294.5417	135.0929
1994	1	103385	167498.3333	172539.9167	59.91947
	2	106252	158465.9167	162982.125	65.19243
	3	107463	149628.4167	154047.1667	69.7598
	4	90325	140626.6667	145127.5417	62.23836

Sumber: Hasil analisis, 2003

Kolom a, b, c, di dapat dari dari lampiran 6, untuk kolom d adalah rata-rata bergerak 12 bulan misal nilai 222480.6667 adalah rata-rata dari bulan Januari 1993 sampai dengan Desember 1993 demikian seterusnya, kolom e adalah rata - rata nilai pada kolom dengan nilai kolom d sebelumnya misalnya nilai $(222480.6667+215417.8333)/2 = 218949.25$ dan seterusnya, kolom f adalah nilai kolom c di bagi nilai pada kolom e dikalikan 100% misal $(268593 / 218949.25) \times 100\% = 122.6736 \%$.

Mencari indek musiman (I) pada kolom f dirata-ratakan pada bulan yang sama misalnya bulan Januari dari seluruh tahun dirata-rata, kemudian di bagi rata-rata nilai pada 12 bulan yang akan diamati.

Misal Indeks musiman untuk bulan Januari tahun 1993 di hitung seperti berikut;

$$\text{Nilai rata-rata Januari dari seluruh tahun } (59.9147 + 52.59871 + 110.8479 + 54.47227 + 46.65359 + 118.7553 + 116.4051 + 106.5108 + 109.8405) / 10 = 77.60036$$

Nilai rata-rata kolom f tahun 1992

$$(122.6736 + 113.6058 + 115.1225 + 121.2685 + 127.3875 + 135.0929) / 6 = 122.5251$$

$$I = 77.60036 / 122.5251 = 0.63334$$

hasil perhitungan indeks musiman terangkum pada lampiran 5.

3. Menentukan nilai siklis (C)

nilai siklis di dapat dengan mengalikan nilai trend dan indeks musiman,

$$C = 199835 \times 0.63334 = 1.486513$$

hasil perhitungan terangkum pada lampiran 6.

untuk menentukan nilai Y, dapat dilakukan dengan cara seperti pada tabel 5.6 berikut.

Tabel 5.6 Menentukan nilai Y tahun 2003

2003		
Indek	trend	y
37175	24684.6	25056.35
31834	24707.2	25025.54
37425	24729.8	25104.05
30887	24752.4	25061.27
33082	24775	25105.82
36257	24797.6	25160.17
41385	24820.2	25234.05
43653	24842.8	25279.33
37575	24865.4	25241.15
39966	24888	25287.66
35349	24910.6	25264.09
38325	24933.2	25316.45
	297706.8	302135.93

Sumber: hasil analisis, 2003

Mencari indek dengan mengambil nilai tengah dari masing masing tahun data yang ada dari tahun 1993 sampai 2002, trend di dapat dari rumus

$Y = a + bX$, dari hitungan ekstrapolasi sebelumnya adalah;

$Y = 58936.676 + 271.349 X$, dimana nilai $271.349 / 12 = 22.6$

sehingga penambahan untuk pengguna bertambah 22.6, misal untuk mendapatkan nilai trend untuk tahun 2003 Januari ditambahkan 22,6 dari trend tahun sebelumnya yaitu Desember 2002.

Mencari Y dengan cara

$Y = \text{Indek} + (\text{trend}/100)$

Y Januari 2003 = $37175 + (246896/100) = 25056.35$

Hasil model dekomposisi ini disajikan pada tabel 5.7 berikut.

Tabel 5.7 Hasil peramalan dengan model dekomposisi.

Tahun	Penumpang			Bagasi		Barang		Pos	
	datang	berangkat	transit	bongkar	muat	bongkar	muat	bongkar	muat
2003	302136	294324	29729	2430351	1544701	1235278	723236	245629	280735
2004	305332	297578	32983	2433605	1547956	1238533	726491	248884	283989
2005	308645	300832	36238	2436860	1551210	1241787	729745	252138	287244
2006	311899	304087	39492	2440114	1554465	1245042	733000	255392	290498
2007	315154	307341	42747	2443368	1557719	1248296	736254	258647	293752
2008	318408	310596	46001	2446623	1560973	1251550	739508	261901	297007
2009	321662	313850	49255	2449877	1564228	1254805	742763	265156	300261
2010	324917	317104	52510	2453132	1567482	1258059	746017	268410	303516
2011	328171	320359	55764	2456386	1570737	1261314	749272	271664	306770
2012	331426	323613	59019	2459640	1571008	1264568	752526	274919	310024
2013	334680	326868	62273	2462895	1577244	1267822	755780	278173	313279

Sumber: Hasil Analisis, 2003

5.1.3 Pembahasan Hasil Peramalan

Analisi perhitungan peramalan lalu-lintas *runway* bandara Adisucipto dengan menggunakan Model Ekstrapolasi Garis Kecenderungan dan Model Dekomposisi pada prinsipnya mempunyai tujuan yang sama, yaitu meramalkan

jumlah pengguna jasa transportasi udara di bandara Adisucipto untuk kebutuhan tahun 2013.

5.1.3.1 Tinjauan umum

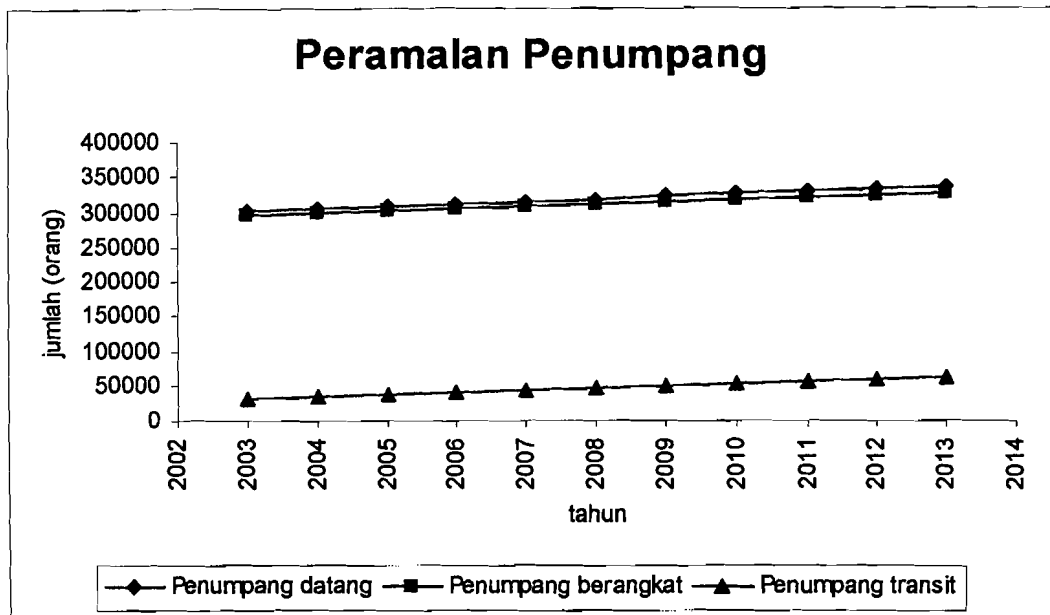
Berdasarkan perhitungan dengan menggunakan Model Ekstrapolasi Garis Kecenderungan dan Model Dekomposisi, di dapatlah hasil peramalan yang terbesar yaitu menggunakan model Dekomposisi sehingga nilai ini yang akan di pakai sebagai data dalam peramalan lalu lintas bandara Adisucipto dan merancang lapis perkerasan lentur *runway* pada bandar udara Adisucipto. Hasil tersebut di rangkum dalam tabel 5.8 berikut.

Tabel 5.8 Peramalan lalu lintas yang di pakai untuk merencanakan perkerasan.

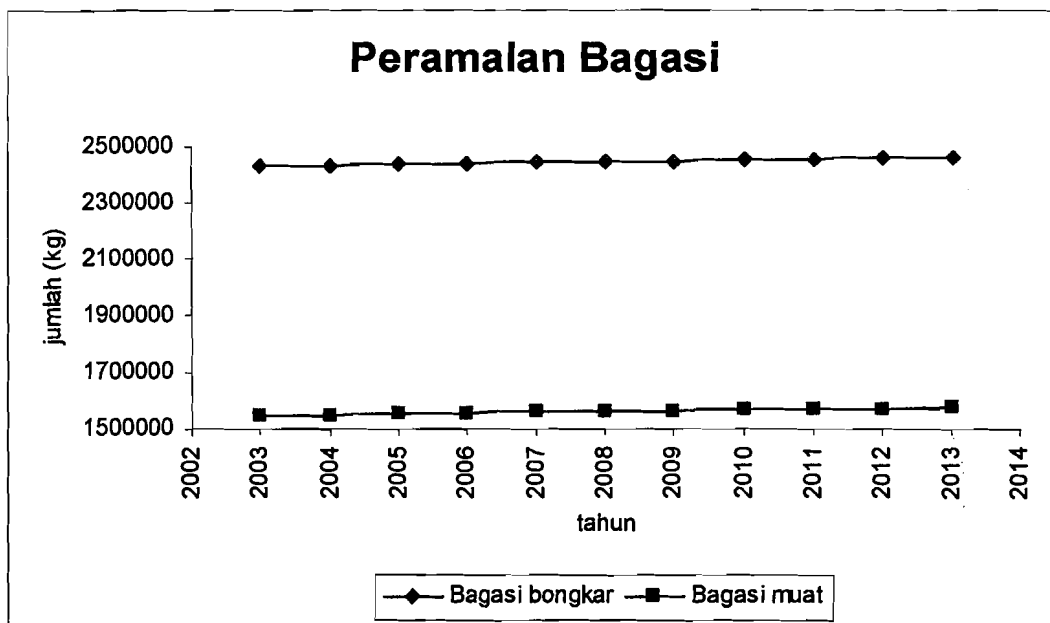
Tahun	Penumpang			Bagasi		Barang		Pos	
	datang	berangkat	transit	bongkar	muat	bongkar	muat	bongkar	muat
2003	302136	294324	29729	2430351	1544701	1235278	723236	245629	280735
2004	305332	297578	32983	2433605	1547956	1238533	726491	248884	283989
2005	308645	300832	36238	2436860	1551210	1241787	729745	252138	287244
2006	311899	304087	39492	2440114	1554465	1245042	733000	255392	290498
2007	315154	307341	42747	2443368	1557719	1248296	736254	258647	293752
2008	318408	310596	46001	2446623	1560973	1251550	739508	261901	297007
2009	321662	313850	49255	2449877	1564228	1254805	742763	265156	300261
2010	324917	317104	52510	2453132	1567482	1258059	746017	268410	303516
2011	328171	320359	55764	2456386	1570737	1261314	749272	271664	306770
2012	331426	323613	59019	2459640	1571008	1264568	752526	274919	310024
2013	334680	326868	62273	2462895	1577244	1267822	755780	278173	313279

Sumber: Hasil Analisis, 2003

Jumlah peramalan lalu lintas udara pada tabel 5.6 di atas di rangkum dalam bentuk grafik seperti pada gambar 5.1 untuk penumpang, gambar 5.2 untuk bagasi, gambar 5.3 untuk barang dan gambar 5.4 untuk pos, sebagai berikut.

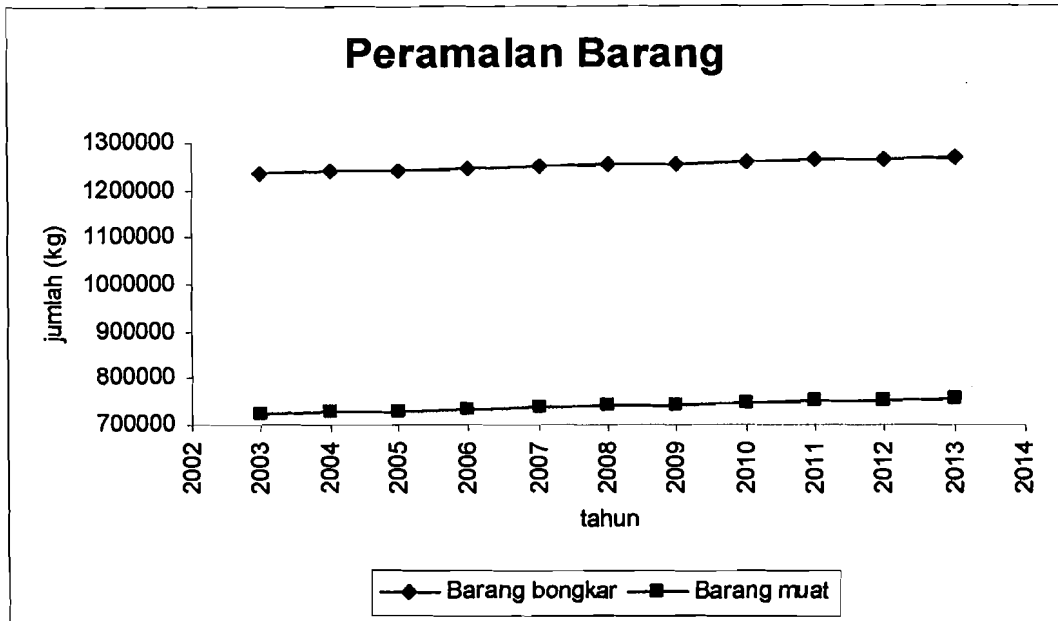


Gambar 5.1 Grafik lalu lintas peramalan penumpang.
(sumber: Olahan hasil analisis, 2003)

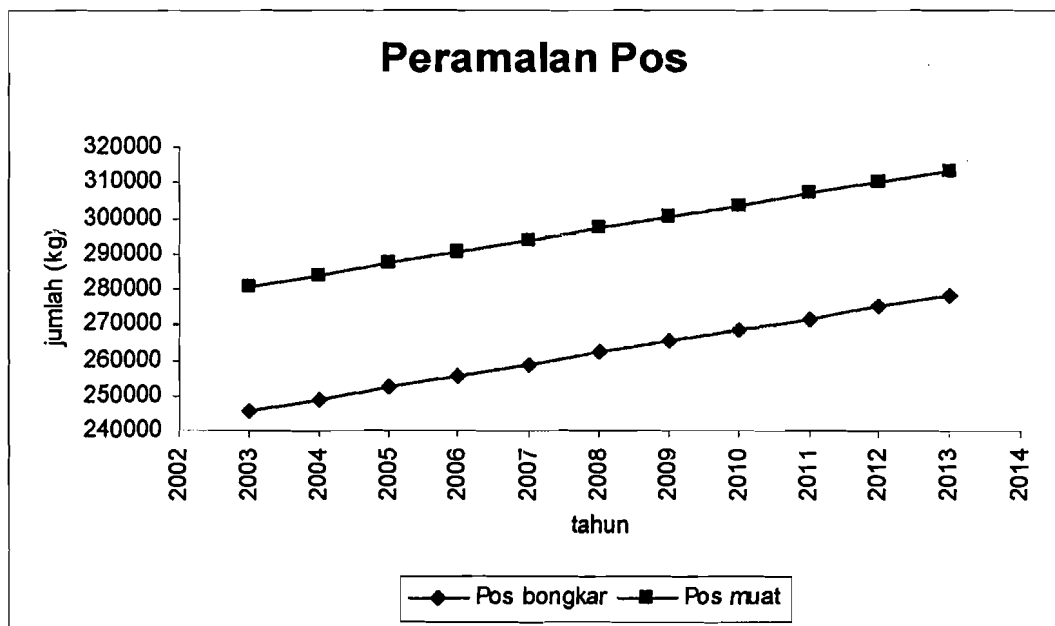


Gambar 5.2 Grafik lalu lintas peramalan bagasi
(sumber: Olahan hasil analisis, 2003)





Gambar 5.3 Grafik lalu lintas peramalan barang
(sumber: Olahan hasil analisis, 2003)



Gambar 5.4 Grafik lalu lintas peramalan pos
(sumber: Olahan hasil analisis, 2003)

Peramalan Setelah dilakukan analisis menggunakan dekomposisi di dapat sebagai berikut :

1. Peramalan penumpang

Peramalan jumlah penumpang yang datang, berangkat dan transit dapat di lihat pada Gambar 5.1, Peramalan dengan model dekomposisi mengalami kenaikan tetapi tidak terlalu besar hanya berkisar 1000 penumpang pertahun di dapat nilai penumpang pada tahun 2013 adalah untuk penumpang datang = 334680 orang, penumpang berangkat = 326868 orang dan penumpang transit = 62273 orang, Nilai ini dijadikan peramalan penumpang untuk tahun 2013.

2. Peramalan Bagasi

Peramalan jumlah bagasi yang datang dan berangkat dapat di lihat pada Gambar 5.2, Peramalan dengan model dekomposisi mengalami kenaikan tetapi tidak terlalu besar hanya berkisar 1000 pertahun di dapat nilai bagasi pada tahun 2013 adalah untuk bagasi datang = 2462895 kg dan bagasi berangkat = 1577244 kg. Nilai ini yang dijadikan nilai peramalan bagasi untuk tahun 2013.

3. Peramalan Barang

Peramalan jumlah barang yang datang dan berangkat dapat di lihat pada Gambar 5.3. Peramalan dengan model dekomposisi mengalami kenaikan tetapi tidak terlalu besar hanya berkisar 1000 pertahun di dapat nilai barang pada tahun 2013 adalah untuk barang datang = 1267822 kg dan barang berangkat = 755780 kg. Nilai ini yang dijadikan nilai peramalan barang untuk tahun 2013.

4. Peramalan Pos

Peramalan jumlah pos yang datang dan berangkat dapat di lihat pada Gambar 5.4. Peramalan dengan model dekomposisi mengalami kenaikan tetapi tidak terlalu besar hanya berkisar 1000 pertahun di dapat nilai pos pada tahun 2013 adalah untuk pos datang = 278173 kg dan pos berangkat = 575287 kg. Nilai ini yang dijadikan nilai peramalan pos untuk tahun 2013.

Perbedaan peramalan pos dengan peramalan pelayanan jasa lainnya yaitu pada pengguna jasa pos ini mengalami kenaikan yang tidak terlalu tinggi dibanding dengan pelayanan lain, hal ini dipengaruhi oleh perkembangan teknologi yang sangat cepat sehingga untuk melakukan komunikasi surat-menyurat tidak lagi harus menggunakan jasa Pos karena sudah tergantikan dengan fasilitas *e-mail* melalui internet, *small message service* (sms) dan *multimedia message service* (mms) melalui ponsel yang lebih mudah digunakan dan tidak terbatas waktu sehingga sangat mempengaruhi nilai jumlah pemakai jasa pos saat ini maupun tahun-tahun mendatang.

5.2 Volume Pesawat Terbang

Volume pesawat terbang yang di pakai untuk perancangan FAA sebagai pendekatan di ambil dari volume yang di dapat dari perbandingan antara lalu lintas penumpang berangkat pada tahun 2002 (438.477 orang) dengan jumlah pesawat yang beroperasi pada tahun 2002 (5.517 pesawat), dengan asumsi hasil perbandingan tersebut digunakan untuk mencari volume pesawat terbang tahun 2013 yang berdasarkan pada jumlah penumpang berangkat pada tahun 2013

(326.868 orang). Data volume pesawat untuk tahun 2002 adalah seperti pada tabel 5.9 berikut.

Tabel 5.9 Volume pesawat tahun 2002.

type pesawat	F 28	F-28 300	F-28 400	F 100	B-737 200	B-737 300	B-737 400	B-737 500	MD 82	jumlah
volume pesawat	552	61	220	152	172	2768	1397	24	171	5517

Sumber: PT Angkasa Pura I Jogjakarta, 2002

Persentase jumlah pesawat tiap tipe terhadap jumlah total pesawat di hitung menurut data jumlah pesawat pada tahun 2002. Hasil persentase tersebut di anggap tetap sampai tahun 2013. Perhitungan persentase pesawat adalah sebagai berikut,

$$\begin{aligned} \% \text{ pesawat F-28} &= \frac{\text{volume pesawat F - 28}}{\Sigma \text{ volume pesawat tahun 2002}} \times 100\% \\ &= \frac{552}{5517} \times 100\% \\ &= 10,01 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah penumpang pada pesawat type F-28} &= \% \text{ pesawat} \times \Sigma \text{ penumpang} \\ &= 10,01 \% \times 438.477 = 43.872 \text{ orang.} \end{aligned}$$

Untuk type pesawat yang lain di rangkum dalam tabel 5.10 berikut.

Tabel 5.10 Persentase berdasarkan type pesawat.

Type Pesawat	Volume Peesawat Berangkat Tahun 2002	% pesawat	Penumpang Berangkat tahun 2002
F-28	552	10,01	43872
F-28-300	61	1,11	4848
F-28-400	220	3,99	17485
F-100	152	2,76	12081
B-737-200	172	3,12	13670
B-737-300	2768	50,17	219994
B-737-400	1397	25,32	111030
B-737-500	24	0,44	1907
MD-82	171	3,10	13591
total	5517	100	438477

Sumber: Hasil analisis, 2003.

Jumlah penumpang berdasarkan type pesawat dapat di hitung dengan cara mengalikan total peramalan penumpang tahun 2013 (326.868 orang) dengan persentase tiap type pesawat yang di cari. Jumlah penumpang berdasarkan type pesawat dapat di hitung dengan cara sebagai berikut,

$$\begin{aligned} \text{Jumlah penumpang pesawat type F-28} &= \% \text{ pesawat} \times \Sigma \text{ penumpang tahun 2013} \\ &= 10,01 \% \times 326.868 = 32.705 \text{ orang} \end{aligned}$$

untuk jumlah penumpang dengan type pesawat terbang yang lain dapat di lihat pada tabel 5.11.

Volume pesawat per type untuk tahun 2013 di hitung dengan mengalikan hasil total ramalan penumpang berangkat pada tahun 2013 dengan volume pesawat tahun 2002 dan kemudian di bagi dengan jumlah penumpang pada tahun 2002. Volume pesawat terbang dapat di cari dengan persamaan 4.1 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Vol. pesawat berangkat th. 2013} &= \frac{\text{penumpang berangkat th 2013} \times \text{vol. pesawat berangkat th. 2002}}{\text{penumpang berangkat th.2002}} \\ &= \frac{326.868 \times 5.517}{438.477} = 3.727 \text{ pesawat.} \end{aligned}$$

Untuk mengetahui volume tiap type pesawat, dapat di cari dengan cara sebagai berikut,

Volume pesawat type F-28 =

$$\begin{aligned} &\frac{\text{penumpang berangkat th 2013 dgn pesawat type F - 28} \times \text{pesawat berangkat th. 2002 dgn pesawat type F - 28}}{\text{penumpang berangkat th.2002 dgn pesawat type F - 28}} \\ &= \frac{32.705 \times 552}{43.872} = 373 \text{ pesawat.} \end{aligned}$$

Volume pesawat terbang untuk tahun 2013 berdasarkan type pesawat dapat di lihat pada tabel 5.11 berikut.

Tabel 5.11 Volume pesawat tahun 2002 dan tahun 2013.

Type Pesawat	Volume Pesawat Berangkat Tahun 2002	Penumpang Berangkat tahun 2002	Penumpang Berangkat tahun 2013	Volume Pesawat Berangkat Tahun 2013
F-28	552	43872	32705	373
F-28-300	61	4848	3614	41
F-28-400	220	17485	13034	149
F-100	152	12081	9006	103
B-737-200	172	13670	10191	116
B-737-300	2768	219994	163997	1870
B-737-400	1397	111030	82769	944
B-737-500	24	1907	1422	16
MD-82	171	13591	10131	116
total	5517	438477	326868	3727

Sumber: Hasil analisis, 2003.

5.3 Metode Perancangan FAA

Metode perancangan lapis keras lentur landasan pacu dengan menggunakan metode FAA, dilakukan dengan langkah-langkah seperti pada gambar 3.1.

5.3.1 Pesawat Rencana

Pesawat di pilih dari pesawat yang beroperasi di bandar udara yang menghasilkan total EAD terbesar, sehingga di dapat ketebalan lapis keras terbesar. Pesawat rencana di ambil dari beberapa jenis pesawat yang memiliki frekwensi penerbangan yang besar. Jenis pesawat tersebut dapat di lihat pada tabel 5.12 berikut:

Tabel 5.12 Pemilihan pesawat rencana.

No	Jenis Pesawat	MTOW (kg)	Tipe Roda	Distribusi Main Gear (%)
1	F-28	29.484	DW	46,3
2	F-28-300	29.484	DW	46,3
3	F-28-400	29.484	DW	46,3
4	F-100	44.680	DW	47,8
5	B-737-200	45.722	DW	46,4
6	B-737-300	61.462	DW	45,9
7	B-737-400	64.864	DW	46,9
8	B-737-500	60.781	DW	46,1
9	MD-82	68.266	DW	47,6

(DW : Dual Wheel)

Sumber: FAA

5.3.2 Menentukan EAD Pesawat Campuran (R_2)

Setiap roda pendaratan utama pesawat campuran dikonversikan terlebih dahulu ketipe roda pendaratan utama pesawat rencana, dengan cara mengikuti tabel 3.1. hasil konversi ketipe roda pendaratan utama pesawat rencana, dapat di lihat dalam tabel 5.13 berikut:

Tabel 5.13 Konversi ketipe roda pendaratan utama pesawat rencana.

No	Jenis Pesawat	Tipe Roda	Tipe Roda Konversi	Faktor Konversi	Pergerakan Tahun 2013	Pergerakan Konversi (R_2)
1	F-28	DW	DW	1,0	373	373
2	F-28-300	DW	DW	1,0	41	41
3	F-28-400	DW	DW	1,0	149	149
4	F-100	DW	DW	1,0	103	103
5	B-737-200	DW	DW	1,0	116	116
6	B-737-300	DW	DW	1,0	1870	1870
7	B-737-400	DW	DW	1,0	944	944
8	B-737-500	DW	DW	1,0	16	16
9	MD-82	DW	DW	1,0	116	116

Sumber: Hasil analisis, 2003

5.3.3 Menentukan Beban Roda Pesawat W_1 dan W_2

Beban roda pesawat rencana (W_1) dan pesawat campuran (W_2) di dapat dengan menggunakan persamaan 3.19 dan 3.20. Dari tabel 5.6 di dapat data karakteristik untuk semua jenis pesawat. Beban roda yang di dapat sebagai berikut:

1. Pesawat rencana:

a. **B-737-300**

$$W_1 = 46,3 \% \times 61.462 \times \frac{1}{2} = 14.105,529 \text{ kg}$$

b. **B-737-400**

$$W_1 = 46,3 \% \times 64.864 \times \frac{1}{2} = 15.210,608 \text{ kg}$$

c. **MD-82**

$$W_1 = 47,6 \% \times 68.266 \times \frac{1}{2} = 16.247,31 \text{ kg}$$

Pesawat rencana tersebut diambil berdasarkan nilai MTOW (maximum take off weigh) yang terbesar dari semua jenis pesawat, dan untuk tipe pesawat yang lain, di rangkum dalam lampiran 8.

2. Pesawat campuran

a. **F-28**

$$W_2 = 46,3 \times 29.484 \times \frac{1}{2} = 6.825,546 \text{ kg}$$

b. **F-28-300**

$$W_2 = 46,3 \times 29.484 \times \frac{1}{2} = 6.825,546 \text{ kg}$$

c. **F-28-400**

$$W_2 = 46,3 \times 29.484 \times \frac{1}{2} = 6.825,546 \text{ kg}$$

d. **F-100**

$$W_2 = 47,8 \times 44.680 \times \frac{1}{2} = 10.678,52 \text{ kg}$$

e. **B-737-200**

$$W_2 = 46,4 \times 45.722 \times \frac{1}{2} = 10.607,504 \text{ kg}$$

f. **B-737-300**

$$W_2 = 46,3 \times 61.462 \times \frac{1}{2} = 14.105,529 \text{ kg}$$

g. **B-737-400**

$$W_2 = 46,3 \times 64.864 \times \frac{1}{2} = 15.210,608 \text{ kg}$$

h. **B-737-500**

$$W_2 = 46,1 \times 60.781 \times \frac{1}{2} = 14.010,0205 \text{ kg}$$

i. **MD-82**

$$W_2 = 47,6 \times 68.266 \times \frac{1}{2} = 16.247,308 \text{ kg}$$

Untuk hitungan beban roda pesawat rencana dan campuran di rangkum dalam tabel 5.14.

5.3.4 Menentukan EAD (R_1)

EAD pesawat rencana (R_1), di dapat dengan menggunakan persamaan 3.18. Hitungan EAD pesawat rencana (R_1) untuk semua pesawat campuran (R_2) adalah sebagai berikut:

- a. Equivalent Annual Departures pesawat rencana **B-737-300** (R_1), untuk pesawat campuran **B-737-300** ($R_2= 5689$) adalah sebagai berikut:

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

$$\text{Log } R_1 = \text{Log } 5689 \times \left[\frac{14105,53}{14105,53} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{Log } R_1 = 3,755$$

$$R_1 = 10^{3,755} = 5689$$

- b. Equivalent Annual Departures pesawat rencana **B-737-300** (R_1), untuk pesawat campuran **F-28** ($R_2= 511$) adalah sebagai berikut:

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

$$\text{Log } R_1 = \text{Log } 1135 \times \left[\frac{6825,546}{14105,53} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{Log } R_1 = 2.12513$$

$$R_1 = 10^{2,12513} = 133,39076$$

EAD pesawat rencana untuk semua pesawat campur di rangkum dalam tabel 5.14 berikut:

Tabel 5.14 Perhitungan EAD pesawat rencana

no.	Pesawat Rencana	Pesawat Campur	MTOW (kg)	MG	W1	W2	R2	R1
1	B-737-300	F-28	29484	0.463	14105.529	6825.546	373	61
		F-28-300	29484	0.463	14105.529	6825.546	41	13
		F-28-400	29484	0.463	14105.529	6825.546	149	32
		F-100	44680	0.478	14105.529	10678.520	103	56
		B-737-200	45722	0.464	14105.529	10607.504	116	62
		B-737-300	61462	0.459	14105.529	14105.529	1870	1870
		B-737-400	64864	0.469	14105.529	15210.608	944	1228
		B-737-500	60781	0.461	14105.529	14010.021	16	16
		MD-82	68266	0.476	14105.529	16247.308	116	164
						$\Sigma R1$	3502	
2	B-737-400	F-28	29484	0.463	15210.608	6825.546	373	53
		F-28-300	29484	0.463	15210.608	6825.546	41	12
		F-28-400	29484	0.463	15210.608	6825.546	149	29
		F-100	44680	0.478	15210.608	10678.520	103	48
		B-737-200	45722	0.464	15210.608	10607.504	116	53
		B-737-300	61462	0.459	15210.608	14105.529	1870	1415
		B-737-400	64864	0.469	15210.608	15210.608	944	944
		B-737-500	60781	0.461	15210.608	14010.021	16	14
		MD-82	68266	0.476	15210.608	16247.308	116	135
						$\Sigma R1$	2703	
3	MD-82	F-28	29484	0.463	16247.308	6825.546	373	46
		F-28-300	29484	0.463	16247.308	6825.546	41	11
		F-28-400	29484	0.463	16247.308	6825.546	149	26
		F-100	44680	0.478	16247.308	10678.520	103	43
		B-737-200	45722	0.464	16247.308	10607.504	116	47
		B-737-300	61462	0.459	16247.308	14105.529	1870	1118
		B-737-400	64864	0.469	16247.308	15210.608	944	756
		B-737-500	60781	0.461	16247.308	14010.021	16	13
		MD-82	68266	0.476	16247.308	16247.308	116	116
						$\Sigma R1$	2175	

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

Hasil perhitungan EAD pesawat terbang untuk tipe pesawat secara keseluruhan dapat di lihat pada lampiran 8.

5.3.5 Menentukan Tebal Lapis Keras

Dari tabel 5.12 dan 5.14, di dapat data perancangan untuk metode FAA sebagai berikut:

1. Jenis pesawat rencana B-737-300

- a. MTOW = 61.462 kg = 135.498,2363 lbs
- b. Total EAD = 3.502 pesawat.
- c. Nilai CBR *subgrade* 6%, CBR *subbase course* 25%, CBR *base course* 80%

Dengan memasukkan nilai CBR *subgrade* 6% dan EAD sebesar 3.502 pesawat pada lampiran 1, maka di dapat tebal total lapis keras rencana sebesar:

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

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

$$= [30 + (15\% \times 30)] \times 2,54 = 87,63 \text{ cm} \sim 87,7 \text{ cm}$$

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

Tebal *base course* dapat dengan cara memasukkan data CBR *sub base course* 25% dan total EAD sebesar 3.502 pesawat pada lampiran 1, maka di dapat tebal *surface course* dan *base course* sebesar:

$$H_1 + H_2 = 11 \text{ in} + [(15\% \times H_1 + H_2)]$$

$$= [11 + (15\% \times 11)] \times 2,54 = 32,131 \text{ cm} \sim 32,2 \text{ cm}$$

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

$$H_2 = 32,2 - 10,5 = 21,7 \text{ cm}$$

Kontrol tebal *basecourse* minimum digunakan lampiran 2, maka di dapat tebal *base course* minimum sebesar:

$$H_2 = 11,4 \text{ in}$$

$$= 11,4 \times 2,54 = 28,956 \text{ cm} \sim 29 \text{ cm} > 21,7 \text{ cm}$$

di pakai tebal *base course* = 29 cm

setelah tebal *surface course* dan *base course* di dapat, maka tebal *sub base course* di dapat dari;

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

$$= 87,7 - (10,5 + 29) = 48,2 \text{ cm}$$

2. Perhitungan jenis pesawat rencana B-737-400, dan MD-82 yang telah ditambah dengan angka aman sebesar 15% dari total perkerasan, hasilnya terangkum dalam tabel 5.15 berikut.

Tabel 5.15 Tebal lapis keras lentur berdasarkan pesawat rencana.

Lapisan	Jenis Pesawat Rencana		
	B - 737 - 300	B - 737 - 400	MD - 82
Surface Course (H_1) cm	10,5	10,5	10,5
Base Course (H_2) cm	29	29,8	29,3
Sub Base Course (H_3) cm	48,2	51,2	49,3
Tebal total (cm)	87,7	91,5	89,1

Sumber: Hasil analisis, 2003

Tebal lapis keras lentur untuk masing-masing lapisan berdasarkan semua tipe pesawat dapat di lihat pada lampiran 9.

5.3.6 Hasil Akhir Tebal Lapis Keras Metode FAA

Berdasarkan tabel 5.15, dapat di lihat bahwa pesawat jenis B-737-400 membutuhkan lapis perkerasan lentur yang lebih tebal, sehingga pesawat B-737-400 di pakal sebagai pesawat rencana yang sesungguhnya.

5.3.7 Perbandingan Tebal Lapis Keras Lentur *Runway* yang Ada

Dari hasil analisis lapis keras lentur pada tabel 5.15, dilakukan perbandingan terhadap tebal lapis keras *runway* yang ada. Perbandingan tersebut dapat di lihat pada tabel 5.16 berikut ini:

Tabel 5.16 Perbandingan tebal lapis keras lentur *runway*.

Lapisan	Tebal <i>runway</i> yang Ada (cm)	Tebal <i>runway</i> Hasil Analisis (cm)
Surface Course	17,5	10,5
Base Course	30	29,8
Sub Base Course	45	51,2
Total perkerasan	92,5	91,5

Sumber: Hasil analisis, 2003.

Dari tabel 5.16 di atas, dapat di lihat bahwa tebal lapis keras lentur *runway* yang ada sekarang masih mampu mendukung beban lalu lintas udara sampai dengan tahun 2013 mendatang, karena ketebalan yang ada sebesar 92,5 cm dan kebutuhan pada tahun 2013 mendatang adalah sebesar 91,5 cm.

Berdasarkan kondisi tebal perkerasan yang ada sekarang (92,5 cm), dilakukan analisis perhitungan untuk menghitung kondisi perkerasan yang mampu menahan beban pada tahun tertentu. Dengan cara *trial* di dapat kondisi kritis adalah pada tahun 2018. Untuk perhitungan ketebalan tersebut di pakai pesawat rencana yakni pesawat B-737-400 (sesuai hasil analisis) dan pesawat B-737-300 (pesawat rencana ketika perencanaan peningkatan ketebalan *runway* bandara Adisucipto). EAD dari kedua jenis pesawat tersebut untuk tahun 2018 terangkum dalam tabel 5.17 berikut,

Tabel 5.17 EAD pesawat rencana untuk tahun 2018.

no.	Pesawat Rencana	Pesawat Campur	MTOW (kg)	MG	W1	W2	R2	R1
1	B-737-300	F-28	29484	0.463	14105.529	6825.546	391	64
		F-28-300	29484	0.463	14105.529	6825.546	43	14
		F-28-400	29484	0.463	14105.529	6825.546	156	34
		F-100	44680	0.478	14105.529	10678.520	108	59
		B-737-200	45722	0.464	14105.529	10607.504	122	64
		B-737-300	61462	0.459	14105.529	14105.529	1963	1963
		B-737-400	64864	0.469	14105.529	15210.608	991	1291
		B-737-500	60781	0.461	14105.529	14010.021	17	17
		MD-82	68266	0.476	14105.529	16247.308	121	172
2	B-737-400	F-28	29484	0.463	15210.608	6825.546	391	55
		F-28-300	29484	0.463	15210.608	6825.546	43	12
		F-28-400	29484	0.463	15210.608	6825.546	156	29
		F-100	44680	0.478	15210.608	10678.520	108	50
		B-737-200	45722	0.464	15210.608	10607.504	122	55
		B-737-300	61462	0.459	15210.608	14105.529	1963	1483
		B-737-400	64864	0.469	15210.608	15210.608	991	991
		B-737-500	60781	0.461	15210.608	14010.021	17	15
		MD-82	68266	0.476	15210.608	16247.308	121	142

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

Berdasarkan tabel 5.17, di dapat tebal untuk masing-masing lapisan dari kedua pesawat rencana yang terangkum dalam tabel 5.18 berikut,

Tabel 5.12 Tebal lapis keras lentur berdasarkan pesawat rencana untuk tahun 2018.

Lapisan	Jenis Pesawat Rencana	
	B - 737 - 300	B - 737 - 400
Surface Course (H_1) cm	10,5	10,5
Base Course (H_2) cm	29,5	30,5
Sub Base Course (H_3) cm	48,5	51,5
Tebal total (cm)	88,5	92,5

Sumber: Hasil analisis, 2003

Dari tabel 5.12 dapat disimpulkan bahwa ketebalan yang ada sekarang hanya mampu menahan beban lalu lintas udara sampai dengan tahun 2018 dengan pesawat rencana B-737-400.

5.3.8 Pembahasan Perkerasan

Pesawat rencana yang digunakan adalah pesawat yang menghasilkan ketebalan *runway* yang terbesar, pesawat rencana mempertimbangkan nilai EAD, MTOW dan frekwensi penerbangan. Pesawat rencana tersebut adalah pesawat B-737-400, pesawat B-737-400 digunakan karena nilai EAD, MTOW dan frekwensi penerbangan yang dihasilkan dan dibandingkan dengan jenis pesawat rencana lainnya menghasilkan ketebalan yang paling besar, analisisnya dapat di lihat pada tabel 5.15 dimana hasil ketebalan berbeda pada lapisan *Base Course* dan *Sub Base Course*.

Pesawat rencana yang digunakan pada saat perencanaan peningkatan tebal lapis keras *runway* bandara Adisucipto menggunakan pesawat B-737-300. Berbeda dengan hasil analisis yang menggunakan pesawat B-737-400 karena berdasarkan perhitungan dari pesawat tersebut menghasilkan tebal perkerasan yang lebih besar dari pesawat B-737-300.

Ketebalan perkerasan yang di dapat dari hasil analisis dan ketebalan yang ada sekarang mempunyai perbedaan dalam pemakaian metode perhitungan perkerasan yaitu metode FAA yang di pakai untuk analisis perkerasan dan metode CBR yang di pakai perencana untuk merancang perkerasan bandara Adisucipto.

Berdasarkan kondisi tebal perkerasan dan jumlah lalu lintas yang ada, penambahan tebal perkerasan dapat dilakukan pada tahun 2018. Hal ini dikarenakan bahwa pada tahun tersebut, dari hasil analisis dengan metode FAA di dapat tebal total sebesar 92,5 cm dengan pesawat rencana B-737-400. Angka tersebut sama dengan tebal total lapis keras yang ada sekarang (92,5 cm).

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan peramalan pengguna jasa penerbangan dan analisis tebal lapis keras lentur *runway* bandar udara Adisucipto, dapat disimpulkan bahwa:

1. Jumlah pengguna jasa transportasi udara sebelum tahun 2003 sangat bervariasi, hal ini disebabkan oleh faktor kecenderungan untuk menggunakan jasa penerbangan dan faktor per-ekonomian yang terjadi pada tiap tahun yang berbeda-beda pula.
2. Volume lalu lintas bandar udara Adisucipto untuk tahun 2002 adalah sebesar 5.517 pesawat dari jenis pesawat Boing (737-200, 737-300, 737-400 dan 737-500), pesawat Foker (F-28, F-28-300, F-28-400 dan F-100) dan pesawat MD-82
3. Angka pertumbuhan lalu lintas udara sampai dengan tahun 2013 adalah tetap.
4. Volume lalu lintas udara untuk tahun 2013 adalah sebesar 3727 pesawat dengan jenis pesawat yang sama dengan pesawat yang beroperasi pada tahun 2002.
5. Kebutuhan tebal struktur lapis keras lentur untuk tahun 2013 adalah sebesar 104 cm dengan pesawat B-737-400 sebagai pesawat rencana, dibandingkan dengan tebal struktur yang ada sekarang (92,5 cm), tidak perlu dilakukan penambahan perkerasan untuk menampung beban lalu lintas udara pada tahun 2013 mendatang.

6.2 Saran

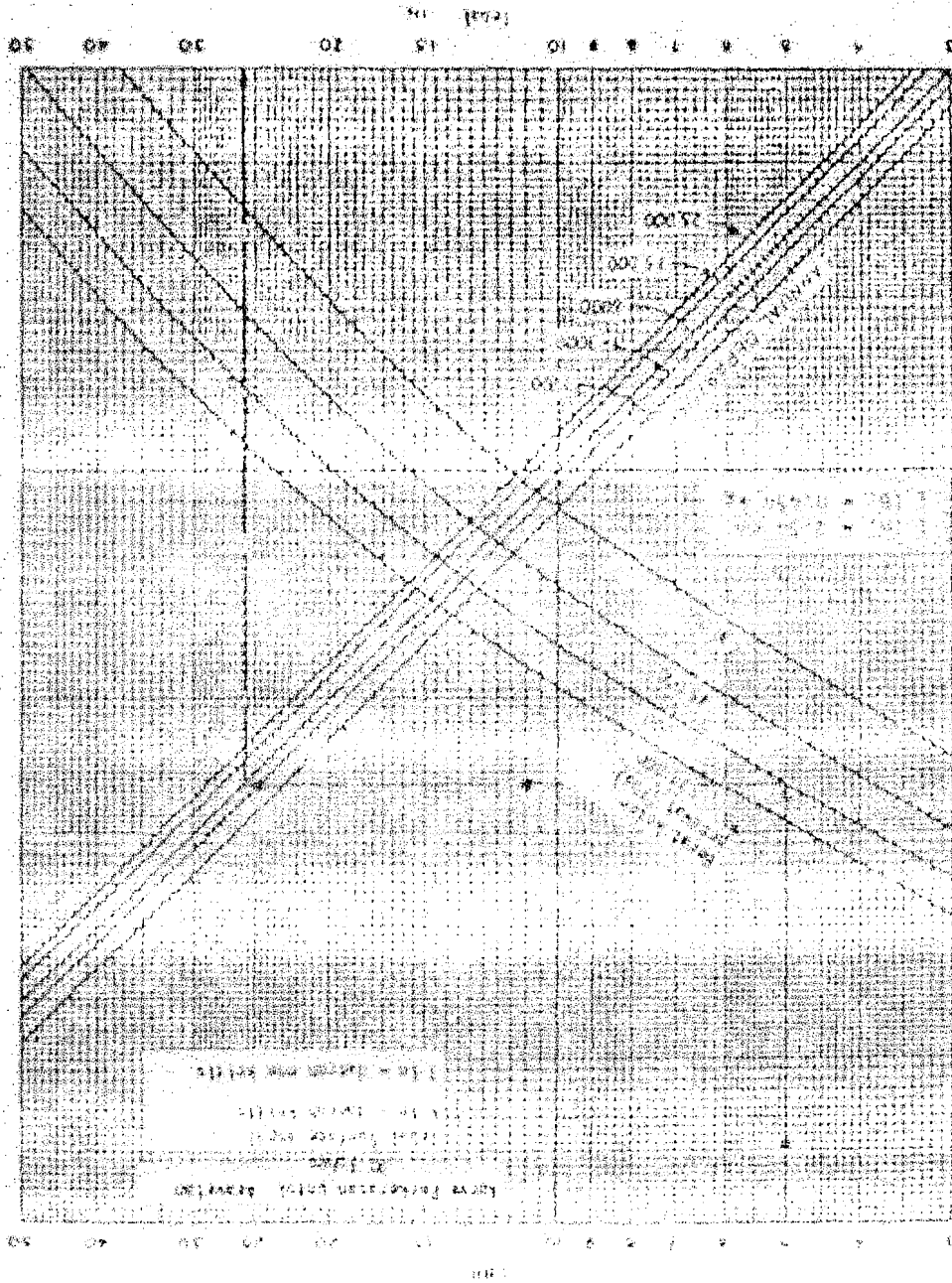
Hasil analisis yang di dapat menunjukkan bahwa pada tahun 2013 tidak perlu ada penambahan terhadap ketebalan lapis keras lentur, ketebalan lapis keras lentur pada tahun 2013 masih dapat menerima beban volume lalu lintas yang terjadi, ketebalan lapis keras lentur yang ada sekarang pada bandar Adisucipto yakni 92,5 cm (pesawat rencana B-737-300) masih dapat menampung volume lalu lintas sampai tahun keritisnya yaitu 2018 dengan ketebalan sebesar 92,5 cm (pesawat rencana B-737-400), dengan demikian lapis keras lentur *runway* bandar udara Adisucipto yang ada sekarang ini tidak perlu dilakukan penambahan ketebalan untuk menampung volume lalu lintas udara.

DAFTAR PUSTAKA

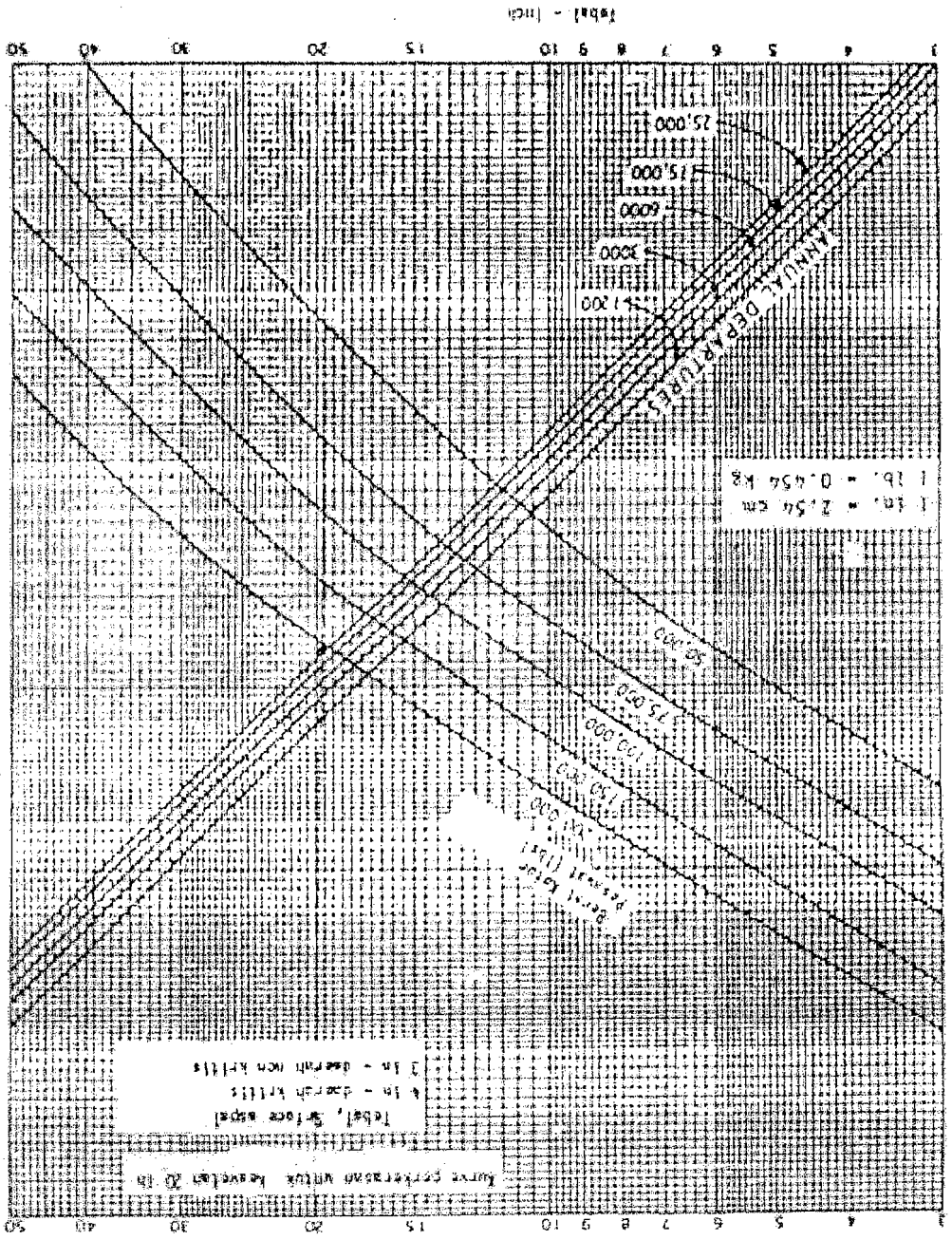
1. Basuki, Heru, 1990, *Merancang Merencanakan Lapangan Terbang*, Alumni, Bandung.
2. Dirhan Putra, Pranoto, 1998, *Lalu Lintas Dan Landasan Pacu Bandara Udara*, Universitas Atma Jaya, Jogjakarta.
3. Fauziah, Miftahul, 1999, *Diktat Kuliah Lapangan Terbang*, Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.
4. Hadi, Sutrisno, 1986, *Statistik*, Andi Offset, Jogjakarta.
5. Horonjeff, Robert & McKelvey, Francis X, 1988, *Perencanaan dan Perancangan Bandar Udara*, Erlangga, Jakarta.
6. ICAO, 1983, *Aerodrome Design Manual: Part 3 Pavements*, 2nd Edition.
7. Mustafa E, Zaenal, 1984, *Pengantar Statistik Dalam Ringkasan dan Tanya Jawab*, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.
8. Pasanibu, Amudi, 1983, *Pengantar Statistik*, Ghalia Indonesia, Jakarta.
9. Warpani, Suwardjoko, 1990, *Merencanakan Sistem Perangkutan*, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
10. _____, 1990 – 2002, *Data Statistik DI. Yogyakarta*, Badan Pusat Statistik, Yogyakarta
11. _____, 1994, *Rencana Pengembangan Bandar Udara Adisucipto*, Departemen Perhubungan Provinsi DI. Yogyakarta, Yogyakarta.

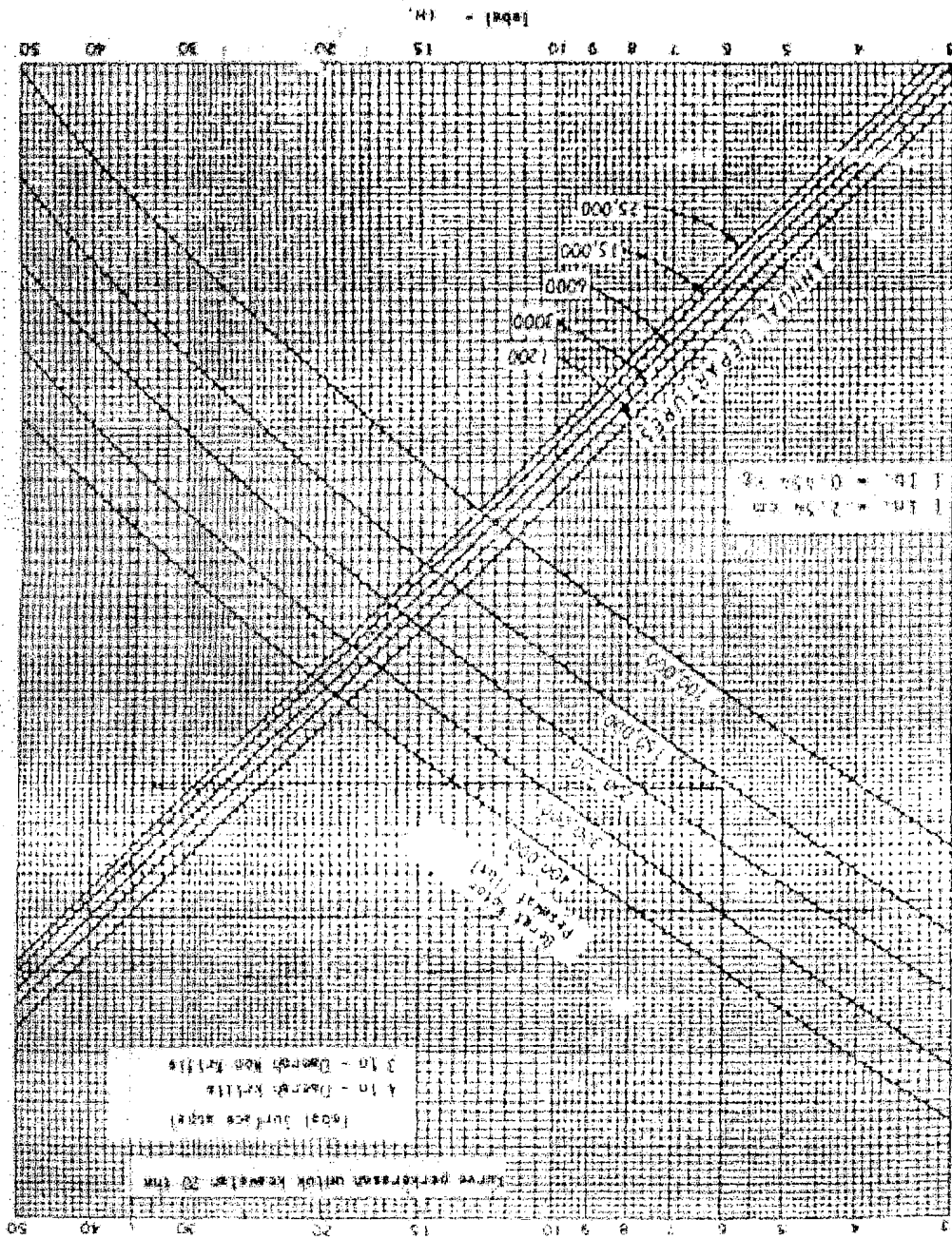
Lampiran - lampiran

Gambar kurva rencana perkerasan flexible, untuk daerah kritis Single wheel gear (sumber: FAA)

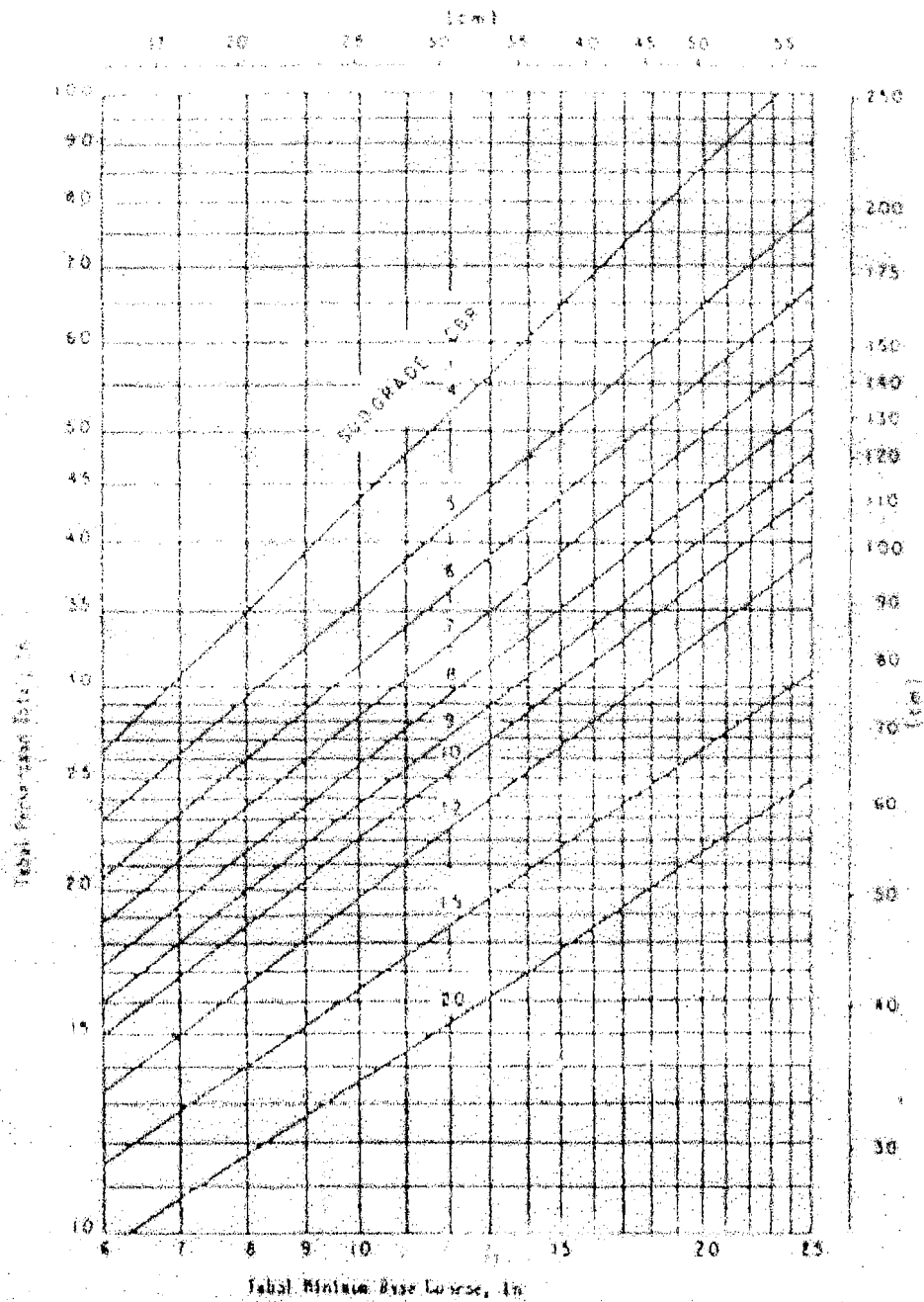


Gambar kurva rencana perkerasan flexible, untuk daerah kritis Dual wheel gear (sumber: FAA)

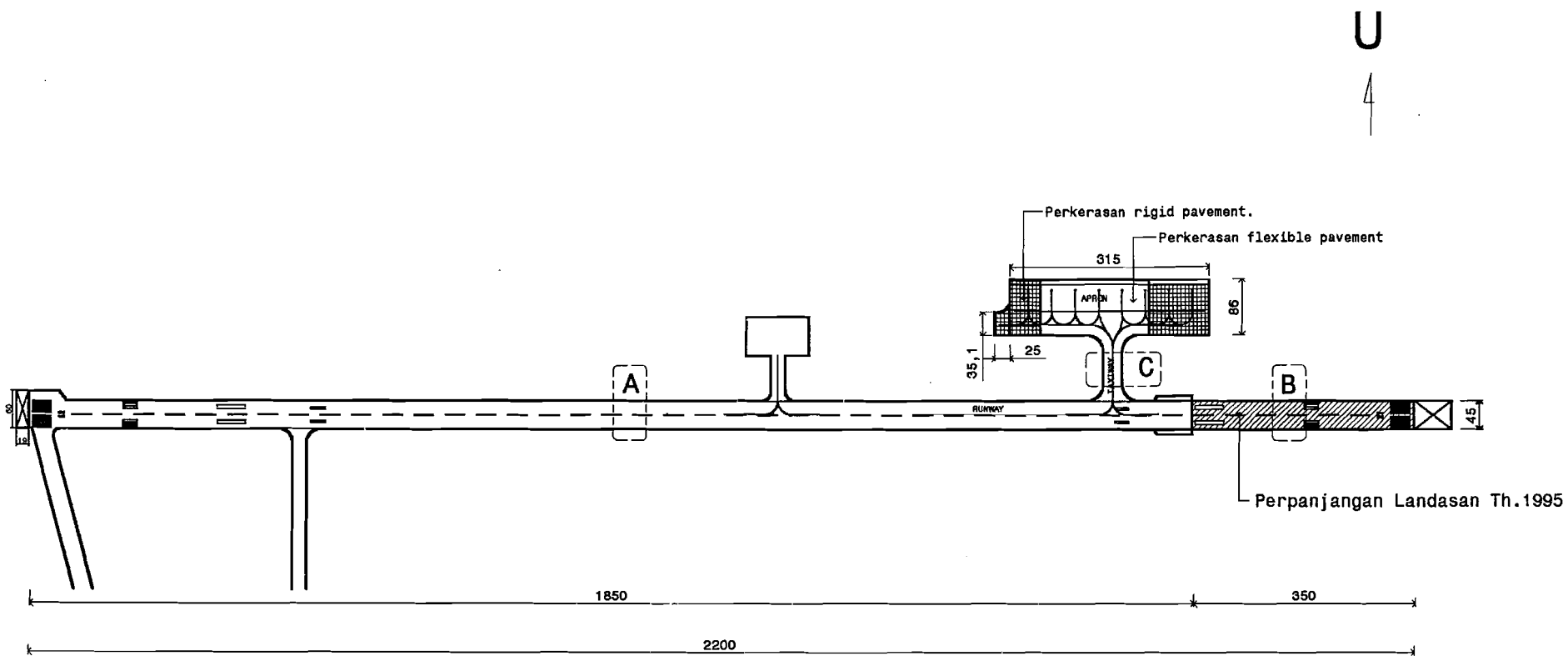




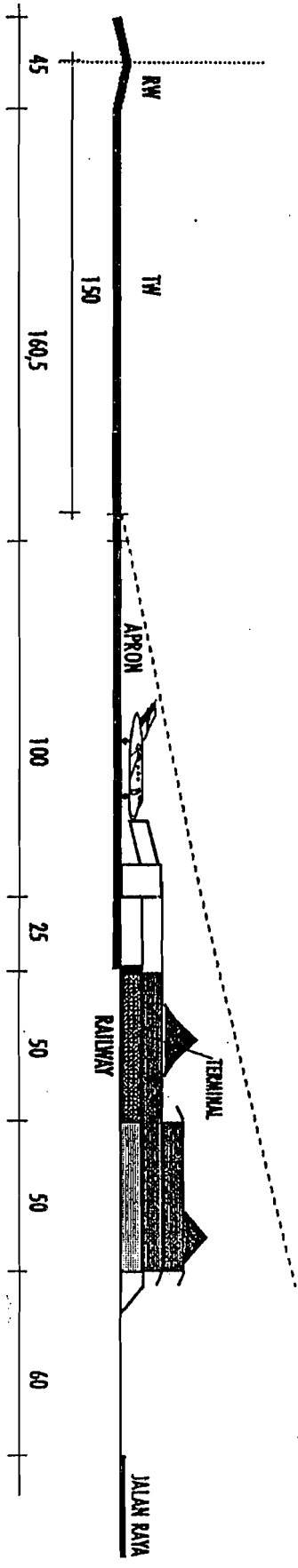
Gambar kurva rencana perkerasan flexible, untuk daerah kritis Dual tandem gear (sumber: FAA)



Gambar kurva control tebal minimum *Base Course* yang diperlukan pada perancangan lapis keras lentur metode FAA (Sumber : FAA)



GB. SITUASI LANDASAN

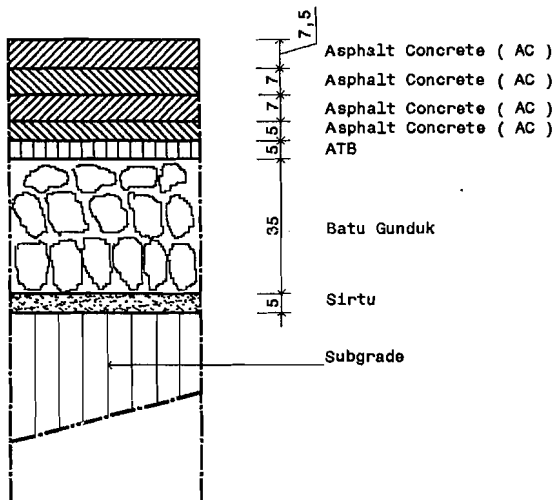


Gambar 3. POTONGAN MELINTANG
 Skala 1 : 2000

Data Landasan Pacu Bandar Udara Adisucipto Jogjakarta

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

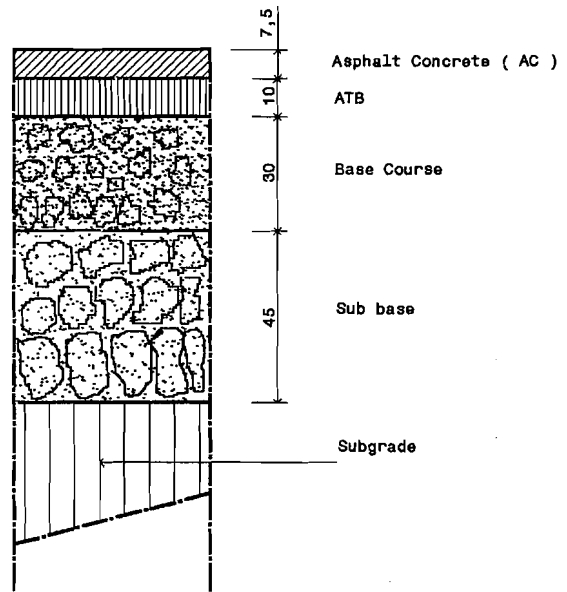
Sumber: PT. (persero) Angkasa Pura I



DETAIL PERKERASAN LANDASAN



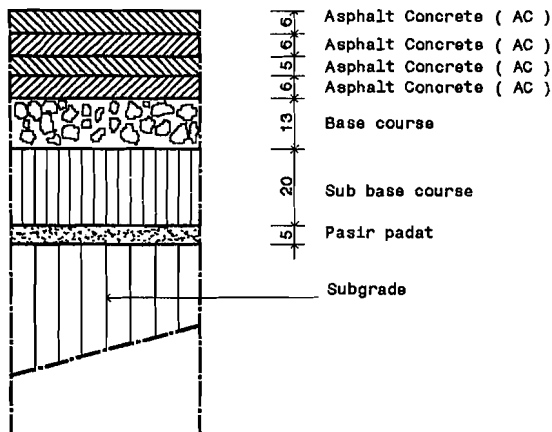
Skala : 1 : 20



DETAIL PERKERASAN LANDASAN



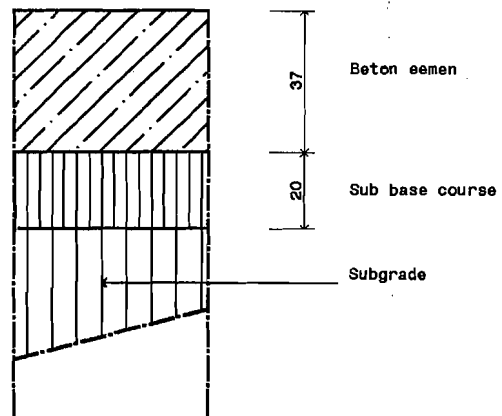
Skala : 1 : 20



DETAIL PERKERASAN TAXIWAY



Skala : 1 : 20



DETAIL PERKERASAN APRON RIGID



Skala : 1 : 20

STRUKTUR LAPISAN PERK. LANDASAN, T/W DAN APRON

**Data Bulanan Lalu Lintas Pengguna Jasa Transportasi Udara Bandara Adisucipto
Tahun 1993 – 2002**

Penumpang datang

bulan	tahun									
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
januari	29588	37175	46508	87890	41729	38268	19321	23207	29235	31359
februari	31834	39996	47191	110764	57787	31381	15781	18037	22440	24359
maret	37425	47021	50430	103532	53378	22689	16699	19775	28520	32601
april	30887	38807	89982	46592	45821	23731	16062	19228	25218	29727
mei	33082	41564	129534	97904	40696	16564	15330	20912	26941	33907
juni	36257	45553	46596	107972	54120	13731	15012	22995	31084	34655
juli	42929	53936	58204	118764	64249	22140	20910	28198	36749	41385
agustus	43653	54846	56350	113558	57216	22016	19661	25467	33938	39198
september	37575	47209	48453	98824	48477	17063	17837	25379	32465	39180
oktober	38106	47876	52749	105110	39966	18500	17690	26331	33267	46222
november	35349	44412	46096	95376	39554	15327	17340	27284	25768	35959
desember	36473	45825	50948	105458	42101	17450	17353	28370	38325	59770
total	433158	544220	723041	1191542	585134	258860	208996	285183	363950	448322

Penumpang berangkat

bulan	tahun									
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
januari	33216	39016	43833	93392	44305	32277	17211	20258	29596	31909
februari	32598	39177	44317	94800	53080	35121	15376	17381	22823	23379
maret	35031	44879	47763	106296	53847	23102	16089	19596	27804	31646
april	31365	41056	85711.5	48859	48175	22737	15572	19384	26035	28668
mei	39130	41567	123660	95152	40527	17385	15436	20429	26651	33630
juni	33118	43616	42956	103228	49955	12164	13120	21957	29301	34467
juli	41963	55083	58611	120628	64400	21457	19568	27721	37289	39685
agustus	39949	55975	56263	115488	57154	21327	19637	26194	33000	38068
september	36157	46715	47091	109449	49122	16665	17033	24823	33629	38423
oktober	36251	48835	52850	103410	40127	17930	16854	25946	31786	46198
november	32629	45622	46976	92968	39679	14818	19109	27069	25352	33988
desember	36164	43349	47982	100374	41131	16174	16310	24074	35185	58416
total	427571	544890	698013.5	1182042	579502	251157	201315	274832	358251	438477

Penumpang transit

bulan	tahun									
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
januari	2521	3271	3092	5144	2704	4671	8888	3324	6464	3614
februari	2052	2662	2836	5686	3080	4324	3421	2244	5088	2290
maret	2618	3396	4303	6544	2381	4265	8126	2908	8027	3296
april	1836	2382	7361	3190	3428	4222	7980	2774	8065	3243
mei	1915	2484	10419	7410	3273	2914	16066	2598	8831	2897
juni	2356	3056	4396	8062	2885	2660	23158	3124	8420	3112
juli	2527	3278	4994	8814	3290	4429	8964	3583	9353	3562
agustus	3119	4048	5182	7096	3453	4448	4481	3483	8707	3635
september	2370	3075	3605	6600	3373	3621	4481	3061	7039	2687
oktober	4569	5928	3585	7450	4061	4470	4481	4771	7982	3370
november	3518	4564	3195	7644	3433	3600	3231	6481	3319	2837
desember	3504	4547	3211	5746	4162	4127	3479	6160	4064	4318
total	32905	42689	56779	79386	39523	47749	96756	44511	84359	38861

Bagasi (datang/bongkar)

bulan	tahun									
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
januari	188139	103385	226972	578520	300514	111420	186987	201469	240843	307124
februari	193357	106252	318616	797252	447904	75707	134650	147328	173380	208344
maret	195561	107463	315305	722450	386366	176111	142349	150901	232491	279225
april	164373	90325	622705	213588	327484	197564	142950	158235	211412	246296
mei	203495	111823	930105	694192	301906	138738	135712	169876	204923	270731
juni	251090	137977	327609	759076	389300	139768	143136	190502	253198	298599
juli	268593	147595	449853	890306	492218	203885	195854	253439	325317	363391
agustus	240604	132215	439580	861888	440481	198076	200705	232937	284855	358270
september	235412	129362	349129	723462	366166	155360	170229	201512	269880	351073
oktober	239787	131766	375503	799370	305333	158997	154482	203163	259172	379213
november	243090	133581	324578	664288	265578	137860	148513	204814	216588	304505
desember	246267	135327	338905	726446	300971	153522	160023	265398	370141	533944
	2669768	1467071	5018659.5	8430838	4324221	1847008	1915590	2379574	3042200	3900715

Bagasi (Berangkat/muat)

bulan	tahun									
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
januari	144865	37224	182719	691018	321877	277915	153604	187595	260416	295305
februari	206202	52985	302507	738520	394989	298738	137845	147215	184005	204346
maret	179875	46220	327098	778444	420148	199098	139120	152908	221968	271883
april	188254	48373	780085	354972	369857	200207	138141	167289	204175	248606
mei	206448	53048	1233072	700168	320296	169848	138534	164500	222257	267683
juni	216659	55672	320970	766302	382725	101561	115017	173724	249920	280151
juli	214079	55009	496215	984152	540697	187127	178645	245502	343168	364780
agustus	213748	54924	458614	948934	497678	198479	193400	224401	277617	342711
september	255117	65554	370093	787470	423701	145694	160817	202920	277553	339192
oktober	248898	63956	409036	841664	320707	160505	1051640	215217	270891	401251
november	229533	58980	363336	734932	301654	133505	154508	227514	223476	302807
desember	244911	62931	357283	75240	330604	147564	145443	199296	316884	505117
	2548589	654876	5601028	8401816	4624931	2220241	2706714	2308081	3052330	3823832

Barang (datang/bongkar)

bulan	tahun									
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
januari	41257	220742	150564	312044	191660	111420	66935	67973	89528	117890
februari	45612	244045	13330	318568	156103	75707	60338	69990	88854	106781
maret	52048	278478	132528	321700	179089	81951	72360	81830	102761	121456
april	43154	230890	265332	143235	184632	78872	71475	81272	116509	131777
mei	44634	238811	398136	291288	201446	76630	72200	80961	117781	150870
juni	49959	267301	139608	310226	215350	85378	69796	79528	120532	141807
juli	66253	354482	137302	326564	200775	83096	74577	85030	117756	142083
agustus	71229	381106	133048	323418	208985	81073	66323	80536	113401	145162
september	60206	322129	140300	344298	139106	77488	70994	79732	117086	153805
oktober	60128	321712	137874	361678	139500	161316	71100	88104	117637	161134
november	53688	287255	152860	352442	132847	72390	67668	96478	117627	160067
desember	53790	287797	151695	357172	141402	81881	86250	108307	140432	130282
	641958	3434748	1952576.5	3760633	2090895	1067202	850016	999741	1359904	1663114

Barang (berangkat/muat)

bulan	tahun									
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
januari	83841	239775	176886	275872	82638	91889	108448	64581	48624	55628
februari	86110	246265	62830	275712	88104	110501	111529	45888	48636	66325
maret	96596	276255	74416	272592	124255	138795	160572	58374	54231	88406
april	95463	273015	158065	146422	113864	84866	147243	54655	56944	98371
mei	93444	267241	241713	341788	110751	88224	140490	53018	49104	69134
juni	96403	275703	82875	309448	89235	85156	100134	53002	51903	74265
juli	141691	405220	74201	333818	107967	88246	107081	47674	44913	96241
agustus	142541	407652	76225	309106	95192	105509	95847	51145	44324	62661
september	115676	330820	88329	316520	84307	125443	107168	56067	55278	65782
oktober	123216	352386	132811	401082	102349	111654	60673	60086	59813	95738
november	113502	324604	145778	309410	91147	109409	64798	64106	92208	75310
desember	101732	290941	134982	181976	103348	113257	71826	62113	100809	68398
	1290215	3689877	1449110	3473746	1193357	1252969	1275809	670709	706787	916257

Pos (datang/bongkar)

bulan	tahun									
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
januari	19372	14052	25696	52362	45544	47270	42066	38540	18166	17029
februari	20476	14853	28567	68050	33462	22029	41585	47013	19238	24980
maret	32027	23232	23579	46812	25328	25824	54495	59533	23864	24056
april	17303	12551	42756	22557	37683	26222	44120	49661	18474	18771
mei	19901	14436	61932	46590	27189	24043	39191	47695	21363	19843
juni	22701	16467	20476	46756	30718	27663	46123	47313	20906	16201
juli	26376	19133	20223	53150	28798	30816	51115	39542	18798	16426
agustus	22799	16538	19420	53394	28770	31852	53738	34371	18791	17949
september	26852	19478	20685	50572	28506	39318	56761	17741	19073	17072
oktober	25759	18685	22631	50472	27910	42993	57587	17754	18960	17494
november	24916	18074	20991	50840	29119	39817	51083	17768	21112	26143
desember	31466	22825	22467	64980	33754	58026	58029	28162	23850	16067
	289948	210324	329423	606535	376781	415873	595893	445093	242595	232031

Pos (berangkat/muat)

bulan	tahun									
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
januari	8453	14238	37482	89398	57402	53668	53482	51104	16390	14291
februari	8917	15020	38173	65372	32828	40956	48893	52478	3777	14626
maret	16937	28529	33006	90580	45905	41289	69011	55904	9977	12458
april	14850	25014	68556	41613	54288	41847	55862	56636	10783	10849
mei	15690	28428	104106	78208	44252	38228	57064	84746	12995	9014
juni	14587	24570	38625	82456	39121	37812	45711	45201	9592	8368
juli	21072	35493	41446	93338	49436	49197	56648	62134	10604	8339
agustus	16090	27102	40843	92302	50392	40050	59915	60573	9420	8206
september	17667	29759	43077	90390	44855	48231	77000	23305	11842	8328
oktober	18923	31874	40220	87504	46277	56166	61207	24005	10151	9916
november	19785	33325	44714	95816	47685	47437	62586	24706	13128	13689
desember	21842	36790	39834	104406	59085	59060	71899	56214	11730	9084
	194813	328142	570082	1011383	571526	553943	719278	577006	130389	127168

Contoh Perhitungan Peramalan Model Dekomposisi

Penumpang datang

Perhitungan Nilai Siklis

Tahun	Bulan	Nilai X (orang)	Periode	Trend	Indeks Musiman	Siklis
1993	1	29588	1	53382.836	0.861359	0.6434721
	2	31834	2	53037.553	0.8085214	0.7423628
	3	37425	3	52694.502	0.8442187	0.8412818
	4	30887	4	52353.671	0.7917659	0.7451295
	5	33082	5	52015.044	0.9020749	0.7050504
	6	36257	6	51678.607	0.8191361	0.8564953
	7	42929	7	51344.347	1.0214975	0.818504
	8	43653	8	51012.248	0.9776981	0.8752556
	9	37575	9	50682.298	0.8630705	0.8590065
	10	38106	10	50354.481	0.871686	0.8681508
	11	35349	11	50028.785	0.7940037	0.8898866
	12	36473	12	49705.196	0.877954	0.8357915
1994	1	37175	13	49383.699	0.9019706	0.8345934
	2	39996	14	49064.283	0.8466418	0.9628339
	3	47021	15	48746.932	0.8840222	1.0911423
	4	38807	16	48431.633	0.8290963	0.9664424
	5	41564	17	48118.374	0.9446062	0.9144408
	6	45553	18	47807.142	0.8577569	1.1108616
	7	53936	19	47497.922	1.0696594	1.0615944
	8	54846	20	47190.702	1.0237948	1.1352084
	9	47209	21	46885.47	0.9037628	1.1141203
	10	47876	22	46582.212	0.9127845	1.125977
	11	44412	23	46280.915	0.8314396	1.1541645
	12	45825	24	45981.567	0.919348	1.0840237
1995	1	46508	25	45684.155	0.9212435	1.1050645
	2	47191	26	45388.667	0.8647324	1.2023475
	3	50430	27	45095.09	0.9029115	1.2385528
	4	89982	28	44803.412	0.846812	2.3716879
	5	129534	29	44513.621	0.96479	3.0161855
	6	46596	30	44225.704	0.876085	1.2026178
	7	58204	31	43939.649	1.0925153	1.2124636
	8	56350	32	43655.445	1.0456707	1.2344132
	9	48453	33	43373.079	0.9230739	1.210219
	10	52749	34	43092.539	0.9322884	1.3129914
	11	46096	35	42813.813	0.8492053	1.2678463
	12	50948	36	42536.891	0.9389921	1.2755558
1996	1	87690	37	42261.76	0.7738672	2.6812422
	2	110764	38	41988.408	0.7263965	3.6315787
	3	103532	39	41716.824	0.7584678	3.2720868
	4	46592	40	41446.997	0.711343	1.580299
	5	97904	41	41178.915	0.8104474	2.9335987
	6	107972	42	40912.567	0.735933	3.5860483
	7	118764	43	40647.942	0.9177398	3.1836602
	8	113556	44	40385.029	0.8783892	3.2011256
	9	98824	45	40123.816	0.7754048	3.1763746

(x = jumlah pengguna jasa)

Lanjutan...						
	10	105110	46	39864.292	0.7831452	3.3668028
	11	95376	47	39606.447	0.7133534	3.375736
	12	105458	48	39350.27	0.7887765	3.3976438
1997	1	41729	49	39095.75	0.9371233	1.1389684
	2	57787	50	38842.876	0.8796382	1.6912768
	3	53378	51	38591.638	0.9184754	1.5059188
	4	45821	52	38342.025	0.8614089	1.3873313
	5	40696	53	38094.026	0.9814205	1.0885283
	6	54120	54	37847.632	0.8911865	1.6045398
	7	64249	55	37602.831	1.1113475	1.5374322
	8	57256	56	37359.613	1.0636954	1.4407922
	9	48477	57	37117.969	0.9389853	1.3908898
	10	39966	58	36877.887	0.9483586	1.1427521
	11	39554	59	36639.359	0.8638435	1.249705
	12	42101	60	36402.373	0.9551779	1.2108168
1998	1	38268	61	36166.92	0.9552308	1.107684
	2	31381	62	35932.99	0.8966349	0.9739973
	3	22689	63	35700.573	0.9362226	0.67883
	4	23731	64	35469.66	0.8780534	0.7619704
	5	16564	65	35240.24	1.000384	0.4698505
	6	13731	66	35012.304	0.9084064	0.4317191
	7	22140	67	34785.842	1.1328214	0.5618413
	8	22016	68	34560.845	1.0842486	0.5875234
	9	17063	69	34337.303	0.9571288	0.519181
	10	18500	70	34115.207	0.9666832	0.5609699
	11	15327	71	33894.548	0.880535	0.5135476
	12	17450	72	33675.315	0.9736343	0.532216
1999	1	19321	73	33457.501	0.9037697	0.6389668
	2	15781	74	33241.096	0.8483306	0.5596211
	3	16699	75	33026.091	0.8857855	0.5708273
	4	16062	76	32812.476	0.8307501	0.5892373
	5	15330	77	32600.242	0.9464903	0.496827
	6	15012	78	32389.382	0.8594678	0.53927
	7	20910	79	32179.885	1.071793	0.6062596
	8	19661	80	31971.744	1.0258369	0.599461
	9	17837	81	31764.948	0.9055654	0.6200887
	10	17690	82	31559.491	0.9146052	0.6128641
	11	17340	83	31355.362	0.833098	0.663806
	12	17353	84	31152.553	0.9211817	0.6046939
2000	1	23207	85	30951.057	0.87133	0.8605198
	2	18037	86	30750.863	0.8178807	0.7171616
	3	19775	87	30551.965	0.8539913	0.757921
	4	19228	88	30354.353	0.8009313	0.7908933
	5	20912	89	30158.019	0.9125172	0.7598917
	6	22995	90	29962.955	0.8286183	0.9261776
	7	28198	91	29769.152	1.0333222	0.9166765
	8	25467	92	29576.604	0.9890157	0.8706153
	9	25379	93	29385.3	0.8730612	0.9892354
	10	26331	94	29195.234	0.8817765	1.0228145
	11	27284	95	29006.398	0.8031949	1.1710982
	12	28370	96	28818.782	0.888117	1.1084434
2001	1	29235	97	28632.381	0.8751964	1.1666488
	2	22440	98	28447.184	0.8215099	0.96022

Lanjutan...						
	3	28520	99	28263.186	0.8577807	1.1763922
	4	25218	100	28080.378	0.8044853	1.1163223
	5	26941	101	27898.752	0.9165663	1.053574
	6	31084	102	27718.301	0.8322951	1.3473888
	7	36749	103	27539.018	1.0379074	1.2856965
	8	33938	104	27360.894	0.9934043	1.248619
	9	32465	105	27183.922	0.8769353	1.3618703
	10	33267	106	27008.094	0.8856892	1.3907156
	11	25768	107	26833.404	0.806759	1.1903129
	12	38325	108	26659.844	0.8920579	1.6115045
2002	1	31359	109	26487.406	0.96907	1.2217086
	2	24359	110	26316.084	0.9096252	1.0175968
	3	32601	111	26145.87	0.9497864	1.3128101
	4	29727	112	25976.757	0.8907744	1.2846902
	5	33907	113	25808.737	1.0148773	1.2945209
	6	34655	114	25641.805	0.9215672	1.4665279
	7	41385	115	25475.952	1.1492335	1.4135276
	8	39198	116	25311.172	1.099957	1.4079135
	9	39180	117	25147.458	0.9709955	1.6045496
	10	46222	118	24984.802	0.9806883	1.8864349
	11	35959	119	24823.199	0.893292	1.6216473
	12	59770	120	24662.641	0.9877401	2.4535844

Penumpang Berangkat

Perhitungan Nilai Siklis

Tahun	Bulan	Nilai X (orang)	Periode	Trend	Indeks Musiman	Siklis
1993	1	33216	1	52063.83	0.839487	0.759971
	2	32598	2	51726.22	0.82239	0.766306
	3	35031	3	51390.8	0.875796	0.778331
	4	31365	4	51057.56	0.831494	0.738799
	5	39130	5	50726.47	0.943333	0.817731
	6	33118	6	50397.53	0.809075	0.812206
	7	41963	7	50070.73	1.06758	0.785023
	8	39949	8	49746.04	1.022003	0.78577
	9	36157	9	49423.46	0.91238	0.801832
	10	36251	10	49102.98	0.901684	0.818762
	11	32629	11	48784.57	0.837053	0.79904
	12	36164	12	48468.22	0.867833	0.859771
1994	1	39016	13	48153.93	0.828848	0.977543
	2	39177	14	47841.67	0.811968	1.008523
	3	44879	15	47531.44	0.864697	1.091939
	4	41056	16	47223.22	0.820956	1.059012
	5	41567	17	46917	0.931378	0.951245
	6	43616	18	46612.77	0.798821	1.171362
	7	55083	19	46310.5	1.054051	1.128435
	8	55975	20	46010.2	1.009051	1.205666
	9	46715	21	45711.85	0.900818	1.134464
	10	48835	22	45415.43	0.890257	1.207848
	11	45622	23	45120.93	0.826445	1.223439
	12	43349	24	44828.34	0.856835	1.128571
1995	1	22164.5	25	44537.65	0.889782	0.559303
	2	44317	26	44248.85	0.871661	1.149002
	3	47763	27	43961.91	0.928266	1.170422
	4	85711.5	28	43676.84	0.88131	2.226687
	5	123660	29	43393.62	0.99985	2.850156
	6	42956	30	43112.23	0.857548	1.16189
	7	58611	31	42832.67	1.131541	1.209299
	8	56263	32	42554.92	1.083233	1.220538
	9	47091	33	42278.97	0.967042	1.151776
	10	52850	34	42004.81	0.955705	1.316503
	11	46976	35	41732.43	0.887202	1.268761
	12	47982	36	41461.81	0.919827	1.258125
1996	1	83382	37	41182.86	0.733928	3.089118
	2	94800	38	40925.83	0.718979	3.22177
	3	106296	39	40660.45	0.765669	3.414314
	4	46859	40	40396.78	0.726938	1.595691
	5	95152	41	40134.83	0.824714	2.874704
	6	103226	42	39874.57	0.707338	3.659872

Lanjutan...						
	7	120628	43	39616.01	0.933338	3.26241
	8	115488	44	39359.12	0.893491	3.283985
	9	109449	45	39103.89	0.797653	3.508954
	10	103410	46	38850.32	0.788302	3.376566
	11	92968	47	38598.39	0.731798	3.291342
	12	100374	48	38348.1	0.758708	3.449869
1997	1	44305	49	38099.43	0.884501	1.314728
	2	53080	50	37852.37	0.866487	1.618362
	3	53847	51	37606.92	0.922757	1.551696
	4	46175	52	37363.06	0.876079	1.410657
	5	40527	53	37120.77	0.993915	1.098445
	6	49955	54	36880.06	0.852458	1.588965
	7	64400	55	36640.91	1.124824	1.562553
	8	57154	56	36403.31	1.076803	1.45804
	9	49122	57	36167.26	0.961302	1.412864
	10	40127	58	35932.73	0.950033	1.17546
	11	39679	59	35699.72	0.881936	1.260256
	12	41131	60	35468.22	0.914367	1.268262
1998	1	32277	61	35238.23	0.907709	1.009096
	2	35121	62	35009.73	0.889222	1.128152
	3	23102	63	34782.7	0.946968	0.701376
	4	22737	64	34557.15	0.899066	0.731819
	5	17385	65	34333.07	1.019994	0.496438
	6	12164	66	34110.43	0.874825	0.407632
	7	21457	67	33889.24	1.154338	0.548497
	8	21327	68	33669.49	1.105057	0.573203
	9	16665	69	33451.16	0.986525	0.504994
	10	17930	70	33234.24	0.97496	0.55336
	11	14818	71	33018.73	0.905076	0.495843
	12	16174	72	32804.62	0.938359	0.525428
1999	1	17211	73	32591.9	0.852316	0.619578
	2	15376	74	32380.56	0.834958	0.568715
	3	16089	75	32170.58	0.88918	0.562446
	4	15572	76	31961.97	0.8442	0.577119
	5	15436	77	31754.71	0.957749	0.507545
	6	13120	78	31548.8	0.821439	0.506262
	7	19568	79	31344.22	1.083895	0.575973
	8	19637	80	31140.97	1.037621	0.607721
	9	17033	81	30939.03	0.926323	0.594322
	10	16854	82	30738.41	0.915463	0.598936
	11	19109	83	30539.08	0.849844	0.736279
	12	16310	84	30341.05	0.881096	0.610099
2000	1	20258	85	30144.3	0.835935	0.803931
	2	17381	86	29948.83	0.81891	0.708694
	3	19596	87	29754.63	0.87209	0.755182
	4	19384	88	29561.68	0.827975	0.791948
	5	20429	89	29369.99	0.939341	0.740491

Lanjutan...						
	6	21957	90	29179.54	0.805651	0.934001
	7	27721	91	28990.32	1.063063	0.899491
	8	26194	92	28802.33	1.017678	0.893642
	9	24823	93	28615.57	0.908519	0.954812
	10	25946	94	28430.01	0.897869	1.016438
	11	27069	95	28245.65	0.833511	1.149766
	12	24074	96	28062.49	0.864161	0.992721
2001	1	29596	97	27880.52	0.825612	1.285748
	2	22623	98	27699.73	0.808798	1.009798
	3	27804	99	27520.11	0.861321	1.172984
	4	26035	100	27341.65	0.817751	1.164425
	5	26651	101	27164.35	0.927742	1.057516
	6	29301	102	26988.21	0.795703	1.36445
	7	37289	103	26813.2	1.049936	1.324553
	8	33000	104	26639.33	1.005112	1.23247
	9	33629	105	26466.59	0.897301	1.416048
	10	31786	106	26294.96	0.886781	1.36316
	11	25352	107	26124.45	0.823218	1.178827
	12	35185	108	25955.05	0.85349	1.588317
2002	1	31909	109	25786.74	0.9092	1.360997
	2	23379	110	25619.53	0.890684	1.024546
	3	31646	111	25453.39	0.948524	1.310764
	4	28668	112	25288.34	0.900543	1.258846
	5	33630	113	25124.36	1.02167	1.310151
	6	34467	114	24961.44	0.876263	1.575794
	7	39685	115	24799.58	1.156235	1.384
	8	38068	116	24638.76	1.106873	1.395865
	9	38423	117	24478.99	0.988147	1.58846
	10	46198	118	24320.26	0.976562	1.945159
	11	33988	119	24162.55	0.906564	1.551617
	12	58416	120	24005.87	0.939901	2.589002

Penumpang transit

Perhitungan Nilai Siklis

Tahun	Bulan	Nilai X (orang)	Periode	Trend	Indeks Musiman	Siklis
1993	1	2521	1	2152.39	0.70122	1.67032
	2	2052	2	2153.57	0.59718	1.59554
	3	2618	3	2154.76	0.77242	1.57295
	4	1836	4	2155.95	0.76851	1.10811
	5	1915	5	2157.14	0.94888	0.93558
	6	2356	6	2158.33	0.93544	1.16692
	7	2527	7	2159.51	0.87056	1.34416
	8	3119	8	2160.7	0.82446	1.75085
	9	2370	9	2161.89	0.68458	1.60136
	10	4569	10	2163.08	0.90508	2.3338
	11	3518	11	2164.26	0.732	2.22062
	12	3504	12	2165.45	0.73335	2.20649
1994	1	3271	13	2166.64	0.78932	1.91266
	2	2662	14	2167.83	0.67222	1.82672
	3	3396	15	2169.01	0.86948	1.80073
	4	2382	16	2170.2	0.86507	1.26879
	5	2484	17	2171.39	1.06811	1.07102
	6	3056	18	2172.58	1.05298	1.33586
	7	3278	19	2173.77	0.97994	1.53885
	8	4046	20	2174.95	0.92806	2.00448
	9	3075	21	2176.14	0.7706	1.83371
	10	5928	22	2177.33	1.0188	2.67237
	11	4564	23	2178.52	0.82398	2.54255
	12	4547	24	2179.7	0.8255	2.52703
1995	1	1424	25	2180.89	0.83589	0.78114
	2	2836	26	2182.08	0.71188	1.82571
	3	4303	27	2183.27	0.92077	2.14049
	4	7361	28	2184.46	0.91611	3.6783
	5	10419	29	2185.64	1.13112	4.21443
	6	4396	30	2186.83	1.1151	1.80273
	7	4994	31	2188.02	1.03775	2.1994
	8	5182	32	2189.21	0.98281	2.40848
	9	3605	33	2190.39	0.81606	2.01679
	10	3585	34	2191.58	1.0789	1.51618
	11	3195	35	2192.77	0.87259	1.66982
	12	3211	36	2193.96	0.8742	1.67418
1996	1	5144	37	2195.14	0.69901	3.35241
	2	5686	38	2196.33	0.5953	4.34883
	3	6544	39	2197.52	0.76999	3.86748
	4	3190	40	2198.71	0.76609	1.89385
	5	7410	41	2199.9	0.94589	3.56104
	6	8062	42	2201.08	0.93249	3.92792
	7	8814	43	2202.27	0.86781	4.81187
	8	7096	44	2203.46	0.82186	3.91841
	9	6600	45	2204.65	0.68242	4.38684
	10	7450	46	2205.83	0.90222	3.74343
	11	7644	47	2207.02	0.72969	4.74651
	12	5746	48	2208.21	0.73104	3.55946

Lanjutan...						
1997	1	2704	49	2209.4	0.90169	1.35731
	2	3080	50	2210.58	0.76791	1.8144
	3	2381	51	2211.77	0.99325	1.08383
	4	3428	52	2212.96	0.98822	1.56752
	5	3273	53	2214.15	1.22015	1.2115
	6	2885	54	2215.34	1.20287	1.08265
	7	3290	55	2216.52	1.11944	1.32594
	8	3453	56	2217.71	1.06017	1.46865
	9	3373	57	2218.9	0.8803	1.72683
	10	4061	58	2220.09	1.16383	1.57172
	11	3433	59	2221.27	0.94127	1.64194
	12	4162	60	2222.46	0.94301	1.98587
1998	1	4671	61	2223.65	0.85306	2.46244
	2	4324	62	2224.84	0.7265	2.67519
	3	4265	63	2226.03	0.93968	2.03896
	4	4222	64	2227.21	0.93492	2.02759
	5	2914	65	2228.4	1.15435	1.13282
	6	2660	66	2229.59	1.138	1.04837
	7	4429	67	2230.78	1.05906	1.87468
	8	4446	68	2231.96	1.00299	1.98603
	9	3621	69	2233.15	0.83282	1.94697
	10	4470	70	2234.34	1.10106	1.81697
	11	3600	71	2235.53	0.89051	1.80836
	12	4127	72	2236.71	0.89215	2.06817
1999	1	8888	73	2237.9	0.7442	5.33671
	2	3421	74	2239.09	0.63379	2.41066
	3	8126	75	2240.28	0.81977	4.4247
	4	7980	76	2241.47	0.81562	4.36499
	5	16066	77	2242.65	1.00704	7.11373
	6	23158	78	2243.84	0.99278	10.3958
	7	8964	79	2245.03	0.92392	4.32161
	8	4481	80	2246.22	0.875	2.2799
	9	4481	81	2247.4	0.72654	2.7443
	10	4481	82	2248.59	0.96055	2.07464
	11	3231	83	2249.78	0.77687	1.84862
	12	3479	84	2250.97	0.77831	1.9858
2000	1	3324	85	2252.15	0.87034	1.6958
	2	2244	86	2253.34	0.74121	1.34354
	3	2908	87	2254.53	0.95872	1.34539
	4	2774	88	2255.72	0.95386	1.28925
	5	2598	89	2256.91	1.17773	0.97741
	6	3124	90	2258.09	1.16105	1.19157
	7	3583	91	2259.28	1.08052	1.46772
	8	3483	92	2260.47	1.02331	1.50573
	9	3061	93	2261.66	0.84969	1.59285
	10	4771	94	2262.84	1.12336	1.87687
	11	4481	95	2264.03	0.90865	3.16074
	12	6160	96	2265.22	0.91023	2.98759
2001	1	5464	97	2266.41	0.74124	3.25246
	2	5088	98	2267.6	0.63127	3.55439
	3	8027	99	2268.78	0.81651	4.33309
	4	8065	100	2269.97	0.81238	4.37347
	5	8831	101	2271.16	1.00304	3.87653

Lanjutan...						
	6	8420	102	2272.35	0.98883	3.74726
	7	9353	103	2273.53	0.92025	4.47038
	8	8707	104	2274.72	0.87152	4.39199
	9	7039	105	2275.91	0.72366	4.27388
	10	7982	106	2277.1	0.95674	3.66384
	11	3319	107	2278.28	0.77378	1.88269
	12	4064	108	2279.47	0.77521	2.29984
2002	1	3614	109	2280.66	0.94579	1.67545
	2	2290	110	2281.85	0.80547	1.24594
	3	3296	111	2283.04	1.04183	1.38573
	4	3243	112	2284.22	1.03656	1.36967
	5	2897	113	2285.41	1.27984	0.99044
	6	3112	114	2286.6	1.26171	1.07868
	7	3562	115	2287.79	1.1742	1.32598
	8	3635	116	2288.97	1.11202	1.42807
	9	2687	117	2290.16	0.92335	1.27067
	10	3370	118	2291.35	1.22075	1.20479
	11	2837	119	2292.54	0.98731	1.2534
	12	4318	120	2293.72	0.98914	1.9032

Perhitungan EAD untuk seluruh tipe pesawat.

no.	Pesawat Rencana	Pesawat Campur	MTOW (kg)	MG	W1	W2	R ₂	R1
1	F - 28	F-28	29484	0.463	6825.546	6825.546	373	373
		F-28-300	29484	0.463	6825.546	6825.546	41	41
		F-28-400	29484	0.463	6825.546	6825.546	149	149
		F-100	44680	0.478	6825.546	10678.520	103	328
		B-737-200	45722	0.464	6825.546	10607.504	116	375
		B-737-300	61462	0.459	6825.546	14105.529	1870	50511
		B-737-400	64864	0.469	6825.546	15210.608	944	27595
		B-737-500	60781	0.461	6825.546	14010.021	16	54
		MD-82	68266	0.476	6825.546	16247.308	116	1522
						ΣR_1	80948	
2	F - 28 - 300	F-28	29484	0.463	6825.546	6825.546	373	373
		F-28-300	29484	0.463	6825.546	6825.546	41	41
		F-28-400	29484	0.463	6825.546	6825.546	149	149
		F-100	44680	0.478	6825.546	10678.520	103	328
		B-737-200	45722	0.464	6825.546	10607.504	116	375
		B-737-300	61462	0.459	6825.546	14105.529	1870	50511
		B-737-400	64864	0.469	6825.546	15210.608	944	27595
		B-737-500	60781	0.461	6825.546	14010.021	16	54
		MD-82	68266	0.476	6825.546	16247.308	116	1522
						ΣR_1	80948	
3	F - 28 - 400	F-28	29484	0.463	6825.546	6825.546	373	373
		F-28-300	29484	0.463	6825.546	6825.546	41	41
		F-28-400	29484	0.463	6825.546	6825.546	149	149
		F-100	44680	0.478	6825.546	10678.520	103	328
		B-737-200	45722	0.464	6825.546	10607.504	116	375
		B-737-300	61462	0.459	6825.546	14105.529	1870	50511
		B-737-400	64864	0.469	6825.546	15210.608	944	27595
		B-737-500	60781	0.461	6825.546	14010.021	16	54
		MD-82	68266	0.476	6825.546	16247.308	116	1522
						ΣR_1	80948	
4	F - 100	F-28	29484	0.463	10678.520	6825.546	373	114
		F-28-300	29484	0.463	10678.520	6825.546	41	20
		F-28-400	29484	0.463	10678.520	6825.546	149	55
		F-100	44680	0.478	10678.520	10678.520	103	103
		B-737-200	45722	0.464	10678.520	10607.504	116	114
		B-737-300	61462	0.459	10678.520	14105.529	1870	5759
		B-737-400	64864	0.469	10678.520	15210.608	944	3551

Lanjutan...								
		B-737-500	60781	0.461	10678.520	14010.021	16	24
		MD-82	68266	0.476	10678.520	16247.308	116	350
		ΣR_i						10089
5	B - 737 - 200	F-28	29484	0.463	10607.504	6825.546	373	116
		F-28-300	29484	0.463	10607.504	6825.546	41	20
		F-28-400	29484	0.463	10607.504	6825.546	149	55
		F-100	44680	0.478	10607.504	10678.520	103	104
		B-737-200	45722	0.464	10607.504	10607.504	116	116
		B-737-300	61462	0.459	10607.504	14105.529	1870	5928
		B-737-400	64864	0.469	10607.504	15210.608	944	3650
		B-737-500	60781	0.461	10607.504	14010.021	16	25
		MD-82	68266	0.476	10607.504	16247.308	116	357
		ΣR_i						10370
6	B - 737 - 300	F-28	29484	0.463	14105.529	6825.546	373	61
		F-28-300	29484	0.463	14105.529	6825.546	41	13
		F-28-400	29484	0.463	14105.529	6825.546	149	32
		F-100	44680	0.478	14105.529	10678.520	103	56
		B-737-200	45722	0.464	14105.529	10607.504	116	62
		B-737-300	61462	0.459	14105.529	14105.529	1870	1870
		B-737-400	64864	0.469	14105.529	15210.608	944	1228
		B-737-500	60781	0.461	14105.529	14010.021	16	16
		MD-82	68266	0.476	14105.529	16247.308	116	164
		ΣR_i						3502
7	B - 737 - 400	F-28	29484	0.463	15210.608	6825.546	373	53
		F-28-300	29484	0.463	15210.608	6825.546	41	12
		F-28-400	29484	0.463	15210.608	6825.546	149	29
		F-100	44680	0.478	15210.608	10678.520	103	48
		B-737-200	45722	0.464	15210.608	10607.504	116	53
		B-737-300	61462	0.459	15210.608	14105.529	1870	1415
		B-737-400	64864	0.469	15210.608	15210.608	944	944
		B-737-500	60781	0.461	15210.608	14010.021	16	14
		MD-82	68266	0.476	15210.608	16247.308	116	135
		ΣR_i						2703
8	B - 737 - 500	F-28	29484	0.463	14010.021	6825.546	373	62
		F-28-300	29484	0.463	14010.021	6825.546	41	13
		F-28-400	29484	0.463	14010.021	6825.546	149	33
		F-100	44680	0.478	14010.021	10678.520	103	57
		B-737-200	45722	0.464	14010.021	10607.504	116	63

Lanjutan...								
		B-737-300	61462	0.459	14010.021	14105.529	1870	1918
		B-737-400	64864	0.469	14010.021	15210.608	944	1258
		B-737-500	60781	0.461	14010.021	14010.021	16	16
		MD-82	68266	0.476	14010.021	16247.308	116	166
		ΣR_1						3587
9	MD-82	F-28	29484	0.463	16247.308	6825.546	373	46
		F-28-300	29484	0.463	16247.308	6825.546	41	11
		F-28-400	29484	0.463	16247.308	6825.546	149	26
		F-100	44680	0.478	16247.308	10678.520	103	43
		B-737-200	45722	0.464	16247.308	10607.504	116	47
		B-737-300	61462	0.459	16247.308	14105.529	1870	1118
		B-737-400	64864	0.469	16247.308	15210.608	944	756
		B-737-500	60781	0.461	16247.308	14010.021	16	13
		MD-82	68266	0.476	16247.308	16247.308	116	116
		ΣR_1						2175

Tebal lapis keras lentur berdasarkan semua tipe pesawat

Tipe Pesawat	Lapisan			
	Surface Course (cm)	Base Course (cm)	Sub Base Course (cm)	Tebal total (cm)
F - 28	10,5	23,4	40,3	74,2
F - 28 - 300	10,5	23,4	40,3	74,2
F - 28 - 400	10,5	23,4	40,3	74,2
F - 100	10,5	24,7	43,7	78,9
B - 737 - 200	10,5	24,9	45	80,4
B - 737 - 300	10,5	29	48,2	87,7
B - 737 - 400	10,5	29,8	51,2	91,5
B - 737 - 500	10,5	28	47,7	86,2
MD - 82	10,5	29,3	49,3	89,1