



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PERENCANAAN PENAMBAHAN *RUNWAY* DI BANDARA  
UNTUK 10 TAHUN KE DEPAN DENGAN METODE *SUPPORT  
VECTOR REGRESSION***

**SKRIPSI**

**SARAH NOVIANI**

**0706275031**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
DEPOK  
JUNI 2011**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PERENCANAAN PENAMBAHAN *RUNWAY* DI BANDARA  
UNTUK 10 TAHUN KE DEPAN DENGAN METODE *SUPPORT  
VECTOR REGRESSION***

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
sarjana teknik**

**SARAH NOVIANI**

**0706275031**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
DEPOK  
JUNI 2011**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar**



**Nama : Sarah Noviani**  
**NPM : 0706275031**  
**Tanda Tangan :**  
**Tanggal : Juni 2011**

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Sarah Noviani  
NPM : 0706275031  
Program Studi : Teknik Industri  
Judul Skripsi : Perencanaan Penambahan *Runway* di Bandara Untuk 10 Tahun ke Depan Dengan Metode *Support Vector Regression*

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian dari persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Indonesia

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Amar Rachman, MEIM (  )  
Penguji : Arian Dhini S.T., M.T (  )  
Penguji : Ir. Fauzia Dianawati, M.Si. (  )  
Penguji : Ir. Dendi P. Ishak, MSIE (  )

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : Juni 2011

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas semua rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penyusunan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Dapat di sadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, sulit bagi penulis untuk dapat menyelesaikan skripsi ini. Untuk itu akan diucapkan terima kasih kepada :

1. Ir. Amar Rachman, MEIM selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu hingga malam, tenaga, pikiran serta motivasi dan bimbingan untuk mengarahkan di dalam penyusunan skripsi ini. Yang sudah mau mendengarkan kegalauan dan ketidakberdayaan saya. Terima kasih banyak pak, terima kasih karena telah mau menjadikan saya anak bimbingan Bapak.
2. Papa Mama terima kasih buat segala bantuannya baik dari doa, penyemangat, penenang jiwa, dan motivasi saya dari awal saya kuliah, membuat skripsi ini hingga insya allah menjadi orang sukses.
3. Bapak Iman Gelar Santika yang telah membantu memfasilitasi segala hal yang saya butuhkan dan Bapak Bayuh Iswanto yang turut membantu memberikan solusi-solusi dalam penyusunan skripsi ini.
4. Ir. Fauzia Dianawati, M. Si yang telah memberikan banyak masukan buat skripsi ini, motivasi, serta bantuan saat seminar 2.
5. Arian Dhini, ST., MT., Hj. Erlinda Muslim, Ir., MEE, Amalia Suzianti, Dipl. Ing yang telah memberikan banyak masukan, perbaikan, motivasi yang luar biasa agar dapat lebih baik lagi dan lebih bersemangat di dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Mas Ferdy, Pak Edes, Mas Dika, Mas Dimas, Mas Faisal, Pak Tatang, Mas Hendrawan, Pak Agus dan semua orang PT. Angka Pura II yang telah banyak membantu dalam memberikan data-data yang dibutuhkan di dalam penyusunan skripsi ini.

7. Ayuning Pramesthi Pintoarsi yang telah banyak membantu dari awal penyusunan hingga skripsi ini jadi berbentuk buku, menemani mengambil data, mengolah data, bareng-bareng suka dan sedih berganti-ganti metode peramalan dan juga membantu saya dalam memilih kata-kata yang tepat dalam penulisan skripsi ini.
8. Aulya Nuraini, Astriana Gita, Annisa Zahara, Paramitha Mansoer, Anisha Puti, Gina Adryani, Rini Kurniaputri, Citra Atma Pertiwi, Indi Puspita, Khairiyah, Sekar Melati yang telah memberikan kehidupan yang berbeda selama perjalanan kuliah 4 tahun di Teknik Industri UI, suka duka, tangis tawa, hingga membuat masa kuliah menjadi masa yang indah dan tak terlupakan.
9. Seluruh teman-teman Teknik Industri UI angkatan 2007 yang telah memberikan udara kehidupan yang tidak mungkin ditemukan di manapun di dunia ini.
10. Muhammad Andika Permana yang telah memberikan dukungan dan semangat di dalam penyusunan skripsi ini, serta sabar mendengarkan keluh kesah karena skripsi ini.
11. Tak lupa juga Bang Mamet yang sudah rela direpotkan tiap saat dari awal kuliah hingga akhir, diburu-buruin, dicemberutin, tapi tetap mau mengantar jemput walaupun tengah malam.
12. Seluruh pihak yang telah membantu dari awal sampai akhir yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Akhir kata, diharapkan Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan bagi seluruh pihak yang telah banyak membantu di dalam penyusunan skripsi ini. semoga skripsi ini nantinya dapat bermanfaat bagi semuanya. Amin.

Depok, 21 Juni 2011

Penulis

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

---

---

Sebagai civitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Sarah Noviani  
NPM/NIP : 0706275031  
Program Studi : Teknik Industri  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

### **Perencanaan Penambahan *Runway* di Bandara Untuk 10 Tahun ke Depan Dengan Metode *Support Vector Regression***

Beserta perangkat yang ada (bila diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan (*database*), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok  
Pada tanggal : Juni 2011  
Yang menyatakan

(Sarah Noviani)

## ABSTRAK

Nama : Sarah Noviani  
Program Studi : Teknik Industri  
Judul : Perencanaan Penambahan *Runway* di Bandara Untuk 10 Tahun ke Depan Dengan Metode *Support Vector Regression*

Dengan adanya konsep “*Low Cost Carrier*” dan deregulasi penerbangan niaga oleh pemerintah, Industri jasa penerbangan di Indonesia telah mengalami pertumbuhan yang sangat pesat sehingga memperparah kondisi dari Bandara yang kian padat sekarang ini dan kedepannya. Jumlah *runway* yang ada saat ini, memperbesar kemungkinan bandara tidak mampu lagi menampungnya. Dengan melakukan peramalan jumlah penumpang pesawat 10 tahun ke depan pada waktu puncak menggunakan metode *Support Vector Regression* dan menghitung kapasitas *runway*, dapat ditentukan jumlah dan waktu yang tepat untuk menambahkan *runway* sesuai dengan tujuan penelitian. Pada akhirnya akan didapatkan bahwa diperlukan satu tambahan *runway* sekitar tahun 2011-2015 tergantung *load factor* dan *runway flexibility percentage*.

Kata kunci :  
*Runway, Low Cost Carrier, Support Vector Regression, kapasitas runway, load factor, runway flexibility percentage.*

## ABSTRACT

Name : Sarah Noviani  
Study Program : Industrial Engineering  
Title : Planning of runway replenishment in airport for next 10 years using support vector regression method

With the concept of "Low Cost Carrier" and deregulation by the government's commercial aviation, aviation services industry in Indonesia has been growing very rapidly and thus aggravate the conditions of an increasingly crowded airport today and the future. With the amount of the existing runway, increase the possibility of the airport that can no longer accommodate it. By forecasting the number of passengers the next 10 years at the peak time using Support Vector Regression method and calculate the runway capacity, the amount and right time of additional runway can be determined in accordance with the purpose of research. It will eventually be found that it takes one additional runway on around 2011-2015 depends on the load factor and percentage runway flexibility.

Keywords:

Runway, Low Cost Carrier, Support Vector Regression, runway capacity, load factor, runway flexibility percentage.

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
LEMBAR PERSETUJUAN.....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vi
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang Permasalahan .....	1
1.2 Diagram Keterkaitan Masalah.....	2
1.3 Perumusan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Metodologi Penelitian .....	4
1.7 Sistematika Penulisan.....	7
<b>BAB 2 DASAR TEORI.....</b>	<b>9</b>
2.1 Bandar Udara.....	9
2.1.1 Gambaran Umum Mengenai Bandar Udara .....	9
2.1.2 Layout Bandar Udara.....	12
2.2 Runway (Landasan Pacu).....	17
2.2.1 Konfigurasi <i>Runway</i> .....	18
2.2.2 Kapasitas <i>Runway</i> .....	23
2.2.2.1 Faktor Yang Mempengaruhi Kapasitas <i>Runway</i> .....	23
2.2.2.2 Perhitungan Kapasitas <i>Runway</i> .....	24
2.2.2.2.1 Menghitung Kapasitas <i>Runway</i> Secara Fisik .....	27
2.2.2.2.2 Menghitung Kapasitas <i>Runway</i> Secara Teori.....	32
2.2.2.2.3 Menghitung Kapasitas <i>Runway</i> Yang Digunakan.....	37
2.3 Peramalan (Forecasting).....	38
2.3.1 Definisi Peramalan.....	38
2.3.2 Aturan-aturan Peramalan.....	39
2.3.3 Klasifikasi Teknik Peramalan.....	40
2.3.4 <i>Support Vector Regression</i> (SVR).....	41
<b>BAB 3 PENGUMPULAN DATA DAN PERAMALAN JUMLAH PENUMPANG.....</b>	<b>44</b>
3.1 Profil Instansi Terkait.....	44
3.1.1 Latar Belakang Dan Sejarah Berdirinya PT. Angkasa Pura II .....	44
3.1.2 Visi Dan Misi PT. Angkasa Pura II.....	45
3.1.3 Strategi PT. Angkasa Pura II .....	45
3.2 Pengumpulan Data .....	47
3.3 Penentuan Persentase Waktu Puncak .....	48

3.3.1 Penentuan Bulan Puncak ( <i>Peak Month</i> ) .....	49
3.3.2 Penentuan Hari Puncak ( <i>Peak Day</i> ) .....	52
3.3.3 penentuan Jam Puncak ( <i>Peak Hour</i> ).....	53
3.4 Peramalan Jumlah Penumpang 10 Tahun Ke Depan .....	55
3.4.1 Metode Regresi Linier Untuk Domestik.....	55
3.4.2 Metode SVR Untuk Domestik.....	56
3.4.3 Peramalan Jumlah Penumpang Domestik .....	59
3.4.4 Metode Regresi Linier Untuk Internasional .....	60
3.4.5 Metode SVR Untuk Internasional .....	61
3.4.6 Peramalan Jumlah Penumpang Internasional .....	63
<b>BAB 4 PERHITUNGAN RUNWAY DAN ANALISA</b> .....	<b>65</b>
4.1 Perhitungan Jumlah <i>Take-off</i> dan <i>Landing</i> Pada Waktu Puncak .....	65
4.1.1 Jumlah Penumpang Pada Bulan Puncak.....	65
4.1.2 Konversi Jumlah Penumpang Menjadi Jumlah <i>Take-off</i> dan <i>Landing</i> .....	67
4.1.3 Jumlah <i>Take-off</i> dan <i>Landing</i> Pada Hari Puncak.....	70
4.1.4 Jumlah <i>Take-off</i> dan <i>Landing</i> Pada Jam Puncak .....	72
4.2 Perhitungan Kapasitas <i>Runway</i> .....	73
4.2.1 Perhitungan Kapasitas <i>Runway</i> Secara Teori .....	74
4.2.2 Menghitung Kapasitas <i>Runway</i> Yang Digunakan .....	80
4.3 Menghitung Kebutuhan <i>Runway</i> .....	81
4.4 Analisa Perhitungan Penambahan Kebutuhan <i>Runway</i> .....	82
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	<b>86</b>
5.1 Kesimpulan.....	86
5.2 Saran .....	86
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>88</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Runway Occupancy Times During Take-Off</i> .....	27
Tabel 2.2 <i>Runway Occupancy Times During Landing</i> .....	27
Tabel 2.3 <i>Mean of Runway Occupancy Times During Landing</i> .....	28
Tabel 2.4 Campuran Pesawat .....	29
Tabel 2.5 Contoh Perhitungan Campuran Pesawat .....	30
Tabel 2.6 <i>Mean Runway Occupancy Time</i> .....	30
Tabel 2.7 <i>Utilitas Runway</i> .....	31
Tabel 2.8 <i>Aerodrome Physical Capacity</i> .....	32
Tabel 2.9 Waktu Terbang Antara OM dan Batas Ambang .....	33
Tabel 2.10 Waktu Terbang Antara OM dan Batas Ambang/Categori .....	33
Tabel 2.11 Kecepatan Rata-rata Antara OM dan Batas Ambang .....	34
Tabel 2.12 Jumlah Pendaratan Yang Mungkin .....	36
Tabel 2.13 Jumlah Lepas Landas Yang Mungkin .....	37
Tabel 2.14 <i>Theoretical Runway Capacity</i> .....	37
Tabel 3.1 Historical Jumlah Penumpang Domestik .....	47
Tabel 3.2 Historical Jumlah Penumpang Internasional .....	47
Tabel 3.3 Jumlah Penumpang Pada Bulan Puncak-Domestik .....	49
Tabel 3.4 Persentase Bulan Puncak Domestik .....	50
Tabel 3.5 Jumlah Penumpang Pada Bulan Puncak-Internasional .....	51
Tabel 3.6 Persentase Bulan Puncak Internasional .....	51
Tabel 3.7 Jumlah <i>Take Off</i> dan <i>Landing</i> Pada Hari Puncak .....	52
Tabel 3.8 Persentase Hari Puncak .....	53
Tabel 3.9 Jumlah <i>Take Off</i> dan <i>Landing</i> Pada Jam Puncak .....	54
Tabel 3.10 Persentase Jam Puncak .....	55
Tabel 3.11 Peramalan Regresi Linier Ke-17 dan 18 Penerbangan Domestik ...	56
Tabel 3.12 Iterasi Parameter Domestik .....	58
Tabel 3.13 Parameter Peramalan Domestik .....	59
Tabel 3.14 Peramalan Jumlah peramalan Domestik .....	60
Tabel 3.15 Peramalan Regresi Linear ke-17 dan 18 Penerbangan Internasional .....	60
Tabel 3.16 Iterasi Parameter Internasional .....	62
Tabel 3.17 Parameter Peramalan Internasional .....	63
Tabel 3.18 Peramalan Jumlah Penumpang Internasional .....	64
Tabel 4.1 <i>Forecast</i> Penumpang Domestik Pada Bulan Puncak .....	66
Tabel 4.2 <i>Forecast</i> Penumpang Internasional Pada Bulan Puncak .....	66
Tabel 4.3 <i>Forecast Take-off</i> dan <i>Landing</i> Domestik Pada Bulan Puncak ( <i>Load Factor</i> = 80%) .....	68
Tabel 4.4 <i>Forecast Take-off</i> dan <i>Landing</i> Internasional Pada Bulan Puncak ( <i>Load Factor</i> = 80%) .....	68
Tabel 4.5 <i>Forecast Take-off</i> dan <i>Landing</i> Domestik Pada Bulan Puncak ( <i>Load Factor</i> = 85%) .....	69
Tabel 4.6 <i>Forecast Take-off</i> dan <i>Landing</i> Internasional Pada Bulan Puncak ( <i>Load Factor</i> = 85%) .....	69

Tabel 4.7 <i>Forecast Take-off</i> dan <i>Landing</i> Domestik Pada Bulan Puncak ( <i>Load Factor</i> = 90%).....	69
Tabel 4.8 <i>Forecast Take-off</i> dan <i>Landing</i> Internasional Pada Bulan Puncak ( <i>Load Factor</i> = 90%).....	70
Tabel 4.9 <i>Forecast Take-off</i> dan <i>Landing</i> Pada Hari Puncak ( <i>Load Factor</i> = 80%) .....	70
Tabel 4.10 <i>Forecast Take-off</i> dan <i>Landing</i> Pada Hari Puncak ( <i>Load Factor</i> = 85%).....	71
Tabel 4.11 <i>Forecast Take-off</i> dan <i>Landing</i> Pada Hari Puncak ( <i>Load Factor</i> = 90%).....	71
Tabel 4.12 <i>Forecast Take-off</i> dan <i>Landing</i> Pada Jam Puncak ( <i>Load Factor</i> = 80%) .....	72
Tabel 4.13 <i>Forecast Take-off</i> dan <i>Landing</i> Pada Jam Puncak ( <i>Load Factor</i> = 85%) .....	72
Tabel 4.14 <i>Forecast Take-off</i> dan <i>Landing</i> Pada Jam Puncak ( <i>Load Factor</i> = 90%) .....	73
Tabel 4.15 <i>Forecast Take-off</i> dan <i>Landing</i> Pada Jam Puncak Untuk Semua <i>Load Factor</i> .....	81
Tabel 4.16 Tambahan Kebutuhan <i>Runway</i> .....	82
Tabel 4.17 Tambahan Jumlah Penambahan <i>Runway</i> .....	83
Tabel 4.18 <i>Load Factor</i> Rata-rata Tahun 2010.....	84

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram Keterkaitan Masalah.....	3
Gambar 1.2 Diagram Alir Metodologi Penelitian.....	6
Gambar 2.1 Layout Sistem Bandara .....	13
Gambar 2.2 Sketsa Umum Fasilitas Bandara.....	17
Gambar 2.3 <i>Single Runway Parallel Concept Aerial View</i> .....	18
Gambar 2.4 <i>Single Runway Parallel Concept-Top View</i> .....	19
Gambar 2.5 <i>Open Parallel Concept-Aerial View</i> .....	20
Gambar 2.6 <i>Open Parallel Concept-Top View</i> .....	20
Gambar 2.7 <i>Intersecting Runways-Aerial View</i> .....	21
Gambar 2.8 <i>Intersecting Runways-Top View</i> .....	21
Gambar 2.9 <i>Non-Intersecting Divergent Runways-Aerial View</i> .....	22
Gambar 2.10 <i>Non-Intersecting Divergent Runways-Aerial View</i> .....	22
Gambar 2.11 $\epsilon$ -insensitive <i>Loss Function</i> .....	42
Gambar 3.1 Grafik Jumlah Penumpang Domestik .....	57
Gambar 3.2 Grafik Jumlah Penumpang Internasional .....	61
Gambar 4.1 Peta Tampak Atas Bandara Soekarno-Hatta .....	74
Gambar 4.2 Grafik Penggunaan <i>Runway</i> .....	76
Gambar 4.3 Grafik Waktu Terbang <i>Runway 25R</i> .....	76
Gambar 4.4 Grafik Waktu Terbang <i>Runway 25L</i> .....	77
Gambar 4.5 Grafik Waktu Terbang <i>Runway 07R</i> .....	77
Gambar 4.6 Grafik Waktu Terbang <i>Runway 07L</i> .....	77
Gambar 4.7 Desain dan Tata Letak <i>Runway 3</i> .....	85

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. LATAR BELAKANG PERMASALAHAN

Sebelum tahun 1992, penggunaan fasilitas jasa transportasi udara hanya dilakukan oleh masyarakat kelas atas. Namun seiring berjalannya waktu, ditambah lagi dengan adanya Undang-Undang Nomor 15 Tahun 1992 tentang penerbangan dan lahirnya konsep baru di dunia penerbangan yaitu “*Low Cost Carrier*”, Industri jasa penerbangan di Indonesia telah mengalami pertumbuhan yang sangat pesat. “*Low Cost Carrier*” adalah konsep dimana maskapai penerbangan yang memiliki tarif lebih rendah namun kenyamanan yang kurang. Untuk menutupi pemasukan yang rendah akibat harga tiket menurun, maskapai ini mungkin mengenakan biaya untuk ekstra seperti makanan, asrama prioritas, alokasi kursi, dan bagasi dll. Istilah ini berasal dari dalam industri penerbangan merujuk pada maskapai penerbangan dengan struktur biaya operasional yang lebih rendah dari pesaing mereka. Konsep ini dilakukan dengan mengurangi biaya-biaya seperti terbang ke bandara sekunder yang lebih murah namun kurang padat dan / atau terbang pagi-pagi atau larut malam untuk menghindari penundaan lalu lintas udara dan mengambil keuntungan dari biaya parkir dan pendaratan yang lebih rendah.

Dengan kedua hal tersebut, jumlah perusahaan jasa penerbangan meningkat tajam. Banyaknya pemain dalam industri jasa penerbangan ini antara lain disebabkan karena relatif tingginya potensi keuntungan yang dapat diraih. Sebagaimana diketahui dalam jangka pendek, meskipun pada kondisi merugi, keuntungan dari penjualan tiket pesawat masih mampu untuk membayar *variable cost*. Apalagi dalam kondisi perusahaan memperoleh untung, kondisi harga tiket masih lebih tinggi dari *average cost*, keuntungan yang diperoleh perusahaan jasa penerbangan akan berada di atas keuntungan normal. Kondisi ini merupakan daya tarik bagi investor atau pelaku usaha untuk masuk dalam bisnis jasa penerbangan.

Pertumbuhan penumpang angkutan udara dalam negeri sudah terjadi beberapa kali lipat, dimana terjadi lonjakan konsumen yang memilih transportasi udara ini karena adanya tiket pesawat murah. Selain itu, ada pula pengaruh dari arus globalisasi terhadap meningkatnya *demand* pengguna jasa penerbangan.

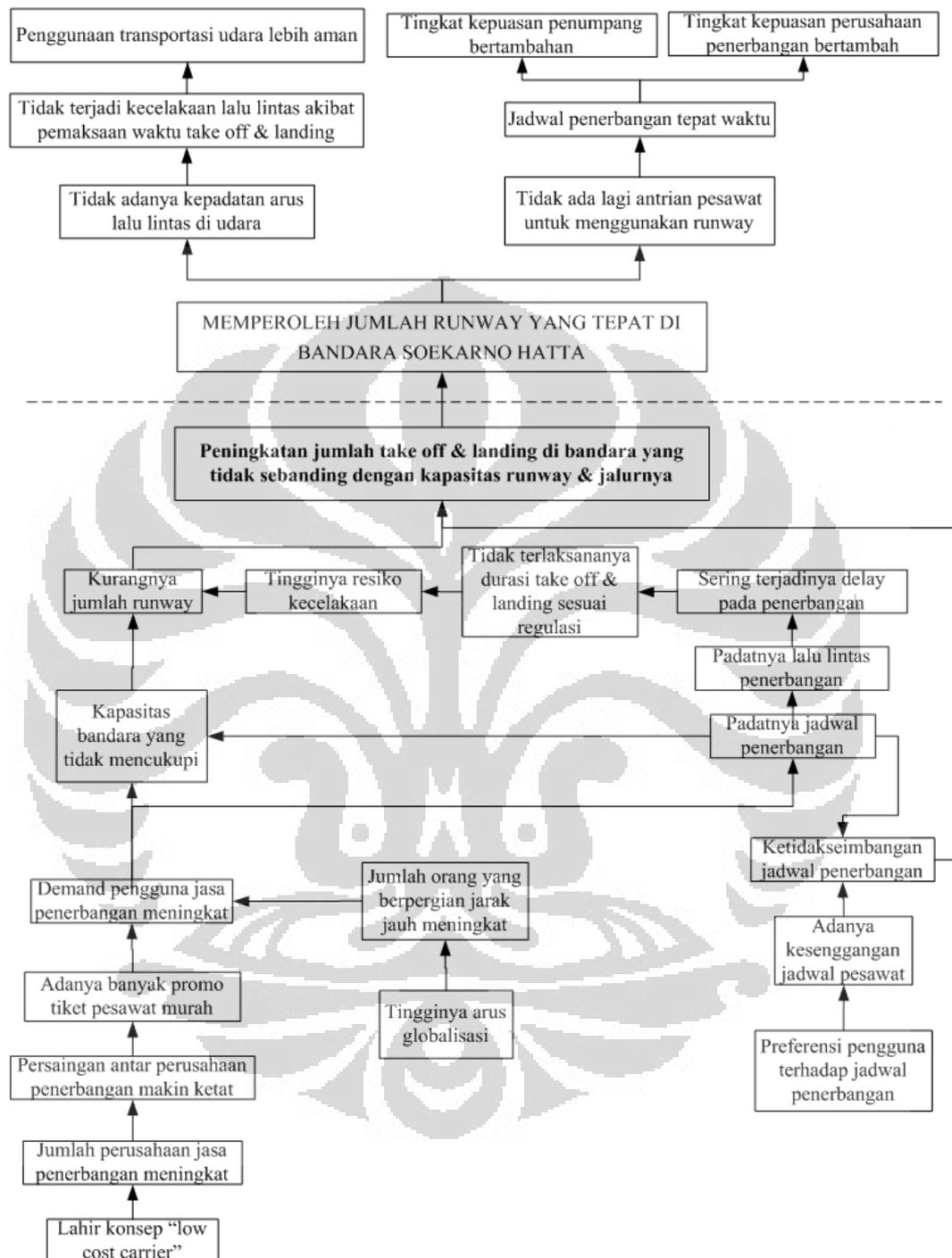
Globalisasi memunculkan gaya hidup *cosmopolitan* yang ditandai oleh berbagai kemudahan hubungan dan terbukanya aneka ragam informasi yang memungkinkan individu dalam masyarakat mengikuti gaya-gaya hidup baru yang disenangi (Muctarom, 2005). Tingginya arus globalisasi yang ada menyebabkan tingginya pula kebutuhan orang untuk berpergian jauh. Pada kondisi seperti ini, dibutuhkan Bandar udara yang dapat memenuhi permintaan tersebut. Yang dimaksud dengan Bandar udara di sini adalah, semua hal yang berkaitan dengannya termasuk fasilitas, terminal, landasan pacu dan bahkan lahan parkir untuk pesawat.

Landasan pacu (*runway*) adalah infrastruktur utama dalam bandara. Ini adalah kunci untuk bandara karena landasan pacu akan menggambarkan kapasitas bandara. Landasan ini dirancang dengan mendefinisikan parameter terkait seperti ukuran panjang pesawat termasuk tinggi, lebar dan berat. Dalam merancang landasan, ada sebuah pedoman yang ditetapkan oleh International Civil Aviation Organization (ICAO) atau Administrasi Penerbangan Federal (FAA). Peningkatan jumlah landasan pacu pasti akan meningkatkan kemampuan bandara. Keputusan untuk menambah jumlah landasan pacu pada dasarnya tergantung pada jumlah pesawat yang menggunakan landasan pacu termasuk kegiatan lepas landas dan mendarat, pertumbuhan di masa yang akan datang dan aspek lingkungan. Sebagai akibat dari meningkatnya jumlah landasan pacu, bandara itu akan meningkatkan kapasitas trafik untuk memenuhi operasi pesawat lebih lanjut dan meminimalkan penundaan karena antrian untuk menggunakan landasan. Dengan begitu, tingkat kepuasan penumpang dengan pelayanan bandara akan meningkat dan membuat mereka menjadi lebih nyaman menggunakan pesawat terbang sebagai media transportasi mereka. Sehingga akan memberikan keuntungan bagi ketiga belah pihak, baik penumpang, pihak bandara maupun perusahaan jasa penerbangan.

## 1.2. DIAGRAM KETERKAITAN MASALAH

Faktor-faktor permasalahan yang melatarbelakangi perencanaan optimalisasi *Runway* dan manfaat yang akan didapatkan memiliki hubungan

keterkaitan satu sama lain. Hubungan tersebut dapat dirumuskan dalam diagram keterkaitan masalah yang tampak pada Gambar 1.1 berikut ini.



**Gambar 1.1 Diagram Keterkaitan Masalah**

### 1.3. PERUMUSAN MASALAH

Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, pokok permasalahan yang akan dibahas pada penelitian kali ini adalah peningkatan jumlah penumpang di bandara yang tidak sebanding dengan jumlah *runway* dan jalurnya. Untuk itu, penulis harus mengetahui jumlah *runway* yang optimal pada Bandara Soekarno-Hatta pada 10 tahun kedepan. Peneliti membutuhkan data mengenai jumlah penerbangan beserta jumlah penumpang selama 15 tahun yang lalu dan jadwal penerbangannya. Data tersebut selanjutnya akan digunakan untuk meramalkan jumlah penerbangan beserta jumlah penumpangnya untuk 10 tahun ke depan dengan menerapkan ilmu TI. Hasil peramalan itu akan digunakan untuk menentukan apakah perlu untuk membangun *runway* yang baru dan jika perlu kapan waktu yang tepat untuk menambah *runway* baru tersebut.

### 1.4. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah memperoleh jumlah *runway* yang tepat dan kapan *runway* tersebut dibutuhkan di bandara.

### 1.5. BATASAN MASALAH

Penelitian akan dilakukan dalam ruang lingkup berikut ini:

- Hanya meliputi perencanaan penambahan *runway* yang tepat di Bandara Soekarno-Hatta (bukan konfigurasi, panjang, lebar, dll).
- Pengambilan data sekunder hanya dapat dilakukan di Bandara Soekarno-Hatta

### 1.6. METODOLOGI PENELITIAN

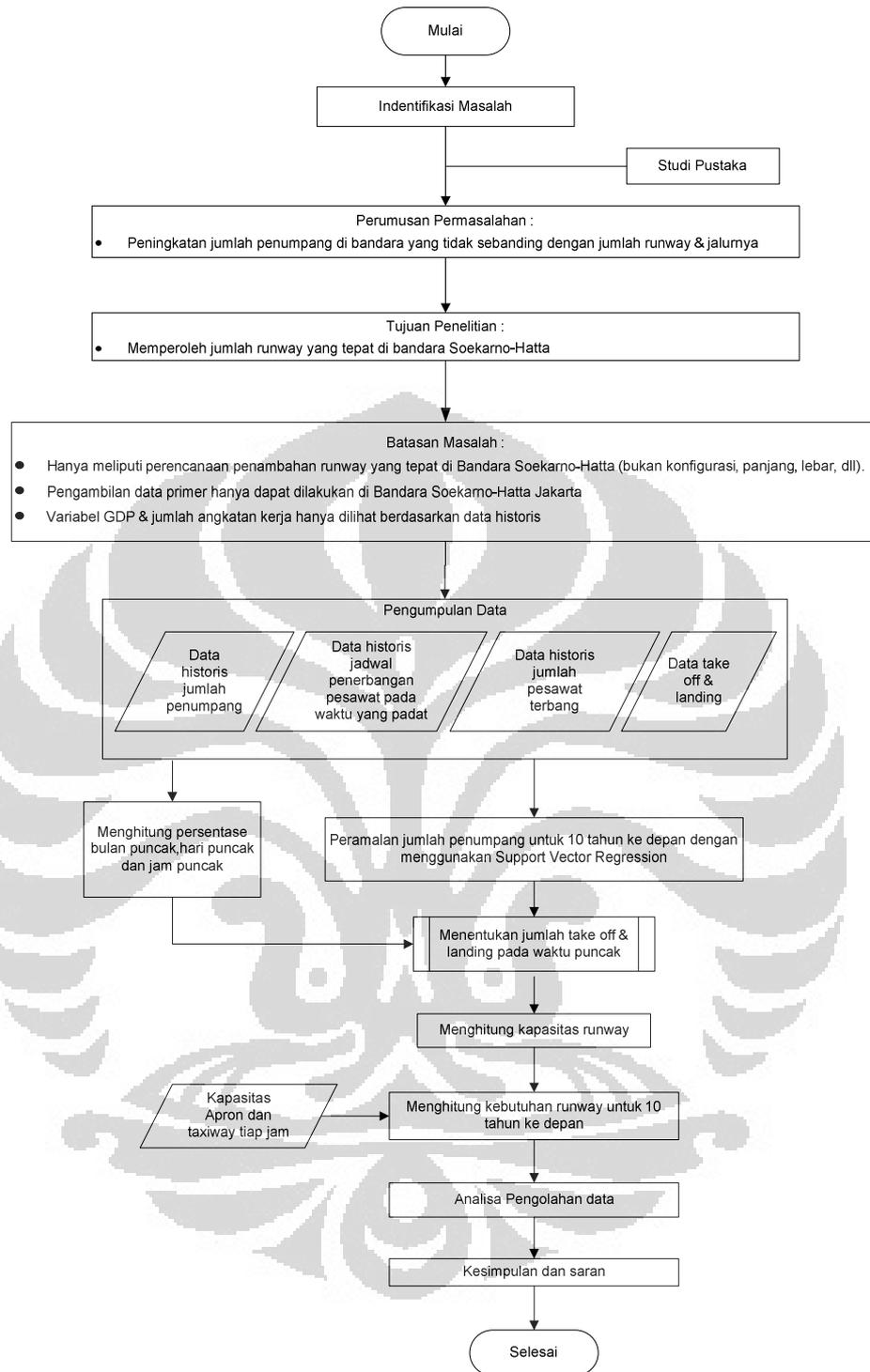
Dalam pengerjaan penelitian penentuan jumlah terminal yang optimal ini maka akan dilaksanakan penelitian dengan metode sebagai berikut :

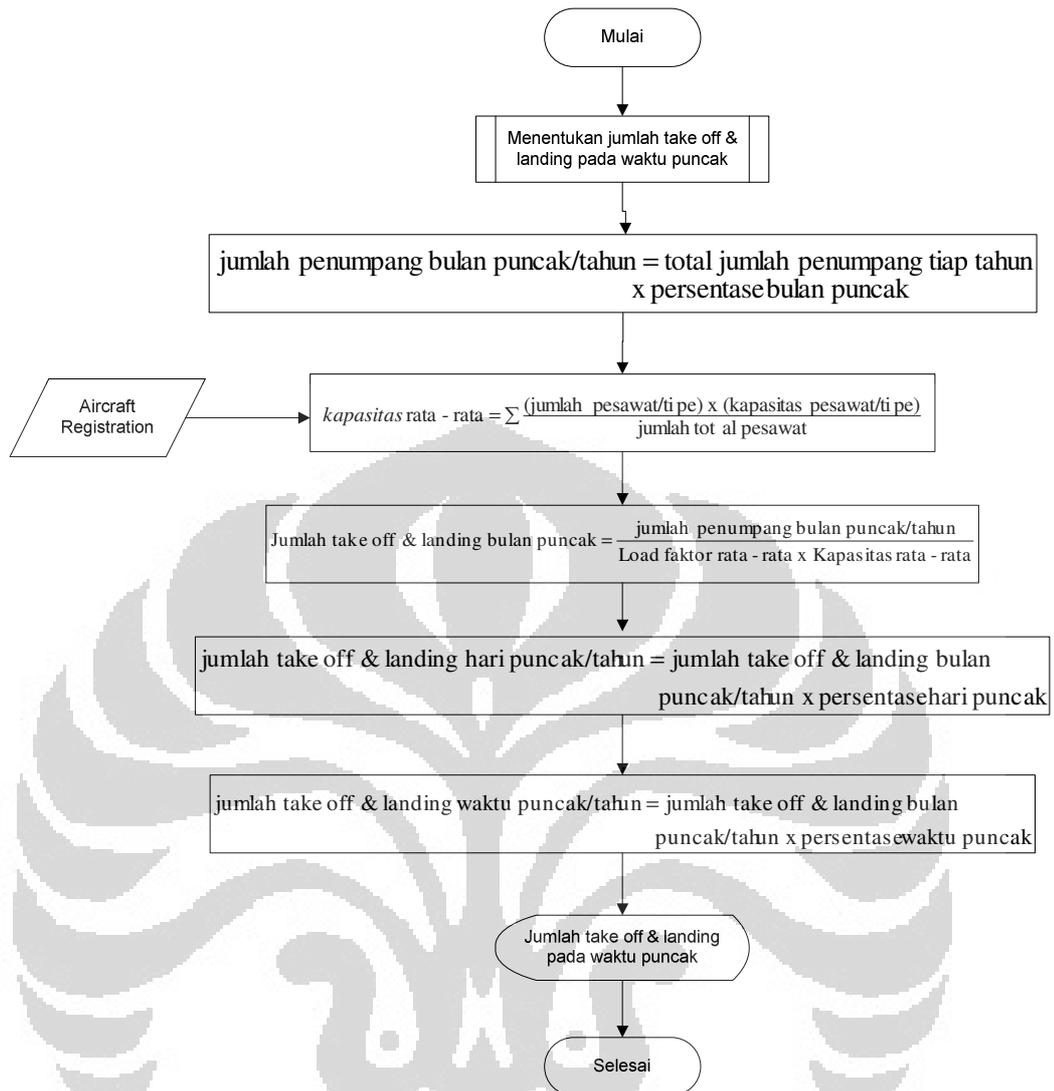
- Mendefinisikan masalah (*Define Problem*)

Setiap *runway* yang terdapat pada Bandara Soekarno-Hatta mempunyai satu atau beberapa tujuan. Sebuah perumusan masalah yang efektif akan berdampak kepada model yang akan dibuat.

- Mencari data (*Build a Data*)  
Yang dibutuhkan adalah sebuah data historis yang dimiliki oleh perusahaan. Beberapa data penunjang yang menunjukkan perilaku penumpang yang menggunakan jasa angkutan udara juga akan dibutuhkan.
- Mempelajari data (*Explore the Data*)  
Pada tahap ini data yang telah diperoleh ditelaah dan dianalisa. Data mulai diolah secara statistik (mulai dari yang bersifat deskriptif seperti rata-rata, standar deviasi dan sebagainya) dan melihat distribusi data.
- Menyiapkan data untuk dibuat model (*Prepare Data for Modelling*)  
Ada empat langkah yang penting di dalam tahap ini. Pertama memilih variable-variable yang akan dimasukkan ke dalam model. Kedua melihat apakah perlu dimasukkannya variable turunan. Berikutnya memilih sampel data untuk membuat model. Sampel boleh digunakan jika data yang kita dapat banyak karena sample acak tidak akan menghilangkan informasi penting dari permasalahan. Dan yang terakhir adalah mengubah variable-variable tersebut menjadi sesuai dengan kebutuhan model yang akan dibuat.
- Membuat model dan pengolahan data (*Build a Model and data processing*)  
Tujuan dari tahap ini adalah menganalisis data dengan menggunakan algoritma yang sesuai untuk menemukan pola yang berarti, aturan, dan membuat model perkiraan.
- Tahap evaluasi hasil (*Evaluate Results*)  
Model yang ada di analisa untuk memilih model-model yang valid dan berguna di dalam pengambilan keputusan mengenai jumlah *runway* yang optimal pada Bandara Soekarno-Hatta melihat tingginya jumlah penumpang yang menggunakan jasa angkutan udara tersebut.
- Penarikan kesimpulan  
Dalam tahapan ini akan dihasilkan kesimpulan mengenai keseluruhan penelitian tugas akhir, serta saran dan masukan yang berguna untuk pihak perusahaan

Metodologi penelitian ini akan dirangkum pada alur proses yang terdapat pada Gambar 1.2 di bawah ini.





**Gambar 1.2 Diagram Alir Metodologi Penelitian**

### 1.7. SISTEMATIKA PENULISAN

Dalam penelitian ini akan dibahas mengenai optimasi perencanaan *runway* untuk 10 tahun ke depan akan dipaparkan ke dalam 5 bagian. Pada bab pertama atau bab pendahuluan terdiri dari latar belakang permasalahan, diagram keterkaitan masalah, perumusan permasalahan, tujuan penelitian, batasan masalah, metodologi penelitian, diagram alir metodologi penelitian, dan sistematika penulisan. Pada bab ini akan dijelaskan secara singkat mengenai akar permasalahan penyebab adanya optimasi *runway* bandara ini serta gambaran singkat dari penelitian ini.

Selanjutnya pada bab kedua atau bab dasar teori akan dibahas mengenai dasar teori dari penelitian ini, yakni mengenai peramalan terhadap jumlah penumpang untuk 10 tahun kedepan dengan menggunakan data historis 5 tahun sebelumnya dan mempertimbangkan *peak hour*. Selain itu, pada bab dasar teori ini akan dibahas pula mengenai penjelasan masing-masing variabel dan beberapa gambaran umum mengenai bandara, *Runway*, serta macam-macam konfigurasi, cara perhitungan kapasitas *runway* tiap jam berdasarkan uji empiris yang dilakukan oleh PT. Angkasa Pura pada Bandara Soekarno-Hatta dan bandara di Brazil.

Kemudian pada bab ketiga atau bab peramalan jumlah penumpang yang akan diuraikan mengenai profil singkat mengenai PT. Angkasa Pura II yang merupakan objek pengambilan data, khususnya di dalam melakukan peramalan terhadap jumlah penumpang untuk 10 tahun ke depan. Pada bab ini pula akan diuraikan mengenai langkah-langkah peramalan penelitian ini dan juga penentuan persentase puncak.

Untuk bab keempat merupakan bab penghitungan *runway* dan analisa yang akan dijelaskan secara komprehensif mengenai tahap-tahap penghitungan kapasitas *runway*, serta analisa mengenai penentuan jumlah *runway* terkait dengan tujuan yang ingin di capai, yaitu untuk memperoleh jumlah *runway* yang tepat di bandara Soekarno-Hatta

Pada bab yang terakhir dari laporan penelitian ini adalah pada bab kesimpulan dan saran yang akan membahas mengenai kesimpulan secara menyeluruh dari penelitian ini serta beberapa saran yang akan diuraikan oleh penulis yang akan bermanfaat bagi Bandara Soekarno-Hatta terutama *runway*nya.

## BAB 2 DASAR TEORI

### 2.1. Bandar Udara

#### 2.1.1. Gambaran Umum Mengenai Bandar Udara

Dalam Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 1992, tanggal 25 Mei 1992, tentang Penerbangan, dan Peraturan Pemerintah Nomor 71 Tahun 1996, tanggal 4 Desember 1996, tentang Kebandarudaraan, diperbaharui dengan Peraturan Pemerintah Nomor 70 Tahun 2001, tentang Kebandarudaraan, yang dimaksud dengan Bandar Udara adalah lapangan terbang yang digunakan untuk mendarat dan lepas landas pesawat udara, naik/turun penumpang, dan/atau bongkar muat kargo dan/atau pos serta dilengkapi dengan fasilitas keselamatan penerbangan dan sebagai tempat perpindahan antar moda transportasi. Pelabuhan udara, bandar udara atau bandara merupakan sebuah fasilitas tempat pesawat terbang dapat lepas landas dan mendarat. Bandara yang paling sederhana minimal memiliki sebuah landas pacu namun bandara-bandara besar biasanya dilengkapi berbagai fasilitas lain, baik untuk operator layanan penerbangan maupun bagi penggunanya.

Dalam Document 4444 *Air Traffic Management*, ICAO (Internasional Civil Aviation Organization), Bandar Udara didefinisikan sebagai suatu tempat atau daerah, di darat atau di perairan dengan batas-batas tertentu, termasuk bangunan dan instalasi, yang dibangun untuk keperluan pergerakan pesawat terbang lepas landas (*take-off*), pendaratan (*landing*), atau pergerakan di permukaan (*taxiing*).

Menurut PT (persero) Angkasa Pura : Bandar Udara, ialah lapangan udara, termasuk segala bangunan dan peralatan yang merupakan kelengkapan minimal untuk menjamin tersedianya fasilitas bagi angkutan udara untuk masyarakat.

Menurut Annex 9, *Facilitation*, Bab I, Definisi dan Penerapan, Bandar Udara Internasional adalah : “*Any Airport designated by the Contracting State in whose territory it is situated as an airport of entry and departure for international*

*air traffic, where are formalities incident to customs, immigration, public health, animal, and plant quarantine and similar procedures are carried out.”*

Suatu bandara mencakup suatu kumpulan kegiatan yang luas yang mempunyai kebutuhan-kebutuhan yang berbeda dan terkadang saling bertentangan antara satu kegiatan dengan kegiatan lainnya. Misalnya kegiatan keamanan membatasi sedikit mungkin hubungan (pintu-pintu) antara sisi darat (*land side*) dan sisi udara (*air side*), sedangkan kegiatan pelayanan memerlukan sebanyak mungkin pintu terbuka dari sisi darat ke sisi udara agar pelayanan berjalan lancar. Kegiatan-kegiatan itu saling tergantung satu sama lainnya sehingga suatu kegiatan tunggal dapat membatasi kapasitas dari keseluruhan kegiatan. Agar usaha-usaha perencanaan bandara untuk masa depan berhasil dengan baik, usaha-usaha itu harus didasarkan kepada pedoman-pedoman yang dibuat berdasarkan pada rencana induk dan sistem bandara yang menyeluruh, baik berdasarkan peraturan FAA, ICAO ataupun Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 70 Tahun 2001 tentang Kebandarudaraan dan Kepmen Perhubungan No. KM 44 Tahun 2002 tentang Tatanan Kebandarudaraan Nasional.

Beberapa istilah kebandarudaraan yang perlu diketahui adalah sebagai berikut (Basuki, 1996; Sartono, 1996 dan PP No. 70 thn 2001):

- *Airport*: Area daratan atau air yang secara regular dipergunakan untuk kegiatan *take-off and landing* pesawat udara. Diperengkapi dengan fasilitas untuk pendaratan, parkir pesawat, perbaikan pesawat, bongkar muat penumpang dan barang, dilengkapi dengan fasilitas keamanan dan terminal building untuk mengakomodasi keperluan penumpang dan barang dan sebagai tempat perpindahan antar moda transportasi.
- *Kebandarudaraan*: meliputi segala sesuatu yang berkaitan dengan penyelenggaraan nadar udara (bandara) dan kegiatan lainnya dalam melaksanakan fungsi sebagai bandara dalam menunjang kelancaran, keamanan dan ketertiban arus lalu lintas pesawat udara, penumpang, barang dan pos.
- *Airfield*: Area daratan atau udara yang dapat dipergunakan untuk kegiatan *take-off and landing* pesawat udara. fasilitas untuk pendaratan, parkir

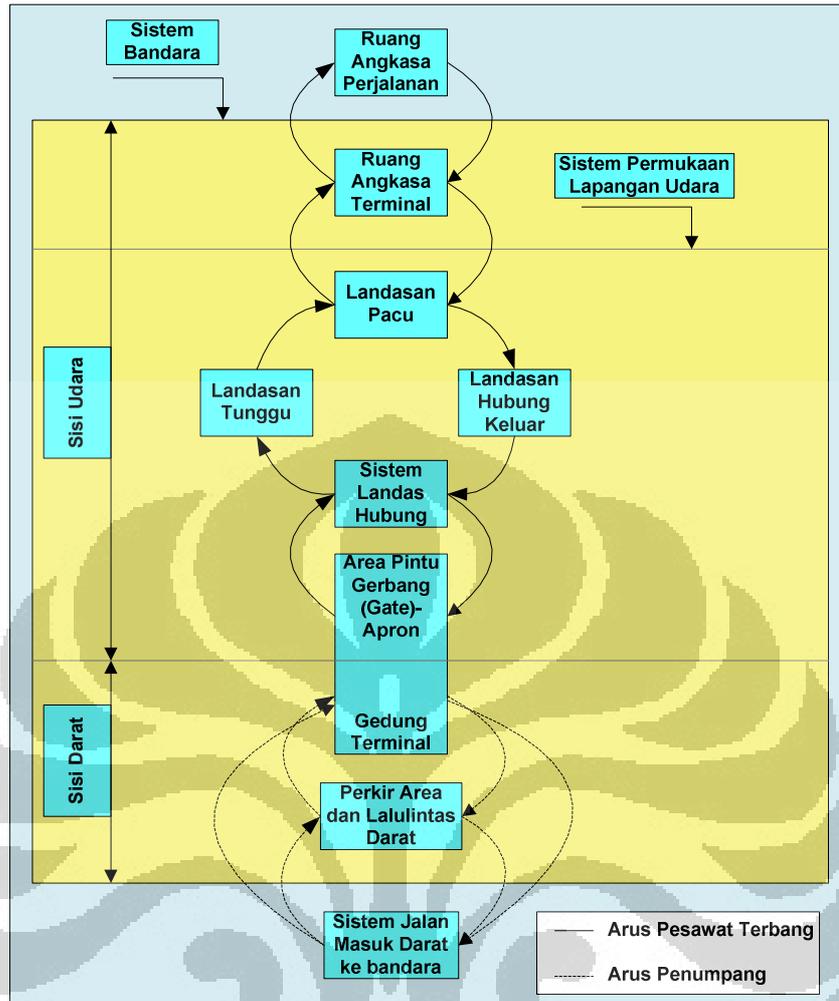
pesawat, perbaikan pesawat dan terminal building untuk mengakomodasi keperluan penumpang pesawat.

- *Aerodrom*: Area tertentu baik di darat maupun di udara (meliputi bangunan sarana-dan prasarana, instalasi infrastruktur, dan peralatan penunjang) yang dipergunakan baik sebagian maupun keseluruhannya untuk kedatangan, keberangkatan penumpang dan barang, pergerakan pesawat terbang. Namun aerodrom belum tentu dipergunakan untuk penerbangan yang terjadwal.
- *Aerodrom reference point*: Letak geografi suatu aerodrom.
- *Landing area*: Bagian dari lapangan terbang yang dipergunakan untuk *take off dan landing*. Tidak termasuk terminal area.
- *Landing strip*: Bagian yang berbentuk panjang dengan lebar tertentu yang terdiri atas *shoulders* dan *runway* untuk tempat tinggal landas dan mendarat pesawat terbang.
- *Runway (r/w)*: Bagian memanjang dari sisi darat aerodrom yang disiapkan untuk tinggal landas dan mendarat pesawat terbang.
- *Taxiway (t/w)*: Bagian sisi darat dari aerodrom yang dipergunakan pesawat untuk berpindah (*taxi*) dari *runway* ke *apron* atau sebaliknya.
- *Apron*: Bagian aerodrom yang dipergunakan oleh pesawat terbang untuk parkir, menunggu, mengisi bahan bakar, mengangkat dan membongkar muat barang dan penumpang. Perkerasannya dibangun berdampingan dengan *terminal building*.
- *Holding apron*: Bagian dari aerodrom area yang berada didekat ujung landasan yang dipergunakan oleh pilot untuk pengecekan terakhir dari semua instrumen dan mesin pesawat sebelum *take off*. Dipergunakan juga untuk tempat menunggu sebelum *take off*.
- *Holding bay*: Area diperuntukkan bagi pesawat untuk melewati pesawat lainnya saat taxi, atau berhenti saat taxi.
- *Terminal Building*: Bagian dari aeroderom difungsikan untuk memenuhi berbagai keperluan penumpang dan barang, mulai dari tempat pelaporan ticket, imigrasi, penjualan ticket, ruang tunggu, cafetaria, penjualan souvenir, informasi, komunikasi, dan sebagainya.

- *Turning area*: Bagian dari area di ujung landasan pacu yang dipergunakan oleh pesawat untuk berputar sebelum take off.
- *Over run (o/r)*: Bagian dari ujung landasan yang dipergunakan untuk mengakomodasi keperluan pesawat gagal lepas landas. Over run biasanya terbagi 2 (dua) : (i) *Stop way* : bagian *over run* yang lebarnya sama dengan run way dengan diberi perkerasan tertentu, dan (ii) *Clear way*: bagian over run yang diperlebar dari stop way, dan biasanya ditanami rumput.
- *Fillet*: Bagian tambahan dari pavement yang disediakan pada persimpangan runway atau taxiway untuk memfasilitasi beloknya pesawat terbang agar tidak tergelincir keluar jalur perkerasan yang ada.
- *Shoulders*: Bagian tepi perkerasan baik sisi kiri kanan maupun muka dan belakang runway, taxiway dan apron.

### 2.1.2. Layout Bandar Udara

Tata letak bandar udara secara umum terdiri dari tiga (3) daerah yang disebut sebagai sisi udara, sisi darat, dan Terminal seperti yang terlihat pada gambar 2.1. Sedangkan lokasi terminal umumnya terletak di perbatasan dari sisi udara dan sisi darat, karena utilitas dan persyaratan khusus yang berlaku untuk terminal bandara. Setiap bidang utama dari bandara (sisi udara, sisi darat, terminal) memiliki persyaratan khusus sendiri. persyaratan sisi udara/sisi darat dan parameter operasional harus dipertimbangkan dengan cermat ketika merencanakan dan merancang sebuah bandar udara baru atau fasilitas. Persyaratan, penghalang dan langkah-langkah batas yang menggambarkan sisi udara dari sisi darat, dapat memiliki efek besar pada, karyawan, efisiensi fasilitas dan aksesibilitas publik, dan estetika secara keseluruhan. Keamanan sisi udara yang efektif sangat bergantung pada aplikasi yang terintegrasi dari hambatan fisik, identifikasi dan sistem kontrol akses, alat-alat pengintai atau deteksi, penerapan prosedur keamanan, dan penggunaan sumber daya yang efisien.



**Gambar 2.1** Layout Sistem Bandara

a. Airside (Sisi Udara)

Biasanya, sisi udara yang berada di luar stasiun keamanan penyaringan dan perimeter membatasi (pagar, dinding atau batas lainnya) dan termasuk landasan pacu (runway), taxiway, apron, parkir pesawat dan area pementasan dan fasilitas lainnya yang berhubungan dengan pelayanan dan pemeliharaan pesawat. Untuk operasional, keselamatan geografis, atau alasan keamanan, fasilitas lain seperti fasilitas penyewa dan kargo mungkin berlokasi di sisi udara juga. Karena sisi udara pada umumnya mencakup bidang keamanan untuk persyaratan tertentu yang berlaku di bawah 49 CFR 1542, misalnya, Daerah Operasi Pesawat (AOA), Area Tampilan Identifikasi Keamanan (SIDA) dan Wilayah aman, sisi udara harus non publik. Selain faktor yang berhubungan dengan Fasilitas, Luas dan Letak Geografis Penempatan, faktor-

faktor berikut harus dipertimbangkan ketika menentukan batas-batas sisi udara dan orientasi:

- 1) Area berbahaya yang dapat mempengaruhi keselamatan atau keamanan pesawat yang sedang parkir atau bergerak;
- 2) Daerah Tersembunyi /lebat yang dapat menyembunyikan orang atau benda yang mungkin membahayakan pesawat atau sistem penting bandara;
- 3) Fasilitas dampingan yang memiliki masalah keamanan dan ketentuan mereka sendiri, misalnya, pemasyarakatan, militer atau fasilitas lain yang dapat mempengaruhi atau dipengaruhi oleh kedekatan operasi sisi udara;
- 4) Alam, struktur logam besar / bangunan atau fasilitas elektronik yang dapat mempengaruhi komunikasi darat atau pesawat udara atau sistem navigasi; (komunikasi yang berkurang atau terbatas dapat membahayakan keselamatan tidak hanya pesawat dan personil bandara, tetapi juga membatasi kemampuan respon keamanan dan ketersediaan informasi pada saat darurat serta situasi rutin.)
- 5) Kedekatan dengan sekolah, hotel, taman atau fasilitas masyarakat yang mungkin mempengaruhi atau dipengaruhi oleh kedekatan pesawat dan keamanan terkait dan masalah keamanan.

Bagi bandara untuk mendapatkan sertifikasi yang diperlukan untuk operasi, sisi udara harus mampu mempertahankan wilayah operasional yang dibutuhkan dengan jelas, memiliki rute tanggap darurat dan waktu respon yang memadai, dan ada langkah-langkah keamanan yang diperlukan di tempat.

#### b. Landside (Sisi Darat)

Diluar terminal, sisi darat bandara adalah wilayah bandara dan bangunan yang baik penumpang yang bepergian dan orang-orang yang tidak berpergian harus memiliki akses terbatas. Biasanya, fasilitas sisi darat meliputi patron dan tempat parkir umum, jalan raya akses publik, fasilitas sewa mobil, taksi dan area transportasi darat, dan fasilitas hotel di-bandara. Karena sisi darat meliputi semua daerah non-sisi udara (selain terminal), lokasinya ditentukan oleh sisi udara dan batas perimeternya. Karena tidak langsung dipengaruhi oleh pengoperasian pesawat udara, sisi darat biasanya memiliki persyaratan

keamanan yang tidak begitu ketat dibandingkan sisi udara. Namun, beberapa wilayah dan persyaratan komunikasi masih dapat mempengaruhi desain dan tata letak sisi darat, seperti pagar sisi udara / batas, pendekatan pesawat meluncur lereng, lokasi peralatan komunikasi, navigasi dan daerah non-gangguan, dan keamanan tinggi di daerah terminal. Sisi darat secara umum harus memenuhi standar yurisdiksi lokal untuk keselamatan publik dan keamanan, yang mungkin mengakibatkan persyaratan keselamatan khusus yang akan berhubungan dengan keamanan bandara secara keseluruhan dan sistem keamanan kebakaran.

### c. Terminal

Terminal bandara adalah bangunan yang dirancang untuk mengakomodasi kegiatan operator pesawat penumpang. Bandara yang lebih besar sering memiliki lebih dari satu terminal. Dalam hal ini, istilah "terminal" biasanya merujuk pada bangunan utama atau kelompok bangunan tempat dijadwalkan pesawat komersial terjadi atau dari mana orang-orang yang telah melewati proses penyaringan keamanan yang akan melanjutkan ke fasilitas yang berada di tempat lain pada sisi udara tersebut. Terminal biasanya area bandara yang paling tinggi tingkat keamanan, keselamatan, dan persyaratan operasionalnya. Banyak dari persyaratan ini erat terkait dengan lokasi wilayah keamanan dalam, dan di dekat, terminal. Karena terminal biasanya melintasi batas antara sisi udara dan sisi darat, bagian-bagian tertentu harus memenuhi persyaratan dari kedua daerah. Ketika merancang sebuah fasilitas baru, terminal harus terletak di pusat kota di situs bandara bila memungkinkan. Hal Ini tidak hanya berguna untuk menyediakan akses efisien untuk kebanyakan landasan pacu pesawat dan fasilitasnya, tetapi dapat memperoleh manfaat keamanan terminal juga. Terminal terpusat menyangga terminal dari ancaman luar-bandara dan risiko keamanan karena jarak. Konsep dasar dalam perencanaan keamanan, yaitu jarak, menyediakan fleksibilitas bagi operator bandara untuk dimasukkan ke dalam sistem untuk mendeteksi, delay, dan merespon (DDR) untuk penetrasi yang tidak sah. Terminal terpusat juga dapat meminimalkan

gangguan komunikasi yang mungkin disebabkan oleh fasilitas non-bandara yang berdekatan.

Secara umum fasilitas pada suatu bandara terbagi dalam 3 bagian yaitu; Landing Movement (LM), Terminal Area, dan Terminal Traffic Control (TCC) seperti yang terlihat pada gambar 2.2 :

#### 1. Landing movement (LM)

Merupakan suatu areal utama dari bandara yang terdiri dari; *runway*, *taxiway* dan *apron*. *Runway* adalah jalur perkerasan yang dipergunakan oleh pesawat terbang untuk mendarat (*landing*) atau lepas landas (*take off*). adalah bagian dari bandar udara yang digunakan sebagai tempat parkir pesawat terbang. Selain untuk parkir, pelataran pesawat digunakan untuk mengisi bahan bakar, menurunkan penumpang, dan mengisi penumpang pesawat terbang. Pelataran pesawat berada pada sisi udara (*airport side*) yang langsung bersinggungan dengan bangunan terminal, dan juga dihubungkan dengan jalan rayap (*taxiway*) yang menuju ke landas pacu. *Taxiway* adalah jalan penghubung antara landas pacu dengan pelataran pesawat (*apron*), kandang pesawat (*hangar*), terminal, atau fasilitas lainnya di sebuah bandar udara. Sebagian besar *taxiway* mempunyai permukaan keras yang merupakan lapisan aspal atau beton, walaupun bandar udara yang lebih kecil terkadang menggunakan batu kerikil atau rumput. Bandara-bandara yang sibuk umumnya membangun *taxiway* berkecepatan tinggi sehingga pesawat terbang dapat lebih cepat meninggalkan landas pacu. Hal ini dilakukan agar landas pacu dapat dikosongkan dalam jangka waktu yang lebih pendek untuk memberikan ruang bagi pesawat lainnya untuk mendarat.

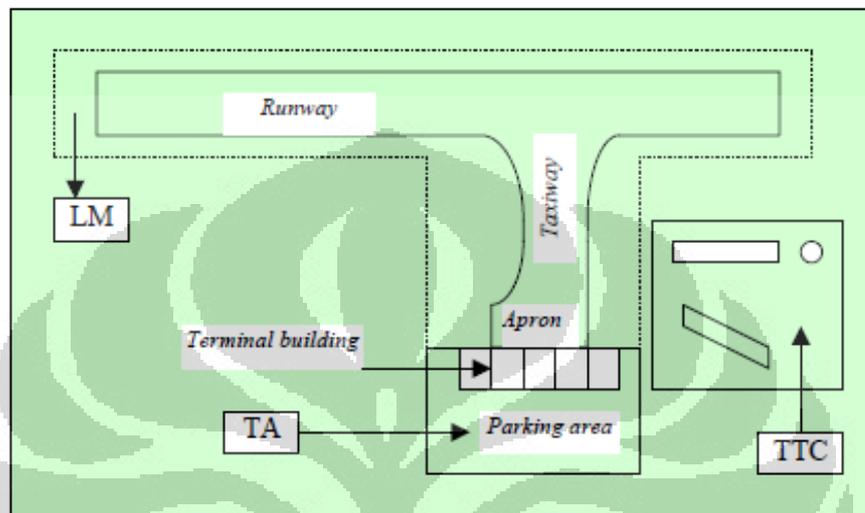
#### 2. Terminal Area (TA)

*Terminal area* adalah merupakan suatu areal utama yang mempunyai *interface* antara lapangan udara dan bagian-bagian dari bandara yang lain. Sehingga dalam hal ini mencakup fasilitas-fasilitas pelayanan penumpang (*passenger handling system*), penanganan barang kiriman (*cargo handling*), perawatan dan administrasi bandara.

### 3. Terminal Traffic Control (TTC)

*Terminal traffic control* merupakan fasilitas pengatur lalu lintas udara dengan berbagai peralatannya seperti sistem radar dan navigasi.

Untuk lebih jelas mengenai fasilitas bandara tersebut dapat dilihat pada Gambar berikut:



**Gambar 2.2 Sketsa Umum Fasilitas Bandara**

Sumber: Indrayadi, 2004

### 2.2. Runway (Landasan Pacu)

*Runway* adalah jalur perkerasan yang dipergunakan oleh pesawat terbang untuk mendarat (*landing*) atau lepas landas (*take off*). Menurut Horonjeff (1994) sistem *runway* di suatu bandara terdiri dari perkerasan struktur, bahu landasan (*shoulder*), bantal hembusan (*blast pad*), dan daerah aman *runway* (*runway end safety area*). Uraian dari sistem *runway* adalah sebagai berikut:

- 1) Perkerasan struktur mendukung pesawat sehubungan dengan beban struktur, kemampuan manuver, kendali, stabilitas dan kriteria dimensi dan operasi lainnya.
- 2) Bahu landasan (*shoulder*) yang terletak berdekatan dengan pinggir perkerasan struktur menahan erosi hembusan jet dan menampung peralatan untuk pemeliharaan dan keadaan darurat.
- 3) Bantal hembusan (*blast pad*) adalah suatu daerah yang dirancang untuk mencegah erosi permukaan yang berdekatan dengan ujung-ujung *runway* yang

menerima hembusan jet yang terus-menerus atau yang berulang. ICAO menetapkan panjang bantal hembusan 100 feet (30 m), namun dari pengalaman untuk pesawat-pesawat transport sebaiknya 200 feet (60 m), kecuali untuk pesawat berbadan lebar panjang bantal hembusan yang dibutuhkan 400 feet (120 m). Lebar bantal hembusan harus mencakup baik lebar *runway* maupun bahu landasan (Horonjeff, 1994).

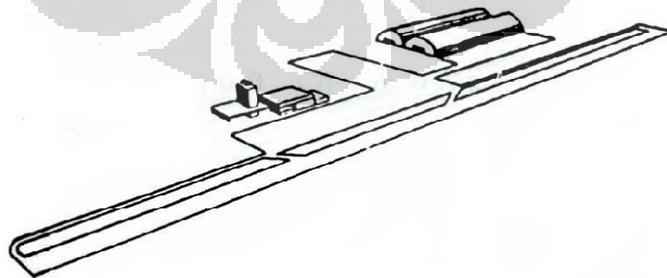
- 4) Daerah aman *runway* (*runway end safety area*) adalah daerah yang bersih tanpa benda-benda yang mengganggu, diberi drainase, rata dan mencakup perkerasan struktur, bahu landasan, bantal hembusan dan daerah perhentian, apabila disediakan. Daerah ini selain harus mampu untuk mendukung peralatan pemeliharaan dan dalam keadaan darurat juga harus mampu mendukung pesawat seandainya pesawat karena sesuatu hal keluar dari landasan.

### 2.2.1 Konfigurasi Runway

Terdapat banyak konfigurasi *runway*. Kebanyakan adalah kombinasi konfigurasi dasar. Bentuk-bentuk *runway* dapat dilihat pada Gambar 2.3. Berikut adalah uraian beberapa bentuk dari konfigurasi dasar *runway* (Horonjeff, 1994):

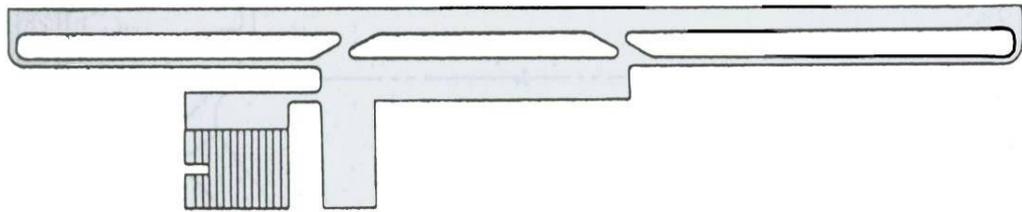
#### a) Runway Tunggal

Konfigurasi ini merupakan konfigurasi yang paling sederhana seperti pada gambar 2.4. Kapasitas *runway* jenis ini dalam kondisi VFR berkisar diantara 50 sampai 100 operasi per jam, sedangkan dalam kondisi IFR kapasitasnya berkurang menjadi 50 sampai 70 operasi, tergantung pada komposisi campuran pesawat terbang dan alat-alat bantu navigasi yang tersedia.



**Gambar 2.3 Single Runway Parallel Concept Aerial View**

(sumber ICAO, 1984)



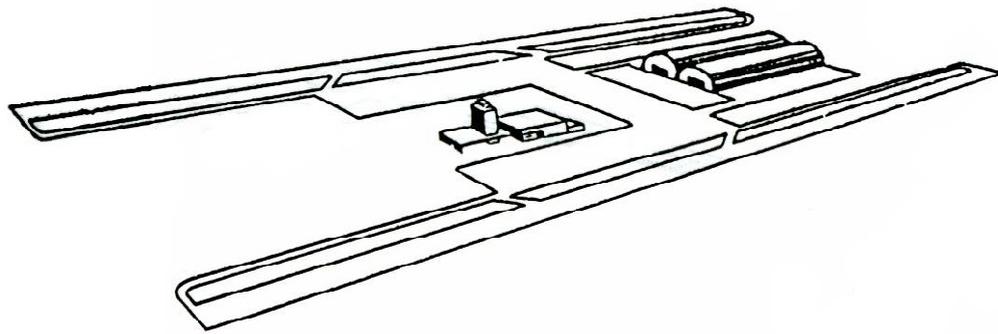
**Gambar 2.4 Single Runway Parallel Concept – Top View**

(sumber ICAO, 1984)

Kondisi VFR (*Visual Flight Rules*) adalah kondisi penerbangan dengan keadaan cuaca yang sedemikian rupa sehingga pesawat terbang dapat mempertahankan jarak pisah yang aman dengan cara-cara visual. Sedangkan kondisi IFR (*Instrument Flight Rules*) adalah kondisi penerbangan apabila jarak penglihatan atau batas penglihatan berada dibawah yang ditentukan oleh VFR. Dalam kondisi-kondisi IFR jarak pisah yang aman di antara pesawat merupakan tanggung jawab petugas pengendali lalu lintas udara, sementara dalam kondisi VFR hal itu merupakan tanggung jawab penerbang. Jadi dalam kondisi-kondisi VFR, pengendalian lalu lintas udara adalah sangat kecil, dan pesawat terbang diizinkan terbang atas dasar prinsip “melihat dan dilihat”.

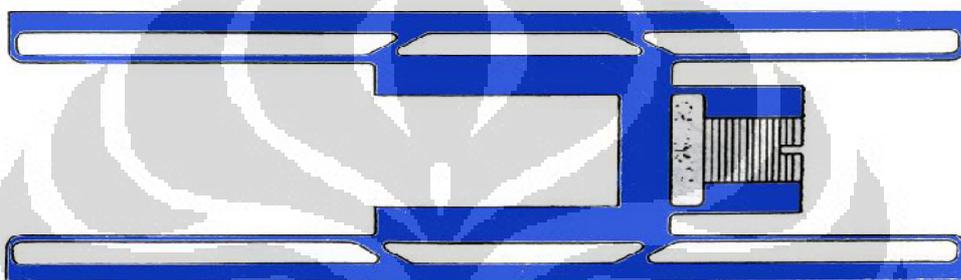
**b) Runway Sejajar**

Kapasitas sistem ini sangat tergantung pada jumlah *runway* dan jarak diantaranya. Untuk *runway* sejajar berjarak rapat, menengah dan renggang kapasitasnya per jam dapat bervariasi di antara 100 sampai 200 operasi dalam kondisi-kondisi VFR, tergantung pada komposisi campuran pesawat terbang. Sedangkan dalam kondisi IFR kapasitas per jam untuk yang berjarak rapat berkisar di antara 50 sampai 60 operasi, tergantung pada komposisi campuran pesawat terbang. Untuk *runway* sejajar yang berjarak menengah kapasitas per jam berkisar antara 60 sampai 75 operasi dan untuk yang berjarak renggang antara 100 sampai 125 operasi per jam seperti pada gambar 2.5 dan gambar 2.6.



**Gambar 2.5 Open Parallel Concept – Aerial View**

(sumber ICAO 1984)



**Gambar 2.6 Open Parallel Concept – Top View**

(sumber ICAO, 1984)

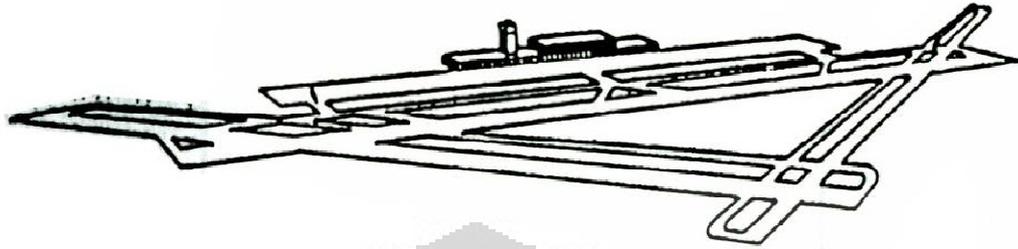
*Runway* dua jalur dapat menampung lalu lintas paling sedikit 70 persen lebih banyak dari *runway* tunggal dalam kondisi VFR dan kira-kira 60 persen lebih banyak dari *runway* tunggal dalam kondisi IFR.

#### c) Runway Bersilang

Kapasitas *runway* yang bersilangan sangat tergantung pada letak persilangannya dan pada cara pengoperasian *runway* yang disebut strategi (lepas landas atau mendarat). Makin jauh letak titik silang dari ujung lepas landas *runway* dan ambang (*threshold*) pendaratan, kapasitasnya makin rendah.

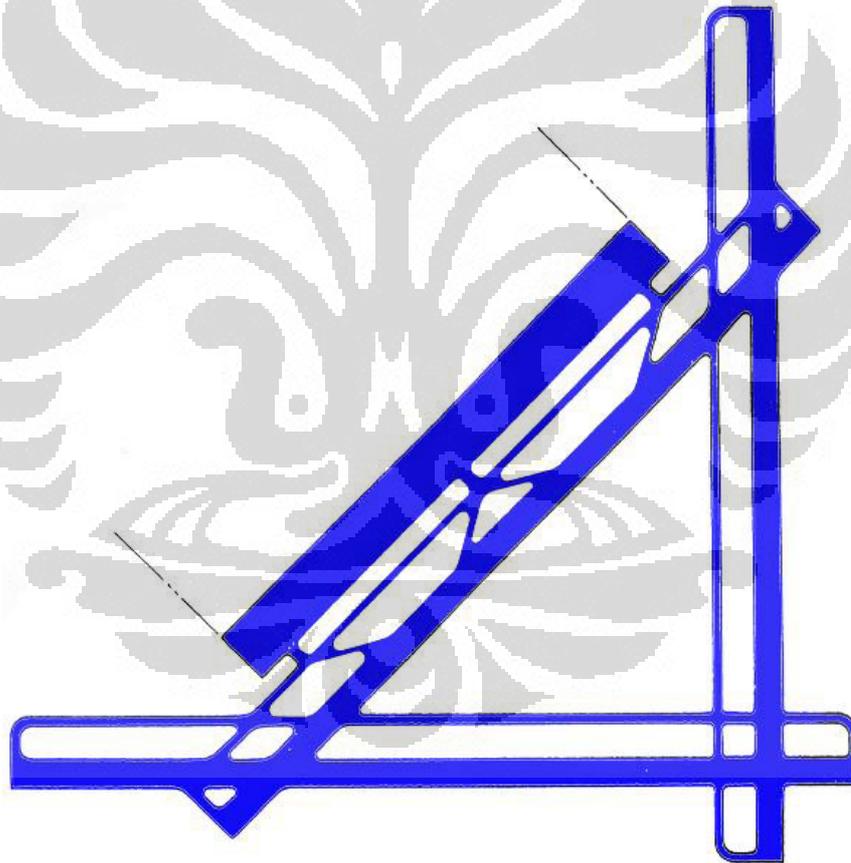
Kapasitas tertinggi dicapai apabila titik silang terletak dekat dengan ujung lepas landas dan ambang pendaratan (Gambar 2.7 dan Gambar 2.8). Kapasitas per jam adalah 60 sampai 70 operasi dalam kondisi IFR dan 70 sampai 175 operasi dalam kondisi VFR yang tergantung pada campuran pesawat. Kapasitas per jam dalam kondisi IFR adalah 45 sampai 60 operasi dan dalam kondisi VFR dari 60

sampai 100 operasi. Kapasitas per jam dalam kondisi IFR adalah 40 sampai 60 operasi dan dalam kondisi VFR dari 50 sampai 100 operasi.



**Gambar 2.7 *Intersecting Runways-Aerial View***

(sumber ICAO, 1984)

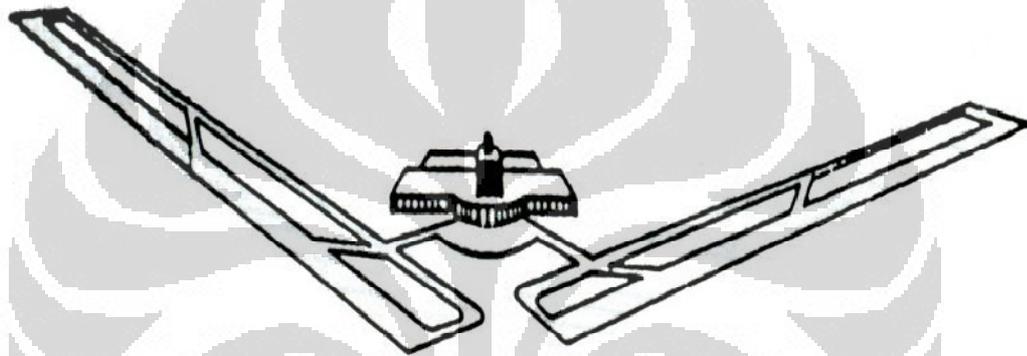


**Gambar 2.8 *Intersecting Runways – Top View***

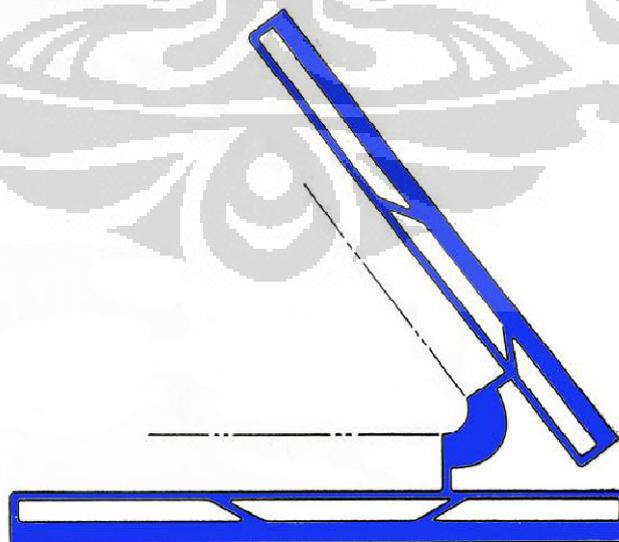
(sumber ICAO, 1984)

**d) Runway V Terbuka**

*Runway V* terbuka merupakan *runway* yang arahnya memencar (*divergen*) tetapi tidak berpotongan. Strategi yang menghasilkan kapasitas tertinggi adalah apabila operasi penerbangan dilakukan menjauhi V (Gambar 2.9). Dalam kondisi IFR, kapasitas per jam untuk strategi ini berkisar antara 50 sampai 80 operasi tergantung pada campuran pesawat terbang, dan dalam kondisi VFR antara 60 sampai 180 operasi. Apabila operasi penerbangan dilakukan menuju V (Gambar II.10), kapasitasnya berkurang menjadi 50 atau 60 dalam kondisi IFR dan antara 50 sampai 100 dalam VFR.



**Gambar 2.9 Non-Intersecting Divergent Runways-Aerial View**  
(sumber ICAO 1984)



**Gambar. 2.10 Non-Intersecting Divergent Runways- Top View**  
(sumber ICAO, 1984)

## **2.2.2 Kapasitas Runway**

### **2.2.2.1 faktor yang mempengaruhi kapasitas Runway**

Meskipun kapasitas landasan pacu mungkin akan terpengaruh oleh banyak faktor yang beragam, tetapi bisa dirangkum oleh hanya lima faktor utama. Ini bukan pendekatan dalam arti bahwa faktor-faktor kecil tertentu diabaikan, namun dengan mengklasifikasikan mekanisme pokok yang mempengaruhi langsung kapasitas Runway. Berikut adalah lima faktor utama tersebut :

#### **1. Separation standard (pemisahan standar)**

Ini adalah pemisahan yang dapat ditentukan dalam hal waktu atau jarak di antara manuver pesawat di landasan dalam ruang yang berdekatan di udara. Aturan mendasarnya adalah bahwa keberangkatan dan kedatangan pesawat harus memiliki landasan pacu yang bebas dari pesawat lainnya. Untuk memastikan bahwa aturan ini tidak pernah dilanggar pemisahan harus dijaga sehingga jika terjadi kecelakaan, pesawat dapat mengelak tepat waktu. Dalam jarak pandang yang buruk, pesawat beroperasi di bawah Instrument Flight Rules (IFR), air traffic control (ATC) bertanggung jawab atas pemeliharaan pemisah tersebut. Dalam jarak pandang yang baik, pesawat dapat beroperasi lebih fleksibel di bawah Visual Flight Rules (VFR) dengan pilot tetap bertanggung jawab untuk mematuhi aturan runway tunggal. Selain itu, Wake Turbuance Separation (WTS) mungkin harus diberlakukan untuk melindungi pesawat ringan dari vortisitas berbahaya yang diciptakan oleh pesawat sebelumnya yang lebih berat.

#### **2. Karakteristik Pesawat**

Yang paling penting adalah berat, kecepatan dan instrumentasi. Berat relevan untuk WTS saat kecepatan mengatur waktu yang dibutuhkan untuk terbang pada beberapa pemisah standar. Kemampuan untuk beroperasi pada jarak pandang yang buruk tergantung dari pesawat yang telah dilengkapi dengan instrumen yang sesuai yang berlaku dalam kaitannya dengan pelengkap dasar. Instrumen dibuat pada beberapa runway. Baik berat maupun kecepatan,

keduanya menentukan waktu okupansi runway dan ketiganya dibutuhkan untuk menentukan apakah suatu pesawat dapat menggunakan runway tertentu.

### 3. Konfigurasi Runway

Ini pada dasarnya merupakan informasi yang digunakan dalam merencanakan layout runway. Hal yang paling penting adalah pemisahan antara runway dengan lokasi persilangan dan taxiways. Panjang dan kekuatan runway dan informasi tentang hambatan lainnya juga dibutuhkan jika ada keterbatasan dari tipe pesawat tertentu.

### 4. Campuran Pergerakan (Movement Mix)

Sebuah pergerakan akan ditentukan oleh tipe pesawat, baik itu pendaratan atau lepas landas dan runway yang digunakan. Campuran pergerakan adalah suatu set proporsi dari setiap pergerakan yang direpresentasikan oleh tiap tipe.

### 5. Strategi ATC

Ini meliputi kebijakan-kebijakan seperti pemilihan mode operasi runway, pemberian prioritas bagi jenis pergerakan tertentu dan keputusan untuk pendaratan dan lepas landas alternative dan memperlakukan pesawat dengan dasar *first come first served*.

#### 2.2.2.2 Perhitungan Kapasitas Runway

Di Brazil, metode perhitungan kapasitas landasan pacu (*runway*) mengasumsikan operasi lepas landas antara dua pendaratan berturut-turut dengan menggunakan pemisahan minimal sesuai peraturan yang didefinisikan dalam ICA 100-12 (Rules of the Air and Air Traffic Services). Metode yang disajikan di sini dimaksudkan untuk menunjukkan penggunaan model perhitungan kapasitas landasan secara umum dan sederhana, dan tidak mempertimbangkan banyak kerumitan lapangan terbang tersebut. Kapasitas landasan (*runway*) diperkirakan untuk interval 60 menit dalam fungsi kali rata-rata okupansi *runway*. Untuk menentukan kapasitas dari himpunan *runway*, faktor-faktor berikut yang diperhitungkan:

- a) faktor Perencanaan; dan
- b) Faktor-faktor yang berhubungan dengan operasi mendarat dan lepas landas.

Faktor Perencanaan adalah elemen yang digunakan untuk menyederhanakan model matematis atau aspek operasional yang digunakan dalam menentukan kapasitas landasan pacu. Yang paling sering digunakan adalah:

- a) urutan lalu lintas udara dan koordinasi kondisi yang ideal;
- b) Semua personil dianggap memiliki kemampuan yang sama dan kinerja operasional yang sama;
- c) Semua alat bantu visual dianggap secara teknis dan operasional terbatas, dan
- d) Semua (VHF / telephone) peralatan komunikasi yang digunakan beroperasi secara normal.

Mengenai faktor yang berhubungan dengan operasi pendaratan dan lepas landas, berikut ini hal-hal yang dipertimbangkan:

- a) waktu rata-rata okupansi *runway*;
- b) campuran pesawat;
- c) persentase utilitas *runway*;
- d) panjang segmen pendekatan akhir;
- e) pengatur minimum pemisahan antar pesawat yang diterapkan;
- f) tata letak *runway dan taxiway*, dan
- g) Kecepatan pesawat saat mencapai pendekatan akhir.

Parameter utama yang digunakan untuk memperkirakan kapasitas landasan pacu di Brazil tercantum di bawah ini:

- campuran pesawat (kategori pesawat dan kecepatan pendekatan)
- waktu rata-rata okupansi *runway*
- kriteria pemisahan yang diadopsi oleh ATC

Campuran pesawat didefinisikan sebagai persentase distribusi armada pesawat yang beroperasi di bandar udara sesuai dengan kategori pesawat. Campuran pesawat untuk lapangan terbang harus diestimasi berdasarkan pergerakan harian total yang ditentukan dengan menggunakan rata-rata aritmatika dari sebuah sampel yang berisi data untuk jangka waktu minimal satu minggu.

Menurut Doc 8168, pesawat dibagi menjadi lima kategori, tergantung pada kecepatan pada ambang (*threshold*). Oleh karena itu, pesawat diklasifikasikan sebagai berikut:

- Kategori "A" kecepatan kurang dari 90 kt
- Kategori "B" kecepatan antara 91/120kt
- Kategori "C" kecepatan antara 121/140kt
- Kategori "D" kecepatan antara 141/165kt
- Kategori "E" kecepatan antara 166/210kt

Waktu rata-rata okupansi landasan pacu adalah rata-rata aritmatika terbobot dari waktu okupansi *runway*, menurut kategori pesawat, di mana campuran pesawat yang beroperasi di bandar udara adalah faktor bobotnya. Metode ini didasarkan pada pengumpulan data, yang demi presisi yang lebih besar, harus dilakukan pada jam puncak, karena arus lalu lintas udara lebih cepat selama masa tersebut, sehingga mengurangi waktu okupansi landasan pacu hunian. Jika data yang dikumpulkan tidak mencakup semua kategori, data tambahan dapat dikumpulkan pada waktu lain dan bahkan pada hari yang berbeda. Waktu okupansi *runway* selama take-off harus dihitung dari saat pesawat meninggalkan daratan sampai melintasi ambang batas.

Kriteria pemisahan yang diadopsi oleh ATC bervariasi sesuai dengan peraturan yang berlaku mengenai hal ini di setiap negara. Untuk keperluan penelitian ini, Brasil telah mempertimbangkan pemisahan 5 NM, yang bertepatan dengan penanda luar (OM) dan ambang batas landasan pacu. Jika tidak ada OM, titik ditentukan di pendekatan akhir yang memiliki jarak yang diketahui dan yang menentukan ketidakmungkinan untuk pesawat lain memasuki landasan pacu saat ada pesawat yang akan terbang di atas tanah saat ini atau antara titik dan ambang landasan pacu yang bersangkutan.

#### **2.2.2.2.1 Menghitung Kapasitas Runway Secara Fisik**

Berikut adalah tahap-tahap yang dapat diikuti untuk menghitung kapasitas runway secara fisik (guide for the application of a common methodology to estimate airport and ATC sector capacity, 2009):

## Langkah 1

Pengumpulan data:

- a) Waktu okupansi *runway* (Runway Ocupancy Time/ROT):

Ditulis dalam suatu form tertentu seperti pada tabel 2.1 dan 2.2, masing-masing, formulir waktu okupansi selama Take-Off (ROTT) dan formulir waktu okupansi selama pendaratan (ROTL) yang dikelompokkan di masing-masing kategori:

**Tabel 2.1 Runway Occupancy Times During Take-Off**

TABLE 1				
COLLECTION OF RUNWAY OCCUPANCY TIMES DURING TAKE-OFF (ROTT)				
SITE:		DATE:	RUNWAY:	
REGISTRY	TYPE	CAT	TIME	REMARKS

**Tabel 2.2 Runway Occupancy Times During Landing**

TABLE 2				
COLLECTION OF RUNWAY OCCUPANCY TIMES DURING LANDING (ROT)				
SITE:		DATE:	RUNWAY:	
REGISTRY	TYPE	CAT	TIME	REMARKS

## Langkah 2

- b) Menghitung rata-rata secara aritmatika waktu okupansi *runway*:

Setiap ambang batas bandar udara harus diperhitungkan dengan menyisipkan data yang dimaksud pada Tabel 2.3 (Formulir untuk

**Universitas Indonesia**

Mengitung Rata-rata Waktu Okupansi Landasan Pacu (ARR / DEP) sesuai Kategori Pesawat). Setelah mengumpulkan waktu okupansi landasan pacu, rata-rata aritmatika diperhitungkan menurut kategori pesawat:

**Tabel 2.3 Mean of Runway Occupancy Times during Landing**

$AMROTA = \frac{MROTTA+MROTLA}{2}$	$AMROTB = \frac{MROTTB+MROTLB}{2}$
$AMROTC = \frac{MROTT C+MROTL C}{2}$	$AMROTD = \frac{MROTTD+MROTL D}{2}$
$AMROTE = \frac{MROTT E+MROTL E}{2}$	

TABLE 3													
ARITHMETICAL MEAN OF RUNWAY OCCUPANCY TIMES DURING LANDING (MROTL), BY AIRCRAFT CATEGORY													
AERODROME:	RUNWAY:												
$\Sigma ROIL_{CAT X} / N^{\circ} ACFT_{CAT X}$	<table border="1"> <thead> <tr> <th>CAT</th> <th>TIME (sec)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>A</td><td></td></tr> <tr><td>B</td><td></td></tr> <tr><td>C</td><td></td></tr> <tr><td>D</td><td></td></tr> <tr><td>E</td><td></td></tr> </tbody> </table>	CAT	TIME (sec)	A		B		C		D		E	
CAT	TIME (sec)												
A													
B													
C													
D													
E													
ARITHMETICAL MEAN OF RUNWAY OCCUPANCY TIMES DURING TAKE-OFF (MROTT), BY AIRCRAFT CATEGORY													
$\Sigma ROTTCAT X / \#ACFT_{CAT X}$	<table border="1"> <thead> <tr> <th>CAT</th> <th>TIME (sec)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>A</td><td></td></tr> <tr><td>B</td><td></td></tr> <tr><td>C</td><td></td></tr> <tr><td>D</td><td></td></tr> <tr><td>E</td><td></td></tr> </tbody> </table>	CAT	TIME (sec)	A		B		C		D		E	
CAT	TIME (sec)												
A													
B													
C													
D													
E													
ARITHMETICAL MEAN OF RUNWAY OCCUPANCY TIMES (AMROT), BY AIRCRAFT CATEGORY													
AERODROME:	RUNWAY:												
$(\Sigma MROTL + \Sigma MROTT) / 2$	<table border="1"> <thead> <tr> <th>CAT</th> <th>TIME (sec)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>A</td><td>AMROTA</td></tr> <tr><td>B</td><td>AMROTB</td></tr> <tr><td>C</td><td>AMROTC</td></tr> <tr><td>D</td><td>AMROTD</td></tr> <tr><td>E</td><td>AMROTE</td></tr> </tbody> </table>	CAT	TIME (sec)	A	AMROTA	B	AMROTB	C	AMROTC	D	AMROTD	E	AMROTE
CAT	TIME (sec)												
A	AMROTA												
B	AMROTB												
C	AMROTC												
D	AMROTD												
E	AMROTE												

### Langkah 3

#### c) Menghitung campuran pesawat

Berdasarkan catatan jumlah pergerakan harian yang diperoleh dari sumber statistik yang benar-benar diakui mencerminkan total pergerakan pesawat di bandar udara, contoh mingguan diperoleh untuk memperkirakan campuran pesawat, dan nilai-nilai yang dihasilkan dimasukkan ke dalam Tabel 2.4 (Formulir untuk Mengumpulkan Data Persentase Pemanfaatan Bandara dengan Kategori campuran pesawat).

**Tabel 2.4 Campuran Pesawat**

TABLE 4																													
AERODROME PERCENTAGE UTILISATION BY AIRCRAFT CATEGORY (MIX)																													
AERODROME:																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">MONDAY</th> </tr> <tr> <th>CAT</th> <th># Aircraft (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>A</td><td></td></tr> <tr><td>B</td><td></td></tr> <tr><td>C</td><td></td></tr> <tr><td>D</td><td></td></tr> <tr><td>E</td><td></td></tr> </tbody> </table>	MONDAY		CAT	# Aircraft (%)	A		B		C		D		E		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">TUESDAY</th> </tr> <tr> <th>CAT</th> <th># Aircraft (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>A</td><td></td></tr> <tr><td>B</td><td></td></tr> <tr><td>C</td><td></td></tr> <tr><td>D</td><td></td></tr> <tr><td>E</td><td></td></tr> </tbody> </table>	TUESDAY		CAT	# Aircraft (%)	A		B		C		D		E	
MONDAY																													
CAT	# Aircraft (%)																												
A																													
B																													
C																													
D																													
E																													
TUESDAY																													
CAT	# Aircraft (%)																												
A																													
B																													
C																													
D																													
E																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">WEDNESDAY</th> </tr> <tr> <th>CAT</th> <th># Aircraft (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>A</td><td></td></tr> <tr><td>B</td><td></td></tr> <tr><td>C</td><td></td></tr> <tr><td>D</td><td></td></tr> <tr><td>E</td><td></td></tr> </tbody> </table>	WEDNESDAY		CAT	# Aircraft (%)	A		B		C		D		E		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">THURSDAY</th> </tr> <tr> <th>CAT</th> <th># Aircraft (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>A</td><td></td></tr> <tr><td>B</td><td></td></tr> <tr><td>C</td><td></td></tr> <tr><td>D</td><td></td></tr> <tr><td>E</td><td></td></tr> </tbody> </table>	THURSDAY		CAT	# Aircraft (%)	A		B		C		D		E	
WEDNESDAY																													
CAT	# Aircraft (%)																												
A																													
B																													
C																													
D																													
E																													
THURSDAY																													
CAT	# Aircraft (%)																												
A																													
B																													
C																													
D																													
E																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">FRIDAY</th> </tr> <tr> <th>CAT</th> <th>#Aircraft (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>A</td><td></td></tr> <tr><td>B</td><td></td></tr> <tr><td>C</td><td></td></tr> <tr><td>D</td><td></td></tr> <tr><td>E</td><td></td></tr> </tbody> </table>		FRIDAY		CAT	#Aircraft (%)	A		B		C		D		E															
FRIDAY																													
CAT	#Aircraft (%)																												
A																													
B																													
C																													
D																													
E																													

TABLE 4 (CONT.)		
$\Sigma \# \text{Aircraft}_{\text{CAT X}} / \# \text{DAYS}$	<b>MIX</b>	
	<b>CAT</b>	<b># Aircraft (%)</b>
	A	
	B	
	C	
	D	
E		

persentase, menurut hari dalam seminggu, dari jumlah pesawat pada hari masing-masing dan jumlah pesawat di setiap kategori. Tabel 2.5 berikut menggambarkan perhitungan pesawat campuran:

**Tabel 2.5 Contoh Perhitungan Campuran Pesawat**

CAT	MONDAY		TUESDAY		WEDNESDAY		THURSDAY		FRIDAY	
	Air-craft	%								
A	32	8.42%	29	7.63%	25	6.51%	39	9.68%	25	6.31%
B	55	14.47%	57	15.00%	61	15.89%	73	18.11%	66	16.67%
C	283	74.47%	283	74.47%	286	74.48%	282	69.98%	297	75.00%
D	6	1.58%	11	2.89%	11	2.86%	8	1.99%	8	2.02%
E	4	1.05%	0	0.00%	1	0.26%	1	0.25%	0	0.00%
Total	380	100%	380	100%	384	100%	403	100%	396	100%

ARITHMETICAL MEAN	
CAT	MIX
A	7.71 %
B	16.03 %
C	73.68 %
D	2.27 %
E	0.31 %
TOTAL	100 %

#### Langkah 4

- d) Menghitung rata-rata waktu okupansi *Runway* (MROT)

Nilai-nilai yang sesuai untuk waktu okupansi *Runway*, menurut kategori pesawat, nilai-nilai konstanta dalam Tabel 2.3, dan campuran konstan pada Tabel 2.4 harus diambil untuk Tabel 2.5 (Menghitung rata-rata waktu okupansi *Runway*), di mana rata-rata waktu okupansi *Runway* (MROT) akan diestimasi dengan menggunakan rata-rata hitung yang berbobot pada tabel 2.6.

**Tabel 2. 6 Mean Runway Occupancy Time**

TABLE 5																														
CALCULATING MEAN RUNWAY OCCUPANCY TIME (MROT)																														
AERODROME:		RUNWAY:																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">AMROT</th> </tr> <tr> <th>CAT</th> <th>TIME (sec)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td></td> </tr> <tr> <td>B</td> <td></td> </tr> <tr> <td>C</td> <td></td> </tr> <tr> <td>D</td> <td></td> </tr> <tr> <td>E</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	AMROT		CAT	TIME (sec)	A		B		C		D		E		X	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">MIX</th> </tr> <tr> <th>CAT</th> <th>#AIRCRAFT (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td></td> </tr> <tr> <td>B</td> <td></td> </tr> <tr> <td>C</td> <td></td> </tr> <tr> <td>D</td> <td></td> </tr> <tr> <td>E</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	MIX		CAT	#AIRCRAFT (%)	A		B		C		D		E	
AMROT																														
CAT	TIME (sec)																													
A																														
B																														
C																														
D																														
E																														
MIX																														
CAT	#AIRCRAFT (%)																													
A																														
B																														
C																														
D																														
E																														
		=																												
		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">MROT</th> </tr> <tr> <th>CAT</th> <th>TIME (sec)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	MROT		CAT	TIME (sec)																								
MROT																														
CAT	TIME (sec)																													
$MROT = \frac{\sum (AMROT_{CATX} \cdot MIX_{CATX})}{100}$																														

### Langkah 5

- e) Kapasitas fisik PER *runway* (PCR) dihitung untuk jangka waktu satu jam yang diterjemahkan ke detik (3600 detik), pada saat waktu rata-rata okupansi *Runway* dinyatakan dalam detik.

$$PCR = 3600/MROT \quad (2.1)$$

### Langkah 6

- f) penghitungan kapasitas fisik lapangan udara

ini harus didasarkan pada pemanfaatan tahunan rata-rata setiap landasan pacu, dalam hal persentase, bersama-sama dengan data pada gerakan total bulanan yang diperoleh dari sumber statistik yang diakui, yang benar-benar mencerminkan total pergerakan pesawat di bandar udara dari sampling yang diinginkan

- g) Persentase utilitas *Runway* (UP):

Indeks dihitung dari gerakan total bulanan, yang diperoleh dari sampling yang berisi data untuk jangka waktu satu tahun. Persentase diukur terhadap kapasitas landasan pacu masing-masing, hasil akhirnya menjadi nilai tunggal. Tabel 2.7 berikut ini menggambarkan bagaimana menghitung persentase utilitas *runway*:

**Tabel 2.7 Utilitas *Runway***

MONTHLY MOVEMENT OF AIRCRAFT			
MONTH	RWY A	RWY B	Monthly movement
JAN	7622	2631	10253
FEB	6364	3229	9593
MAR	9239	2409	11648
APR	9965	1184	11149
MAY	10811	896	11707
JUN	11280	291	11571
JUL	11637	620	12257
AUG	12145	263	12408
SEP	11687	273	11960
OCT	9177	2184	11361
NOV	7765	2936	10701
DEC	7487	3665	11152
<b>TOTAL</b>	<b>115179</b>	<b>20581</b>	<b>135760</b>

RWY	% UTILISATION (UP)
A	86
B	14
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

Persentase nilai rata-rata tahunan per landasan dan nilai kapasitas fisik masing-masing terboboti untuk mendapatkan kapasitas fisik bandar udara pada tabel 2.8, seperti didefinisikan dalam Tabel 2.6.

**Tabel 2.8 Aerodrome Physical Capacity**

TABLE 6			
AERODROME PHYSICAL CAPACITY (APC) CALCULATION			
PCR	X	% OF RWY UTILISATION	= AERODROME PHYSICAL CAPACITY
RWY A		% RWY A	
RWY B		% RWY B	
$APC = \sum (PCR_{RWYX} \cdot \%UTIL_{RWYX}) / 100$			

#### 2.2.2.2.2 Menghitung Kapasitas Runway Secara Teori

Kapasitas *runway* secara teori dihitung untuk interval enam puluh menit, berdasarkan waktu rata-rata okupansi, dengan mempertimbangkan aturan pemisahan pesawat, serta faktor-faktor perencanaan dan operasional pendaratan dan lepas landas bandar udara yang diteliti: waktu okupansi *runway*, campuran pesawat, waktu rata-rata okupansi, dan persentase utilitas landasan, akan digunakan untuk menghitung kapasitas fisik landasan dan bandar udara dalam Tabel 2.1 sampai 2.6.

#### langkah 7

- a) Waktu terbang antara OM dan THR (T)

Waktu terbang antara OM dan THR dari landasan pacu yang diteliti harus dikumpulkan dan dimasukkan ke dalam Tabel 2.9 (waktu penerbangan antara OM dan THR), dengan mempertimbangkan berbagai kategori pesawat yang beroperasi di bandar udara tersebut. Setelah memperhitungkan nilai rata-rata masing-masing, mereka harus dimasukkan ke dalam Tabel 2.10 (rata-rata waktu penerbangan antara OM dan THR), untuk menghitung kecepatan rata-rata dalam pendekatan akhir untuk semua ambang batas.

Tabel 2.9 Waktu Terbang Antara OM dan Batas Ambang

TABLE 7A				
FLIGHT TIME BETWEEN THE OM AND THE THR _____ (T)				
OM/THR DISTANCE _____				
REGISTRY	TYPE	CAT	TIME (SEC)	TIME (MIN)

Tabel 2.10 Waktu Terbang Antara OM dan Batas Ambang/Categori

TABLE 7B		
MEAN FLIGHT TIME BETWEEN THE OM AND THE THR _____ (MT)		
OM/THR DISTANCE _____		
CAT	TIME (SEC)	TIME (MIN)
A		
B		
C		
D		
E		

$MT = \sum T_{CATX} / \# AIRCRAFT_{CATX}$

**Catatan 1:** Waktu diukur dari saat pesawat melintasi *outer marker* sampai melintasi batas landasan pacu, atau, jika tidak ada *outer marker*, dari awal segmen pendekatan akhir sampai melintasi ambang landasan pacu.

**Catatan 2:** Perhatikan jarak antara OM dan THR, dalam NM.

**Catatan 3:** Jika OM tidak ada, kita harus memilih titik jarak yang diketahui dalam pendekatan akhir yang menentukan ketidakmungkinan untuk setiap pesawat lainnya untuk masuk landasan pacu saat pesawat lain mendarat.

### langkah 8

- b) Menghitung kecepatan saat menuju pendaratan antara OM dan THR (V)

Dengan data yang diperoleh dari Tabel 2.9 dan 2.10, kita dapat memperkirakan, untuk setiap landasan pacu, kecepatan saat menuju pendaratan antara OM dan ambang batas (threshold) dan segmen pendekatan akhir (FAS) - memperhitungkan setiap kategori pesawat - dan mencatat nilai yang didapatkan pada Tabel 2.11 (rata-rata kecepatan antara OM dan THR).

**Catatan 1:** Kecepatan ini diperoleh dengan membagi panjang dari segmen pendekatan terakhir dari waktu penerbangan rata-rata, menurut kategori pesawat, antara penanda batas luar dan landasan pacu (MT).

**Tabel 2.11 Kecepatan Rata-Rata Antara OM dan Batas Ambang**

$\frac{AVA=FAS}{MTA}$	$\frac{AVB=FAS}{MTB}$	$\frac{AVC=FAS}{MTC}$	$\frac{AVD=FAS}{MTD}$	$\frac{AVE=FAS}{MTE}$
<b>TABLE 8</b>				
<b>MEAN SPEED BETWEEN THE OM AND THE THR</b>				
CAT	SPEED (KT)	SPEED (NM/MIN)	SPEED (NM/SEC)	
A				
B				
C				
D				
E				
$SPEED (KT) = DIST (NM) / T FLIGHT_{OM/THR} (H)$ $SPEED (NM/MIN) = DIST (NM) / T FLIGHT_{OM/THR} (MIN)$ $SPEED (NM/SEC) = DIST (NM) / T FLIGHT_{OM/THR} (SEC)$				

### Langkah 9

- c) kecepatan rata-rata pada segmen pendekatan terakhir (MV):  
kecepatan rata-rata pada segmen pendekatan terakhir diboboti dengan berdasarkan campuran pesawat

$$MV = \frac{MIX_A \times AVA + MIX_B \times AVB + MIX_C \times AVC + MIX_D \times AVD + MIX_E \times AVE}{100} \quad (2.2)$$

### Langkah 10

- d) menentukan *safety separation* (SS):

Studi ini memperkirakan kemungkinan adanya lepas landas antara dua pendaratan berturut-turut, tapi tanpa mempengaruhi aturan pemisahan minimum (RSM) antara pesawat yang masuk dan keluar, di Brazil, yang dibuat pada ICA 100-12. Hal ini membutuhkan perhitungan jarak keselamatan yang harus ditambahkan ke aturan minimum pemisahan antara pesawat dalam fase pendekatan untuk memungkinkan pesawat untuk lepas landas setelah yang pertama telah mendarat, tanpa mengurangi aturan pemisahan dengan pesawat kedua dalam tahap pendekatan.

Dengan memperkirakan jarak terbang pesawat kedua di pendekatan akhir sementara pesawat pertama di landasan pacu, dan dengan menambahkan perhitungan jarak ke aturan pemisahan minimum yang diadopsi, kita mendapatkan pemisahan yang diperlukan antara dua pendaratan berturut-turut. Jarak terbang ini diperoleh dengan mengalikan kecepatan rata-rata dalam pendekatan akhir dengan waktu rata-rata okupansi *runway* yang terboboti.

$$SS = MV \times MROT \quad (2.3)$$

### Langkah 11

- e) Menentukan total pemisahan antara dua pendaratan berturut-turut (TS): total pemisahan didapatkan dengan menambahkan *safety separation* dengan aturan pemisahan minimum. Sehingga:

$$TS = SS + RSM \quad (2.4)$$

Ada kondisi di mana SS bisa tidak digunakan. Biasanya, hal ini dapat terjadi di bandara-bandara yang memiliki dua atau lebih landas pacu, di mana dinamika operasi dapat ditingkatkan dengan membiarkan pesawat di landasan pacu sambil menunggu pesawat lain untuk mendarat di landasan yang lain.

### Langkah 12

- f) Perhitungan waktu rata-rata terboboti antara dua pendaratan berturut-turut, dengan mempertimbangkan pemisahan total (MTTS).

Waktu rata-rata terboboti yang diperlukan untuk meliputi total pemisahan antara dua pendaratan berturut-turut diperoleh dengan membagi jarak ini dengan kecepatan rata-rata terboboti campuran pesawat.

$$MTTS = TS/MV \quad (2.5)$$

### Langkah 13

g) menentukan jumlah pendaratan dalam interval satu jam (P):

Hasil waktu rata-rata terboboti yang dihasilkan dibutuhkan untuk meliputi total pemisahan antara dua pendaratan berturut-turut, dalam hitungan detik, akan menjadi penyebut untuk jumlah detik yang terkandung dalam satu jam (3600 detik). Hasilnya berupa jumlah pendaratan yang mungkin dengan pemisahan yang diusulkan untuk batas ambang yang diteliti, sesuai dengan Tabel 2.12.

**Tabel 2.12 Jumlah Pendaratan Yang Mungkin**

TABLE 9
NUMBER OF POSSIBLE LANDINGS
$3600 / MTTS = \text{NUMBER OF LANDINGS}$

$$P = 1 \text{ hour} / MTTS \quad (2.6)$$

### Langkah 14

h) Menentukan jumlah lepas landas dalam interval satu jam (D):

Berdasarkan total pemisahan yang diperoleh, dimungkinkan untuk menyisipkan take-off antara dua pendaratan berturut-turut. Dengan mengurangi satu pesawat dari jumlah pendaratan, kita memperoleh kemungkinan jumlah take-off dalam interval waktu yang diteliti, menurut Table 2.13.

**Tabel 2.13 Jumlah Lepas Landas Yang Mungkin**

<b>TABLE 10</b>	
<b>NUMBER OF POSSIBLE TAKE-OFFS</b>	
<table border="1"> <tr> <td><b>NUMBER OF LANDINGS - 1 = NUMBER OF TAKE-OFFS</b></td> </tr> </table>	<b>NUMBER OF LANDINGS - 1 = NUMBER OF TAKE-OFFS</b>
<b>NUMBER OF LANDINGS - 1 = NUMBER OF TAKE-OFFS</b>	

$$D = P - 1 \quad (2.7)$$

**Langkah 15**

- i) Menentukan kapasitas *runway* secara teori:

Tambahkan hasil dari jumlah lepas landas dan pendaratan dalam interval satu jam untuk tiap ambang batas untuk memperoleh kapasitas operasional secara teori untuk batas ambang masing-masing menurut tabel 2.14.

**Tabel 2.14 Theoretical Runway Capacity**

<b>TABLE 11</b>	
<b>THEORETICAL RUNWAY CAPACITY (TRC)</b>	
<table border="1"> <tr> <td><b>THEORETICAL RUNWAY CAPACITY = NUMBER OF LANDINGS + NUMBER OF TAKE-OFFS</b></td> </tr> </table>	<b>THEORETICAL RUNWAY CAPACITY = NUMBER OF LANDINGS + NUMBER OF TAKE-OFFS</b>
<b>THEORETICAL RUNWAY CAPACITY = NUMBER OF LANDINGS + NUMBER OF TAKE-OFFS</b>	

$$TRC = Landing + Take\ off \quad (2.8)$$

**2.2.2.2.3 Menghitung Kapasitas Runway yang digunakan**

Kapasitas *runway* yang digunakan menggunakan persentase utilitas tiap *runway* pada tabel 2.6.

**Langkah 16**

- a) Menghitung kapasitas *runway* yang digunakan (**DCR**)

Kapasitas yang digunakan pada set *runway* adalah kapasitas yang berkelanjutan dari sudut pandang operasional, dengan mempertimbangkan

persentase utilitas tahunan landasan masing-masing. Dengan demikian, rata-rata aritmetika terboboti antara persentase utilitas dan kapasitas masing-masing landasan teoritis diperhitungkan. Sehingga:

$$DCR = \frac{UPA \times TRCA + UPB \times TRCB + \dots + UPN \times TRCN}{UPA + UPB + \dots + UPN} \quad (2.9)$$

**Catatan:** Perlu dicatat bahwa, sebagaimana diatur dalam DOC 9426, sebuah unit ATC tidak bisa beroperasi pada kapasitas penuh sepanjang operasi secara keseluruhan, karena ada beberapa variabel yang secara signifikan mengurangi kapasitas pada waktu tertentu. Oleh karena itu, dianjurkan untuk mengadopsi persentase antara 80% dan 90%, sehingga memberikan lebih banyak fleksibilitas untuk nilai kapasitas, sehingga didapatkan interval yang ideal yang melindungi keselamatan operasi udara.

### 2.3. Peramalan (*Forecasting*)

#### 2.3.1. Definisi Peramalan

Peramalan merupakan bagian awal dari suatu proses pengambilan keputusan. Sebelum melakukan peramalan harus diketahui terlebih dahulu apa sebenarnya persoalan di dalam pengambilan keputusan tersebut.

Peramalan (Gitosudarmo, 1998) adalah suatu usaha yang dilakukan perusahaan untuk dapat meramalkan, memprediksikan keadaan masa datangnya dengan menggunakan data historis (data masa lalu) yang telah dimiliki untuk diproyeksikan ke dalam sebuah model dan menggunakan model ini untuk memperkirakan keadaan di masa mendatang. Hal ini serupa dengan pernyataan dari [www.investopedia.com](http://www.investopedia.com) mengenai definisi dari peramalan yang menyatakan bahwa “*The process of analyzing current and historical data to determine future trends*”.

Adapula pendapat menurut [www.businessdictionary.com](http://www.businessdictionary.com) mengenai definisi dari peramalan yaitu “*Planning tool which helps management in its attempts to cope with the uncertainty of the future. It starts with certain assumptions based on the management's experience, knowledge, and judgment*”. Peramalan ini berbeda dengan rencana, dikarenakan rencana merupakan penentuan apa yang akan dilakukan pada waktu yang akan datang. Peramalan

menjadi sangat penting karena penyusunan suatu rencana diantaranya didasarkan pada suatu proyeksi atau peramalan.

### 2.3.2. Aturan-Aturan Peramalan

Semua penentuan di dalam melakukan peramalan yang baik dari manajer yang dapat menafsirkan pendugaan serta membuat keputusan yang tepat. (Makridakis dan Wheelwright, 1995). Peramalan yang baik tersebut mempunyai beberapa kriteria yang penting, antara lain akurasi, biaya, dan kemudahan. Penjelasan dari kriteria-kriteria tersebut adalah sebagai berikut (Hakim Nasution, 1999) :

a) Akurasi

Akurasi dari suatu hasil peramalan diukur dengan kebiasaan dan kekonsistensian peramalan tersebut. Hasil peramalan di katakan bias apabila peramalan tersebut terlalu tinggi atau terlalu rendah di bandingkan dengan kenyataan yang sebenarnya terjadi. Hasil peramalan dikatakan konsisten apabila besarnya kesalahan peramalan relatif kecil. Peramalan yang terlalu rendah akan mengakibatkan kekurangan persediaan, sehingga permintaan konsumen tidak dapat dipenuhi segera. Keakuratan dari hasil peramalan ini berperan penting dalam menyeimbangkan persediaan yang ideal (meminimasi penumpukan persediaan dan memaksimalkan tingkat pelayanan).

b) Biaya

Biaya yang diperlukan di dalam pembuatan suatu peramalan adalah tergantung dari jumlah yang diramalkan, lamanya periode peramalan, dan metode peramalan yang dipakai. Ketiga faktor pemicu biaya tersebut akan mempengaruhi berapa banyak data yang dibutuhkan, bagaimana pengolahan datanya (manual atau komputerisasi) bagaimana penyimpanan datanya dan siapa tenaga ahli yang diperbantukan.

c) Kemudahan

Penggunaan metode peramalan yang sederhana, mudah dibuat, dan mudah diaplikasikan akan memberikan keuntungan bagi perusahaan. Adalah percuma memakai metode yang canggih, tetapi tidak dapat

diaplikasikan pada sistem perusahaan karena keterbatasan dana, sumberdaya manusia, maupun peralatan teknologi.

Peramalan dapat memberikan urutan pengerjaan dan pemecahan atas pendekatan suatu masalah, sehingga apabila digunakan pendekatan yang sama atas permasalahan dalam suatu kegiatan peramalan, maka akan di dapat dasar pemikiran dan pemecahan yang sama, karena argumentasinya sama. Namun pada dasarnya di dalam peramalan tersebut, terdapat prinsip-prinsip yang harus diperhatikan, antara lain :

- Peramalan melibatkan kesalahan (*error*). Peramalan sifatnya hanya mengurangi ketidakpastian tetapi tidak menghilangkan.
- Peramalan memakai tolak ukur kesalahan, sehingga pemakai harus tahu berapa besar kesalahan yang dapat digunakan dalam satuan unit atau prosentase.

### 2.3.3. Klasifikasi Teknik Peramalan

Dalam sistem peramalan, penggunaan berbagai model peramalan akan memberikan nilai ramalan yang berbeda dan derajat dari galat peramalan yang berbeda pula. Salah satu seni dalam melakukan peramalan adalah memilih model peramalan yang terbaik yang mampu mengidentifikasi dan menanggapi pola aktivitas historis dari data.

Pada umumnya peramalan dapat dibedakan dari beberapa segi tergantung dari cara melihatnya. Apabila dilihat dari sifat penyusunannya, maka peramalan dapat dibedakan atas dua macam, yaitu :

1. Dilihat dari Sifat Penyusunannya
  - a. **Peramalan yang subjektif**, yaitu peramalan yang didasarkan atas perasaan atau intuisi dari orang yang menyusunnya. Dalam hal ini pandangan orang yang menyusunnya sangat menentukan baik tidaknya hasil ramalan tersebut.
  - b. **Peramalan yang objektif**, yaitu peramalan yang didasarkan atas data yang relevan pada masa lalu, dengan menggunakan teknik – teknik dan metode – metode dalam penganalisaannya.

2. Dilihat dari Jangka Waktu Ramalan yang Disusun
  - a. **Peramalan jangka pendek**, yaitu peramalan yang dilakukan untuk penyusunan hasil ramalan yang jangka waktunya satu tahun atau kurang. Peramalan ini digunakan untuk mengambil keputusan dalam hal perlu tidaknya lembur, penjadwalan kerja, dan lain-lain keputusan kontrol jangka pendek.
  - b. **Peramalan jangka menengah**, yaitu peramalan yang dilakukan untuk penyusunan hasil ramalan yang jangka waktunya satu hingga lima tahun ke depan. Peramalan ini lebih mengkhususkan dibandingkan peramalan jangka panjang, biasanya digunakan untuk menentukan aliran kas, perencanaan produksi, dan penentuan anggaran.
  - c. **Peramalan jangka panjang**, yaitu peramalan yang dilakukan untuk penyusunan hasil ramalan yang jangka waktunya lebih dari lima tahun yang akan datang. Peramalan jangka panjang digunakan untuk pengambilan keputusan mengenai perencanaan produk dan perencanaan pasar, pengeluaran biaya perusahaan, studi kelayakan pabrik, anggaran, *purchase order*, perencanaan tenaga kerja serta perencanaan kapasitas kerja.

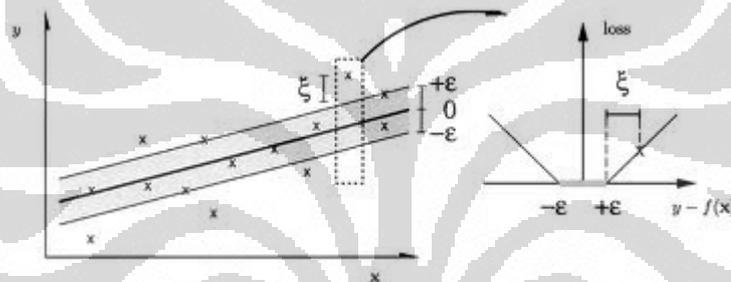
#### 2.4.3. Support Vector Regression (SVR)

Klasifikasi dan pengenalan pola saat ini sudah menjadi suatu hal yang banyak dilakukan. Banyak metode yang dilakukan dalam pengenalan pola dan klasifikasi ini (Vapnik, 1995). Metode SVR (*Support Vector Regression*) merupakan pengembangan dari metode SVM (*Support Vector Machine*) yang diperkenalkan oleh Vapnik (Vapnik, 1995). Meskipun usianya relatif masih muda, evaluasi kemampuannya dalam berbagai aplikasi menempatkannya sebagai *state of the art* dalam pengenalan pola.

SVM tersebut banyak di minati karena formulasinya berbentuk *convex*, sehingga solusi yang diberikan bersifat global optimal. Metode dengan tingkat akurasi yang tinggi belum tentu menjadi pilihan yang terbaik, apabila tahap penyelesaiannya membutuhkan waktu yang lama. Oleh karena itu, seiring dengan

berjalannya waktu algoritma *Support Vector Machine* ini terus berkembang menjadi *Support Vector Regression*.

Metode SVR (*Support Vector Regression*) merupakan suatu teknik yang relatif baru untuk peramalan dan digunakan untuk peramalan baik *time series* maupun *non time series*. Dalam bagian ini akan membahas penerapan SVM untuk kasus regresi atau disebut SVR. Dalam kasus SVM output data berupa bilangan bulat atau diskrit. Dalam kasus regresi output data berupa bilangan riil atau kontinu. Dalam tahap implementasi, perbedaan ini harus diperhatikan manakala harus memilih antara klasifikasi atau regresi. Dengan menggunakan konsep  $\epsilon$ -insensitive loss function, yang diperkenalkan oleh Vapnik, SVM bisa digeneralisasikan untuk melakukan pendekatan fungsi (function approximation) atau regresi (Scholkopf and Smola, 2002).



**Gambar 2.11  $\epsilon$ -insensitive Loss Function**

SVR dapat menjadi metode peramalan untuk jangka panjang karena outputnya berupa global optimalisasi. Global optimalisasi berarti regresi atau parameter yang nantinya terpilih dapat menjadi regresi ataupun parameter untuk semua periode tidak hanya periode tertentu saja. Pemilihan regresi atau parameter tersebut juga berdasarkan seluruh data historis yang ada, tidak hanya data pada periode tertentu. Hal ini akan menyebabkan output yang dihasilkan tidak berubah-ubah walaupun membuat berkali-kali iterasi karena tidak ada angka random di dalamnya. SVR mempelajari pola data dengan menggunakan data *training* dari data historis yang nantinya akan memberikan peramalan untuk data *testing* dan dapat dibandingkan MSEnya. Seperti yang telah dikatakan sebelumnya, output dari SVR merupakan bilangan kontinu, tidak seperti SVM yang menghasilkan bilangan diskrit berupa klasifikasi (pengelompokan) data.

Misalkan dipunyai  $\lambda$  set data training,  $(x_i, y_i)$ ,  $i = 1, \dots, \lambda$  dengan data input  $x = \{x_1, x_2, x_3\} \subseteq \mathcal{R}^N$  dan output yang bersangkutan  $y = \{y_1, \dots, y_\lambda\} \subseteq \mathcal{R}$ . Dengan

SVR, yang ingin ditemukan adalah suatu fungsi  $f(x)$  yang mempunyai deviasi paling besar  $\varepsilon$  dari target actual  $y_i$ , untuk semua data training. Maka, dengan SVR akan didapatkan suatu tabung seperti dalam gambar 2.11. Manakala nilai  $\varepsilon$  sama dengan 0 maka didapatkan suatu regresi sempurna. Misalkan dimiliki suatu fungsi berikut sebagai garis regresi

$$f(x) = w^T \varphi(x) + b \quad (2.10)$$

Dimana  $\varphi(x)$  menunjukkan suatu titik di dalam *feature space*  $F$  hasil pemetaan  $x$  di dalam input space. Koefisien  $w$  dan  $b$  diestimasi dengan cara meminimalkan fungsi resiko (risk function). Diasumsikan bahwa ada suatu fungsi  $f$  yang dapat mengaproksimasi semua titik  $(x_i, y_j)$  dengan presisi  $\varepsilon$ . Dalam kasus ini diasumsikan bahwa semua titik ada dalam rentang  $f \pm \varepsilon$  (feasible). Dalam hal ketidaklayakan (infeasibility), dimana ada beberapa titik yang mungkin keluar dari rentang  $f \pm \varepsilon$ , dapat ditambahkan variable slack  $t, t^*$  untuk mengatasi masalah pembatas yang tidak layak (infeasible constraints) dalam problem optimisasi. Selanjutnya problem optimisasi di atas dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$\min \frac{1}{2} \|w\|^2 + C \sum_{i=1}^n (t_i + t_i^*) \quad (2.11)$$

Konstanta  $C > 0$  menentukan tawar-menawar (trade off) antara ketipisan fungsi  $f$  dan batas atas deviasi lebih dari  $\varepsilon$  masih ditoleransi. Semua deviasi lebih besar daripada  $\varepsilon$  akan dikenakan penalti sebesar  $C$ . Gambar 2.11 memperlihatkan situasi ini secara grafis: hanya titik-titik diluar area yang berwarna yang mempunyai kontribusi terhadap ongkos penalti. Dalam SVR, *support vector* adalah data training yang terletak pada dan di luar batas  $f$  dari fungsi keputusan.

## BAB 3

### PENGUMPULAN DATA DAN PERAMALAN JUMLAH PENUMPANG

Untuk melakukan penelitian mengenai optimasi perencanaan penambahan *runway* pada Bandara Soekarno-Hatta untuk 10 tahun ke depan ini dibutuhkan beberapa data untuk meramalkan jumlah penumpang pengguna jasa pesawat terbang.

Beberapa data yang dibutuhkan tersebut meliputi data historis jumlah penumpang pada setiap maskapai dan setiap tujuan, jadwal penerbangan baik domestik maupun internasional pada waktu-waktu yang padat, jenis pesawat terbang yang terdapat pada Bandara Soekarno-Hatta, serta data historis jumlah pesawat pada setiap tujuan.

#### 3.1. Profil Instansi Terkait

##### 3.1.1. Latar Belakang dan Sejarah Berdirinya PT. Angkasa Pura II

PT. Angkasa Pura II merupakan perusahaan pengelola jasa kebandarudaraan dan pelayanan lalu lintas udara yang telah melakukan aktivitas pelayanan jasa penerbangan dan jasa penunjang bandara di kawasan Barat Indonesia sejak tahun 1984.

Pada awal berdirinya yaitu pada tanggal 13 Agustus 1984, Angkasa Pura II bernama Perum Pelabuhan Udara Jakarta Cengkareng yang bertugas mengelola dan mengusahakan Pelabuhan Udara Jakarta Cengkareng (kini bernama Bandara Internasional Jakarta Soekarno-Hatta) dan Bandara Halim Perdanakusuma. Tanggal 19 Mei 1986 berubah nama menjadi Perum Angkasa Pura II dan selanjutnya pada tanggal 2 Januari 1993, resmi menjadi Persero sesuai Akta Notaris Muhani Salim, SH No. 3 tahun 1993 menjadi PT (Persero) Angkasa Pura II.

Saat ini Angkasa Pura II mengelola dua belas bandara utama di kawasan Barat Indonesia, yaitu Soekarno-Hatta (Jakarta), Halim Perdanakusuma (Jakarta), Polonia (Medan), Supadio (Pontianak), Minangkabau (Ketaping) dulunya Tabing, Sultan Mahmud Badaruddin II (Palembang), Sultan Syarif Kasim II (Pekanbaru), Husein Sastranegara (Bandung), Sultan Iskandarmuda (Banda Aceh), Raja Haji

Fisabilillah (Tanjung Pinang) dulunya Kijang, Sultan Thaha (Jambi) dan Depati Amir (Pangkal Pinang) , serta melayani jasa penerbangan untuk wilayah udara (Flight Information Region/ FIR) Jakarta.

Seiring dengan pertumbuhan industri angkutan udara Indonesia yang meningkat pesat, Angkasa Pura II selalu mengedepankan pelayanan yang terbaik bagi pengguna jasa bandara. Bandara yang dikelola Angkasa Pura II selalu memperoleh penghargaan Prima Pratama dari Departemen Perhubungan RI untuk kategori Terminal Penumpang Bandara.

Sebagai Badan Usaha Milik Negara yang handal, selama tiga tahun berturut-turut Angkasa Pura II telah memperoleh penghargaan The Best BUMN in Logistic Sector dari Kementerian Negara BUMN RI (2004-2006) dan The Best I in Good Corporate Governance (2006).

PT. Angkasa Pura II selalu melaksanakan kewajibannya memberikan deviden kepada negara sebagai pemegang saham dan turut membantu meningkatkan kesejahteraan dan kepedulian terhadap karyawan dan keluarganya serta masyarakat umum dan lingkungan sekitar bandara melalui program Corporate Social Responsibility.

### **3.1.2. Visi dan Misi PT. Angkasa Pura II**

Seperti perusahaan pada umumnya, PT. Angkasa Pura II memiliki visi untuk perkembangan perusahaannya, yaitu Menjadi pengelola bandar udara bertaraf internasional yang mampu bersaing di kawasan regional. Adapun misi yang dimiliki oleh perusahaan ini untuk mewujudkan visinya tersebut yaitu Mengelola jasa kebandarudaraan dan pelayanan lalu lintas udara yang mengutamakan keselamatan penerbangan dan kepuasan pelanggan dalam upaya memberikan manfaat optimal kepada pemegang saham, mitra kerja, pegawai, masyarakat dan lingkungan dengan memegang teguh etika bisnis.

### **3.1.3. Strategi PT. Angkasa Pura II**

Terdapat beberapa strategi yang ditetapkan untuk pengembangan perusahaan adalah strategi pertumbuhan adaptif (*adaptive growth strategy*) antara lain :

- Strategi Pertumbuhan Gradual  
Pengembangan bisnis inti dengan strategi pertumbuhan secara bertahap, antara lain penataan terminal penumpang Bandara Soekarno-Hatta, Polonia, Sultan Syarif Kasim II, dan Sultan Iskandarmuda
- Strategi Diversifikasi Konsentrik  
Diversifikasi pengembangan usaha yang terkait (*related*) dan jasa penunjang lainnya antara lain pembangunan hanggar, terminal kargo, *airport railway*, *airport shopping mall*, *real estate* dan lain-lain yang diterapkan pada bandara cabang sesuai dengan kondisi masing-masing bandara dengan memanfaatkan pasar, teknologi, dan sumber daya perusahaan
- Strategi Utama (*Grand Strategy*)  
Strategi utama dalam mengelola perusahaan adalah sebagai berikut ini :
  1. Restrukturisasi Bisnis, yaitu dengan strategi pengelolaan :
    - ✓ Bisnis inti (*core business*) dilakukan sendiri
    - ✓ Bisnis yang terkait dengan bisnis inti (*related business*) dengan cara sharing kepemilikan melalui saham atau anak perusahaan
    - ✓ Bisnis pendukung (*supporting business*) dengan cara KSO/BOT (Kerja Sama Operasi/*Build Operate Transfer*)
  2. Restrukturisasi Keuangan yaitu sumber dana pengembangan usaha melalui dana internal, eksternal (loan, obligasi, saham) atau kerjasama dengan pihak investor.
  3. Restrukturisasi Organisasi yaitu perubahan struktur organisasi dari berbasis fungsional menjadi organisasi berbasis unit usaha (*SBU/Strategic Business Unit*)
  4. Restrukturisasi Organisasi dan SDM yaitu mewujudkan organisasi dengan jumlah SDM yang ramping, kompeten dan fokus
  5. Restrukturisasi Operasional yaitu pelayanan jasa ATS yaitu *enroute/overflying* dengan pengelolaan mengarah kepada *cost recovery*, pelayanan jasa aeronautika non-ATS dengan pengelolaan semi komersial dan jasa non-aeronautika dengan pengelolaan komersial penuh.

### 3.2. Pengumpulan Data

Hal pertama yang dilakukan untuk melakukan penelitian ini adalah mengumpulkan data. Terdapat beberapa data yang dibutuhkan untuk melakukan pengolahan data, antara lain :

- Data total jumlah penumpang domestik dan internasional  
Data jumlah penumpang ini merupakan data yang digunakan untuk melakukan peramalan 10 tahun ke depan dari tahun 1993 sampai tahun 2010. Tabel 3.1 dan tabel 3.2 berikut adalah data jumlah penumpang domestik dan international.

**Tabel 3.1. Historical Jumlah Penumpang Domestik**

Tahun	Jumlah Penumpang
1993	6.774.964
1994	7.855.086
1995	8.279.116
1996	8.920.834
1997	4.961.220
1998	5.407.097
1999	6.387.311
2000	9.685.464
2001	10.570.126
2002	11.023.068
2003	13.270.078
2004	15.964.946
2005	19.805.290
2006	21.674.062
2007	23.533.148
2008	25.857.642
2009	26.982.794
2010	28.039.602

**Tabel 3.2. Historical Jumlah Penumpang Internasional**

Tahun	Jumlah Penumpang
1993	4.080.562
1994	4.328.902
1995	4.575.275
1996	4.816.894
1997	5.062.817
1998	3.674.367
1999	3.880.888
2000	4.563.136
2001	5.314.178
2002	5.572.383
2003	5.839.009
2004	6.117.461
2005	6.404.061
2006	6.686.989
2007	6.984.364
2008	7.303.755
2009	7.599.937
2010	7.897.246

- Jadwal penerbangan setiap bulan dari tahun 2005 sampai tahun 2010  
Dari data jadwal penerbangan setiap bulan ini digunakan untuk mencari persentase *peak month*, *peak day* dan *peak hour*.
- Data alokasi waktu pesawat  
Merupakan kumpulan dari jumlah waktu yang dibutuhkan pesawat untuk mendarat dari batas luar (OM) hingga batas ambang (*threshold*). Data ini digunakan untuk melakukan perhitungan kapasitas *runway* pesawat.
- *Aircraft Registration*  
Data ini merupakan data sekunder yang berisi mengenai nama pesawat, nomer registrasi pesawat, kapasitas dari masing-masing pesawat, berat panjang dan lebar sayap pesawat. Namun dari data tersebut hanya digunakan data kapasitas dari masing-masing pesawat untuk mencari rata-rata nya.

### 3.3 Penentuan Persentase Waktu Puncak

Penentuan persentase waktu puncak ini bertujuan untuk mencari tahu komposisi volume, baik jumlah penumpang maupun jumlah *take off dan landing*, dari angka tahunan menjadi waktu puncak. Volume waktu puncak (*Peak Hour*) adalah volume kepadatan lalu lintas pada waktu puncak dengan menggunakan pendekatan, jalur, atau sekelompok jalur yang bersangkutan selama waktu pada suatu hari yang sedang diamati memiliki tingkat kepadatan tertinggi. Penentuan jumlah penumpang pada waktu puncak bertujuan untuk menentukan jumlah maksimal dari landasan dan bangunan serta fasilitas lainnya di bandar udara. Hal ini akan digunakan selanjutnya dalam membuat alternatif pembangunan landasan dan fasilitas lainnya.

Bandara komersial yang besar secara rutin menganalisis karakteristik pada waktu puncak karena kebutuhan untuk memastikan landasan dan fasilitas lainnya sudah memadai. Bandara yang kecil umumnya bergantung lebih kepada asumsi perencanaan yang sederhana. Teori pada umumnya menguraikan data tahunan menjadi bulan puncak, hari puncak, dan kemudian jam puncak menggunakan perencanaan yang standar dan dapat diterima.

### 3.3.1 Penentuan Bulan Puncak (*Peak Month*)

Seperti penjelasan yang telah dijelaskan sebelumnya, bahwa penentuan waktu puncak dengan data tahunan terlebih dahulu perlu diketahui bulan puncaknya. Hal ini dikarenakan, untuk mengerucutkan focus penelitian dari data awal yang hasil akhirnya digunakan untuk menggambarkan kondisi paling padat pada suatu waktu. Dikarenakan data yang diperoleh berupa data jumlah penumpang, untuk mengetahui persentase bulan puncak, dibutuhkan data jumlah penumpang domestik dan internasional. Tabel 3.3 berikut adalah tabel jumlah penumpang tiap bulan dari tahun 2005 sampai 2010.

**Tabel 3.3 Jumlah Penumpang pada Bulan Puncak-domestik**

Bulan tahun	Januari	februari	Maret	April	Mei	Juni
2005	1.690.041	1.536.201	1.676.268	1.616.815	1.665.885	1.676.799
2006	1.671.364	1.565.896	1.823.389	1.886.218	1.840.398	1.873.482
2007	1.851.876	1.303.361	1.772.082	1.799.086	1.969.197	2.058.963
2008	1.880.626	1.332.111	1.800.832	1.827.836	1.997.947	2.087.713
2009	1.582.993	1.638.655	2.092.142	1.898.738	2.190.338	2.297.887
2010	2.039.752	1.869.211	2.143.855	2.139.543	2.287.752	2.343.079

Bulan tahun	Juli	Agustus	September	Oktober	Nopember	Desember	Nilai Maksimal
2005	2.023.275	1.821.455	1.850.661	1.447.297	1.798.128	1.871.523	2.023.275
2006	2.178.470	2.042.472	1.895.591	1.719.398	2.075.579	2.076.359	2.178.470
2007	2.351.599	2.256.182	1.876.564	2.257.878	2.189.097	2.222.781	2.351.599
2008	2.380.349	2.285.404	1.905.314	2.286.628	2.217.847	2.251.531	2.380.349
2009	2.485.056	2.240.241	2.002.250	2.435.559	2.266.294	2.459.068	2.485.056
2010	2.608.024	2.037.997	2.379.912	2.511.898	2.323.110	2.602.468	2.608.024

Berdasarkan tabel di atas dapat dilihat bahwa bulan puncak pada tahun 2005 sampai dengan 2010 berada pada bulan juli. Hal ini dikarenakan bulan juli merupakan bulan liburan sekolah dan libur tengah tahun bagi sebagian besar perusahaan. Bulan ini dimanfaatkan oleh sebagian besar penduduk untuk bepergian keluar kota.

Penentuan persentase bulan *peak* didapatkan dengan cara mencari jumlah penumpang paling tinggi yaitu pada bulan juli dan nilai rata-rata pada tahun tersebut. Setelah itu dihitung persentasenya dengan rumus:

$$\text{persentase bulan puncak} = \frac{\frac{100\%}{12} \times \text{jumlah maksimal}}{\text{jumlah rata-rata}} \quad (3.1)$$

Nilai 100% yang dibagi dengan 12 bertujuan untuk mencari tahu persentase tiap bulan jika diasumsikan nilai tiap bulannya sama. Dengan menggunakan rumus di atas, didapatkan hasil seperti tabel 3.4 di bawah ini.

**Tabel 3.4 Persentase Bulan Puncak Domestik**

tahun	Nilai Maksimal	Nilai Rata-rata	Persentase
2005	2.023.275	1.722.862	9,79%
2006	2.178.470	1.887.385	9,61%
2007	2.351.599	1.992.389	9,83%
2008	2.380.349	2.021.178	9,81%
2009	2.485.056	2.132.435	9,71%
2010	2.608.024	2.273.883	9,56%

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa nilai maksimal dari persentase bulan puncak didapatkan sebesar 9,83%. Pemilihan nilai persentase menggunakan nilai yang terbesar dikarenakan untuk menggambarkan kondisi paling padat pada bulan tersebut.

Seperti yang telah disebutkan sebelumnya bahwa persentase jumlah penumpang internasional juga dibutuhkan. Tabel 3.5 berikut adalah tabel persentase bulan puncak untuk internasional pada tahun 2005-2010.

**Tabel 3.5 Jumlah Penumpang pada Bulan Puncak-Internasional**

Bulan tahun	Januari	februari	Maret	April	Mei	Juni
2005	517.178	437.148	437.891	420.291	436.240	481.710
2006	454.442	407.495	464.793	486.102	495.291	522.262
2007	577.703	402.012	517.220	415.539	536.822	589.211
2008	584.158	472.880	552.655	554.916	568.543	575.690
2009	508.395	443.414	561.907	548.985	563.809	644.365
2010	547.932	464.612	643.444	592.487	629.171	715.806

Bulan tahun	Juli	Agustus	September	Oktober	Nopember	Desember	Nilai Maksimal
2005	579.129	488.340	493.157	489.266	479.068	505.643	579.129
2006	605.240	545.413	499.792	534.429	509.302	502.394	605.240
2007	667.296	602.467	517.664	596.311	600.245	606.874	667.296
2008	667.485	617.119	546.979	592.508	532.442	598.380	667.485
2009	704.609	633.775	602.555	636.072	639.287	672.764	704.609
2010	812.604	666.122	715.510	691.326	680.316	737.916	812.604

Berdasarkan tabel di atas dapat dilihat bahwa bulan puncak pada tahun 2005 sampai dengan 2010 berada pada bulan juli. Peningkatan jumlah wisatawan ke Indonesia pada bulan Juli ini lebih disebabkan karena bulan Juli merupakan *peak season*. Bulan ini dimanfaatkan oleh sebagian besar wisatawan untuk bepergian keluar negeri.

Dengan menggunakan rumus yang sama dengan sebelumnya, didapatkan hasil seperti tabel 3.6 di bawah ini.

**Tabel 3.6 Persentase Bulan Puncak Internasional**

tahun	Nilai Maksimal	Nilai Rata-rata	Persentase
2005	579.129	480.422	10,05%
2006	605.240	502.246	10,04%
2007	667.296	552.447	10,07%
2008	667.485	571.980	9,72%
2009	704.609	596.661	9,84%
2010	812.604	658.104	10,29%

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa nilai maksimal dari persentase bulan puncak didapatkan sebesar 10,29%. Pemilihan nilai persentase menggunakan nilai yang terbesar dikarenakan untuk menggambarkan kondisi paling padat pada bulan tersebut.

### 3.3.2 Penentuan Hari Puncak (*Peak Day*)

Setelah didapatkan bulan puncak, langkah selanjutnya adalah menentukan hari puncak pada bulan tersebut yaitu bulan juli. Hal ini dikarenakan, untuk mengerucutkan focus penelitian dari data awal yang hasil akhirnya digunakan untuk menggambarkan kondisi paling padat pada suatu waktu. Sebelum penentuan hari puncak, nilai bulan juli dapat dibuktikan dengan mengumpulkan jumlah pesawat pada hari puncak tiap bulan dari tahun 2005 sampai 2010. Tabel 3.7 berikut adalah tabel jumlah pesawat tersebut.

**Tabel 3.7 Jumlah *Take off dan Landing* pada Hari Puncak**

tahun	Bulan	Januari	februari	Maret	April	Mei	Juni
2005	Rata-rata per hari	803	794	747	749	737	744
	Jml. pada hari puncak	827	874	848	804	780	834
	Persentase Hari Puncak	3,32	3,93	3,66	3,58	3,41	3,74
2006	Rata-rata per hari	725	764	778	809	788	818
	Jml. pada hari puncak	875	770	845	882	842	948
	Persentase Hari Puncak	3,89	3,60	3,50	3,63	3,45	3,86
2007	Rata-rata per hari	731	653	618	646	656	684
	Jml. pada hari puncak	685	711	645	653	694	750
	Persentase Hari Puncak	3,02	3,89	3,37	3,37	3,41	3,66
2008	Rata-rata per hari	655	699	700	672	667	642
	Jml. pada hari puncak	771	744	781	682	747	736
	Persentase Hari Puncak	3,80	3,67	3,60	3,39	3,62	3,82
2009	Rata-rata per hari	658	709	727	727	732	752
	Jml. pada hari puncak	686	738	750	788	737	812
	Persentase Hari Puncak	3,36	3,72	3,33	3,62	3,25	3,60
2010	Rata-rata per hari	785	841	775	787	822	860
	Jml. pada hari puncak	911	925	911	933	978	1010
	Persentase Hari Puncak	3,74	3,93	3,79	3,95	3,84	3,91

tahun	Bulan	Juli	Agustus	September	Oktober	Nopember	Desember	nilai Maksimal
2005	Rata-rata per hari	811	791	796	730	771	793	811
	Jml. pada hari puncak	993	814	931	867	889	899	993
	Persentase Hari Puncak	3,95	3,32	3,90	3,83	3,85	3,66	3,95
2006	Rata-rata per hari	856	841	846	830	853	794	856
	Jml. pada hari puncak	1064	966	1012	1023	914	980	1.064
	Persentase Hari Puncak	4,01	3,71	3,99	3,97	3,57	3,98	4,01
2007	Rata-rata per hari	740	730	659	739	716	734	740
	Jml. pada hari puncak	903	762	769	865	750	794	903
	Persentase Hari Puncak	3,94	3,37	3,89	3,77	3,49	3,49	3,94
2008	Rata-rata per hari	701	688	684	698	675	693	701
	Jml. pada hari puncak	867	745	804	776	703	799	867
	Persentase Hari Puncak	3,99	3,49	3,92	3,59	3,47	3,72	3,99
2009	Rata-rata per hari	760	729	729	754	752	756	760
	Jml. pada hari puncak	935	824	852	798	828	857	935
	Persentase Hari Puncak	3,97	3,64	3,89	3,41	3,67	3,66	3,97
2010	Rata-rata per hari	862	825	859	827	841	846	862
	Jml. pada hari puncak	1059	983	1002	988	994	998	1.059
	Persentase Hari Puncak	3,96	3,84	3,89	3,86	3,94	3,80	3,96

Berdasarkan tabel di atas dapat dilihat bahwa, baik rata-rata per hari, jumlah pada hari puncak maupun persentase hari puncak, nilai yang paling besar terdapat pada bulan juli. Oleh karena itu, penentuan hari puncak hanya difokuskan pada bulan juli. Adapun perhitungan persentase bulan puncak didapatkan dengan rumus seperti di bawah ini.

$$\text{persentase hari puncak} = \frac{\frac{100\%}{\text{jumlah hari tiap bulan}} \times \text{jumlah maksimal}}{\text{jumlah rata-rata}} \quad (3.2)$$

Penentuan persentase hari *peak* didapatkan dengan cara mencari jumlah penumpang paling tinggi yaitu pada bulan juli yang digambarkan pada tabel 3.6 di bawah ini.

**Tabel 3.8 Persentase Hari Puncak**

tahun	hari	Persentase
2005	Minggu/17	3,95
2006	minggu/2	4,01
2007	Minggu/8	3,94
2008	Minggu/27	3,99
2009	Minggu/5	3,97
2010	minggu/4	3,96

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa nilai maksimal dari persentase hari puncak didapatkan sebesar 4,01%. Pemilihan nilai persentase menggunakan nilai yang terbesar dikarenakan untuk menggambarkan kondisi paling padat pada bulan tersebut. Selain itu, dari tabel tersebut dapat dilihat pula hari puncak berada pada hari minggu. Kondisi ini sengaja dijadwalkan oleh PT. Angkasa Pura II mengingat banyak penduduk yang bepergian pada hari minggu.

### 3.3.3 Penentuan Waktu Puncak (*Peak Hour*)

Setelah didapatkan Hari puncak, langkah selanjutnya adalah menentukan waktu puncak. Hal ini dikarenakan, untuk mengerucutkan focus penelitian dari data awal yang hasil akhirnya digunakan untuk menggambarkan kondisi paling padat pada suatu waktu. Sebelum penentuan waktu puncak, nilai bulan puncak dapat dibuktikan dengan mengumpulkan jumlah pesawat pada waktu puncak tiap

bulan dari tahun 2005 sampai 2010. Tabel 3.9 berikut adalah tabel jumlah pesawat tersebut.

**Tabel 3.9 Jumlah *Take off dan Landing* pada Jam Puncak**

tahun	Bulan	Januari	februari	Maret	April	Mei	Juni
2005	Rata-rata per jam	37	38	37	37	37	37
	Jml. rata-2 jam sibuk	63	63	62	61	63	64
	Persentase Jam Puncak	7,11	6,85	6,97	6,76	7,10	7,12
2006	Rata-rata per jam	38	38	39	40	39	41
	Jml. rata-2 jam sibuk	65	63	63	67	62	69
	Persentase Jam Puncak	7,13	6,85	6,74	6,86	6,60	7,04
2007	Rata-rata per jam	37	27	31	32	33	34
	Jml. rata-2 jam sibuk	52	45	47	51	51	56
	Persentase Jam Puncak	5,84	6,99	6,33	6,60	6,50	6,82
2008	Rata-rata per jam	35	35	35	34	33	32
	Jml. rata-2 jam sibuk	56	54	53	52	51	53
	Persentase Jam Puncak	6,60	6,40	6,34	6,40	6,42	6,93
2009	Rata-rata per jam	33	35	36	36	37	38
	Jml. rata-2 jam sibuk	45	50	55	52	54	59
	Persentase Jam Puncak	5,75	5,93	6,31	5,94	6,21	6,42
2010	Rata-rata per jam	39	38	39	39	40	43
	Jml. rata-2 jam sibuk	62	63	67	67	68	72
	Persentase Jam Puncak	6,57	7,00	7,16	7,05	7,13	6,94

tahun	Bulan	Juli	Agustus	September	Oktober	Nopember	Desember	nilai Maksimal
2005	Rata-rata per jam	39	39	36	35	38	39	38,65
	Jml. rata-2 jam sibuk	74	66	68	58	69	69	73,68
	Persentase Jam Puncak	7,97	7,08	7,87	6,85	7,70	7,48	7,97
2006	Rata-rata per jam	37	41	41	39	42	39	41,66
	Jml. rata-2 jam sibuk	73	70	68	65	72	69	72,76
	Persentase Jam Puncak	8,19	7,15	6,97	7,00	7,24	7,30	8,19
2007	Rata-rata per jam	36	36	33	37	36	37	37,46
	Jml. rata-2 jam sibuk	73	61	56	58	58	57	73,27
	Persentase Jam Puncak	8,45	7,00	7,10	6,50	6,79	6,50	8,45
2008	Rata-rata per jam	35	34	34	34	34	35	35,44
	Jml. rata-2 jam sibuk	71	54	57	55	52	55	70,76
	Persentase Jam Puncak	8,32	6,55	7,05	6,76	6,45	6,62	8,32
2009	Rata-rata per jam	35	36	36	39	39	40	39,80
	Jml. rata-2 jam sibuk	71	57	54	59	61	60	70,66
	Persentase Jam Puncak	8,34	6,52	6,22	6,32	6,55	6,29	8,34
2010	Rata-rata per jam	38	38	44	41	41	42	44,45
	Jml. rata-2 jam sibuk	73	65	66	69	72	71	73,27
	Persentase Jam Puncak	8,11	7,14	6,19	6,96	7,31	6,99	8,11

Berdasarkan tabel di atas dapat dilihat bahwa, baik rata-rata per jam, jumlah pada jam puncak maupun persentase jam puncak, nilai yang paling besar terdapat pada bulan juli. Oleh karena itu, penentuan jam puncak hanya difokuskan pada bulan juli. Adapun perhitungan persentase jam puncak didapatkan dengan rumus seperti di bawah ini.

$$\text{persentase jam puncak} = \frac{\frac{100\%}{24} \times \text{jumlah maksimal}}{\text{jumlah rata-rata}} \quad (3.3)$$

Nilai 100% yang dibagi dengan 24 bertujuan untuk mencari tahu persentase tiap jam jika diasumsikan nilai tiap jamnya sama dan bandara bekerja selama 24 jam. Penentuan persentase waktu puncak didapatkan dengan cara mencari jumlah penumpang paling tinggi yaitu pada bulan juli yang digambarkan pada tabel 3.10 di bawah ini.

**Tabel 3.10 Persentase Jam Puncak**

tahun	waktu	Persentase
2005	13,00	7,97
2006	15,00	8,42
2007	15,00	8,45
2008	19,00	8,32
2009	16,00	8,34
2010	15,00	8,11

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa nilai maksimal dari persentase waktu puncak didapatkan sebesar 8,45%. Pemilihan nilai persentase menggunakan nilai yang terbesar dikarenakan untuk menggambarkan kondisi paling padat pada hari tersebut. Selain itu, dari tabel tersebut dapat dilihat pula hari puncak berada pada kisaran waktu 13.00-14.00 WIB, 15.00-16.00 WIB, 16.00-17.00 WIB atau 19.00-20.00 WIB. Namun pada penelitian ini, spesifikasi waktu tidak begitu diperhatikan karena yang menjadi tujuan utamanya adalah nilai persentase pada waktu puncak saja.

### 3.4. Peramalan Jumlah Penumpang 10 Tahun Ke Depan

#### 3.4.1 Metode Regresi Linier untuk Domestik

Untuk mengetahui pola dari data historical jumlah penumpang dan trend 10 tahun ke depan, maka digunakan regresi linear. Dengan menggunakan regresi linear ini, dilakukan peramalan data ke 17 dan 18 dari data historical jumlah penumpang baik domestik maupun internasional. Berikut adalah hasil peramalan periode 17 dan 18 untuk penerbangan domestik.

**Tabel 3.11. Peramalan Regresi Linear ke-17 dan 18 Penerbangan Domestik**

Periode	Aktual	Forecast	MSE
17	26.982.794	25.105.619	2,27957E+12
18	28.039.602	27.022.083	

Dari tabel 3.11 di atas dapat dilihat nilai error yang dihasilkan dari perbandingan antara hasil peramalan dengan data aktual adalah  $2,27957E + 12$ . Berdasarkan nilai MSE tersebut yang terbilang cukup besar, maka dilakukan peramalan dengan metode lain.

### 3.4.2 Metode SVR untuk Domestik

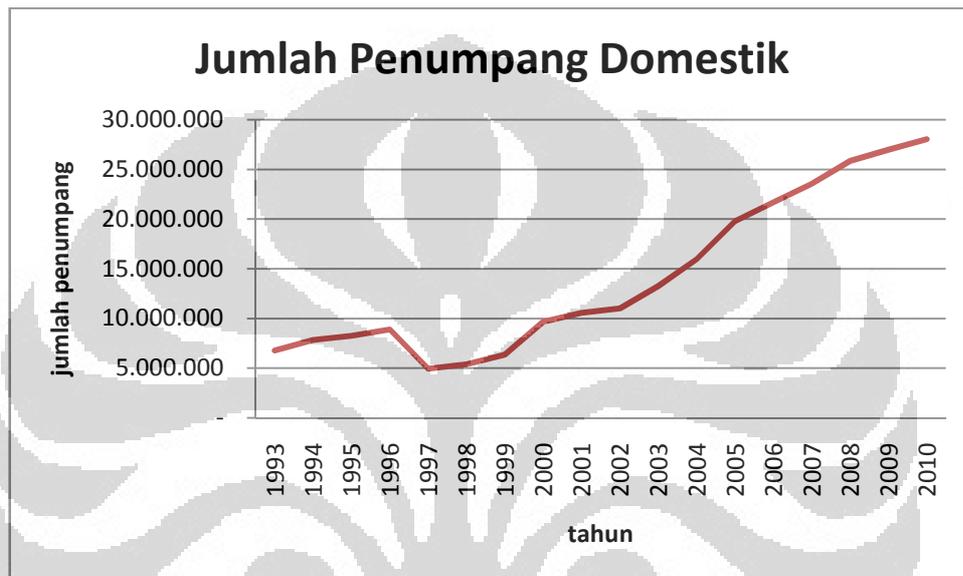
Pada peramalan jumlah penumpang domestik ini menggunakan metode SVR (*Support Vector Regression*) dimana metode ini memiliki beberapa parameter yang nantinya digunakan untuk melakukan peramalan 10 tahun ke depan. Pemilihan nilai parameter tersebut dengan melakukan proses percobaan untuk mendapatkan hasil yang paling baik. Kombinasi parameter yang baik merupakan kombinasi yang memiliki nilai error terkecil dibandingkan dengan data aktual.

Oleh karena itu, langkah pertama yang dilakukan untuk peramalan jumlah penumpang domestik yaitu melakukan uji coba pemilihan parameter yang tepat pada proses peramalan dikarenakan nilai dari setiap parameter ditentukan sendiri oleh penggunaannya dan bernilai tidak terbatas.. Uji coba pemilihan parameter ini menggunakan Software Matlab yang juga digunakan ketika melakukan proses peramalan jumlah penumpang nantinya.

Pada penelitian ini, 18 data aktual dibagi 2 untuk melakukan *training* dan *testing*. *Training* tersebut berguna untuk mengetahui historical struktur jumlah penumpang dari tahun ke tahun, dimana terdapat 16 data yang digunakan untuk melakukan *training* tersebut. Sedangkan *testing* menggunakan 2 data terakhir yang berguna untuk melakukan pengecekan setelah melakukan *training*.

Kombinasi parameter 1, yaitu  $C=1$ ,  $ker=linear$ ,  $loss=einsensitive$  dan  $e=default$ . Nilai C merupakan nilai 1 sampai dengan tak terhingga dengan penentuannya berdasarkan kemauan pengguna. Loss pada *syntax* berarti *Loss Function* yang berarti fungsi yang menunjukkan hubungan antara error dengan bagaimana error ini dikenai pinalti. Perbedaan *Loss Function* akan menghasilkan

formulasi SVR yang berbeda. Macam-macam *Loss Function* yang digunakan adalah *quadratic* dan *insensitive* dengan nilai  $\epsilon$  yang mempengaruhinya sesuai dengan program SVR (default) yaitu 1. Kernel merupakan tipe data yang digunakan untuk melakukan peramalan, karena kedelapanbelas data historical jumlah penumpang domestik tersebut berbentuk linear, maka kernel yang digunakan adalah linear. Gambar 3.3 berikut adalah bentuk dari data historical jumlah penumpang domestik.



**Gambar 3.1. Grafik Jumlah Penumpang Domestik**

Dari hasil perhitungan *syntax* tersebut didapatkan hasil peramalan untuk periode 17 sebesar 16.317.000 dan periode 18 sebesar 16.317.000. Untuk mengetahui seberapa besar perbedaan hasil peramalan dengan data actual, dapat dihitung dengan menggunakan *mean square error* (MSE). Pengertian dari mean square error sendiri adalah rata-rata dari nilai kesalahan yang dipangkatkan dua. Maksud dari kesalahan di sini adalah selisih antara nilai actual dengan hasil peramalan.

Dapat dilihat bahwa dari hasil iterasi didapatkan selisih yang begitu besar antara hasil *testing* dengan data aktual ke 17 dan 18 yang dimiliki hal ini dapat dilihat dari rata-rata error yang dihasilkan relatif besar. Hal ini menunjukkan bahwa perlu dilakukan iterasi kombinasi parameter yang lain. Dengan menggunakan *syntax* yang sama namun nilai parameter yang berbeda, didapatkan hasil iterasinya pada tabel 3.12 di bawah ini.

Tabel 3.12 Iterasi Parameter Domestik

C	Quadratic		Einsensitive	
	Peramalan	MSE	Peramalan	MSE
1	25.385.000	1,82E+12	16.317.000	1,26E+14
	26.998.000		16.317.000	
2	25.400.000	1,78E+12	16.317.000	1,26E+14
	27.015.000		16.318.000	
3	25.405.000	1,76E+12	16.318.000	1,26E+14
	27.021.000		16.318.000	
4	25.408.000	1,76E+12	16.319.000	1,26E+14
	27.024.000		16.319.000	
5	25.409.000	1,75E+12	16.319.000	1,26E+14
	27.026.000		16.319.000	
6	25.410.000	1,75E+12	16.320.000	1,26E+14
	27.027.000		16.320.000	
7	25.411.000	1,75E+12	16.320.000	1,26E+14
	27.028.000		16.321.000	
8	25.412.000	1,75E+12	16.321.000	1,26E+14
	27.029.000		16.321.000	
9	25.412.000	1,74E+12	16.322.000	1,25E+14
	27.029.000		16.322.000	
10	25.413.000	1,74E+12	16.322.000	1,25E+14
	27.030.000		16.323.000	
11	25.413.000	1,74E+12	16.323.000	1,25E+14
	27.030.000		16.323.000	
12	25.413.000	1,74E+12	16.323.000	1,25E+14
	27.030.000		16.324.000	
13	25.413.000	1,74E+12	16.324.000	1,25E+14
	27.030.000		16.324.000	
14	25.413.000	1,74E+12	16.325.000	1,25E+14
	27.030.000		16.325.000	
15	25.413.000	1,74E+12	16.325.000	1,25E+14
	27.030.000		16.326.000	
50	25.413.000	1,74E+12	16.346.000	1,25E+14
	27.030.000		16.348.000	

Dengan membandingkan nilai MSE dari masing-masing iterasi yang dilakukan, dapat terlihat bahwa nilai MSE yang dihasilkan jauh lebih kecil dibandingkan ketika menggunakan *loss function einsensitive*. Dari hasil tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa *loss function* yang sebaiknya dipilih adalah *quadratic*. Selain itu, dengan melihat perubahan nilai C, MSE yang dihasilkan semakin menurun tetapi memang tidak begitu signifikan. Namun terjadi

kejenuhan pada perubahan nilai  $C$  dari 10 bahkan hingga 50, tampak bahwa tidak terdapat perubahan ketika sampai pada nilai  $C$  adalah 10.

**Tabel 3.13 Parameter Peramalan Domestik**

C	Ker	loss	e
10	linier	quadratic	1 (default)

Kombinasi parameter pada tabel 3.13 di atas merupakan parameter yang digunakan untuk melakukan peramalan jumlah penumpang domestik untuk 10 tahun ke depan. Dikarenakan data actual yang digunakan sudah membentuk sebuah garis linear, maka kernel yang digunakan pun linear. Penggunaan kernel yang linear menyebabkan perubahan semua nilai parameter tersebut tidak berpengaruh. Lain hal dengan perubahan nilai  $C$ , karena nilai tersebut menunjukkan toleransi yang diberikan terhadap angka-angka yang terdapat diluar  $\epsilon$  (baik positif maupun negatif).

Parameter yang digunakan dengan nilai  $C$  adalah 10 menunjukkan bahwa dengan nilai tersebut, merupakan batasan yang optimal untuk memberikan toleransi atas angka yang terdapat diluar  $\epsilon$  (baik positif maupun negatif). Penggunaan *loss function* berupa *quadratic* menggambarkan error yang dihasilkan di batasi dengan bentuk *quadratic*.

### 3.4.3. Peramalan Jumlah Penumpang Domestik

Pada penjelasan sebelumnya telah dilakukan perhitungan peramalan dengan menggunakan regresi linear dan *Support Vector Regression*. Perbandingan kedua metode tersebut dilakukan karena antara kedua metode tersebut memiliki persamaan yaitu menggunakan konsep regresi. Dari perbandingan kedua metode tersebut dapat dilihat bahwa dengan menggunakan metode *Support Vector Regression* didapatkan nilai MSE yang lebih kecil dibandingkan dengan menggunakan regresi linear. Hal ini menunjukkan bahwa peramalan untuk periode ke 17 dan 18 tidak jauh berbeda dengan nilai aktualnya. Oleh karena itu, untuk peramalan jumlah penumpang dilakukan dengan metode *Support Vector Regression*.

Pada bagian sebelumnya telah ditentukan nilai kombinasi parameter yang digunakan untuk melakukan peramalan terhadap jumlah penumpang domestik

untuk 10 tahun ke depan. Kemudian dengan menggunakan software Matlab masukkan kembali kombinasi parameter tersebut. Setelah memasukkan *syntax*, maka akan muncul kesepuluh data peramalan jumlah penumpang domestik. Peramalan jumlah penumpang domestik pun tampak pada tabel 3.14 di bawah ini.

**Tabel 3.14 Peramalan Jumlah Penumpang Domestik**

Tahun	Jumlah Penumpang
2011	29.290.000
2012	30.966.000
2013	32.642.000
2014	34.317.000
2015	35.993.000
2016	37.669.000
2017	39.345.000
2018	41.021.000
2019	42.697.000
2020	44.373.000

Tabel di atas merupakan tabel peramalan jumlah penumpang domestik yang dapat dilihat bahwa terjadi kenaikan jumlah penumpang setiap tahunnya.

#### 3.4.4 Metode Regresi Linier untuk International

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa untuk mengetahui pola data historical jumlah penumpang internasional, maka dilakukan peramalan dengan menggunakan regresi linear. Berikut adalah hasil peramalan periode 17 dan 18 untuk penerbangan internasional.

**Tabel 3.15. Peramalan Regresi Linear ke-17 dan 18 Penerbangan Internasional**

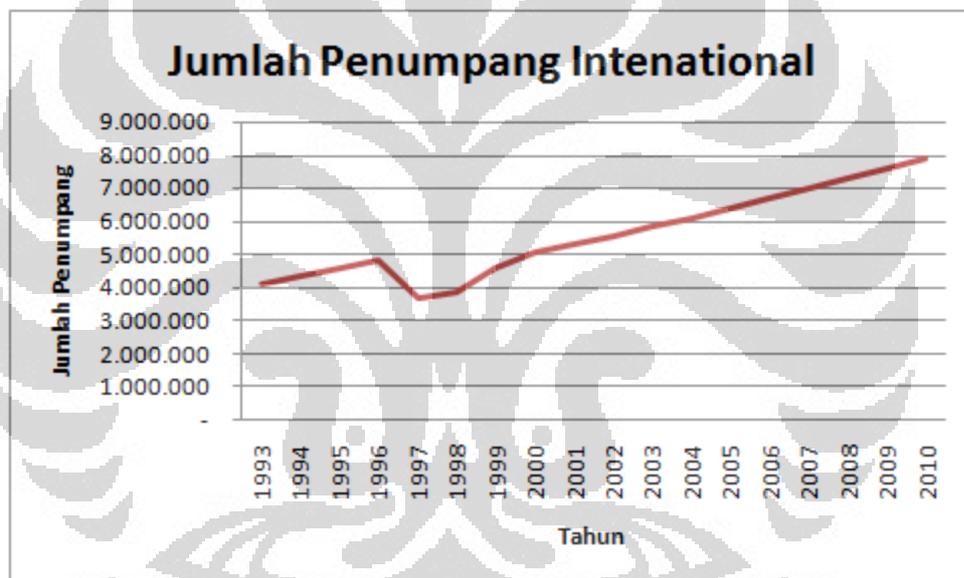
Periode	Aktual	Forecast	MSE
17	7.599.937	7.472.856	2,E+10
18	7.897.246	7.731.114	

Berdasarkan tabel 3.15 diatas nilai MSE yang dihasilkan adalah 2,E + 10 antara data aktual periode ke 17 dan 18 dengan data peramalan yang dihasilkan dengan metode regresi linear.

### 3.4.5 Metode SVR untuk International

Seperti halnya pada pemilihan parameter jumlah penumpang domestik, parameter ini digunakan untuk melakukan peramalan jumlah penumpang internasional dengan kombinasi yang memiliki nilai MSE (*Mean Square Error*) terkecil. Nilai MSE tersebut didapatkan dengan membandingkan nilai testing yang dilakukan dengan nilai aktual jumlah penumpang internasional

Dari data aktual jumlah penumpang internasional dapat dilihat bahwa terjadi kenaikan setiap tahunnya pada jumlah penumpang ini. Pergerakan kenaikan tersebut dapat terlihat jelas pada gambar 3.2 grafik aktual jumlah penumpang internasional di bawah ini.



**Gambar 3.2 Grafik Jumlah Penumpang Internasional**

Pemilihan parameter ini pun dilakukan dengan melakukan percobaan pada masing-masing iterasi kombinasi parameter *loss function* dan C. Dengan membandingkan nilai MSE dari masing-masing iterasi yang dilakukan, dapat terlihat bahwa nilai MSE yang dihasilkan jauh lebih kecil dibandingkan ketika menggunakan *loss function insensitive*. Dari hasil tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa *loss function* yang sebaiknya dipilih adalah *quadratic*. Selain itu, dengan melihat perubahan nilai C, MSE yang dihasilkan semakin menurun tetapi memang tidak begitu signifikan. Namun terjadi kejenuhan pada perubahan

nilai C dari 13 bahkan hingga 50, tampak bahwa tidak terdapat perubahan ketika sampai pada nilai C adalah 13. Berikut adalah tabel 3.16 untuk iterasinya.

**Tabel 3.16 Iterasi Parameter Internasional**

C	Quadratic		Einsensitive	
	Peramalan	MSE	Peramalan	MSE
1	7.480.700	1,85E+10	5.692.700	4,25E+12
	7.746.300		5.692.800	
2	7.483.300	1,78E+10	5.693.300	4,25E+12
	7.749.200		5.693.400	
3	7.484.200	1,75E+10	5.693.900	4,24E+12
	7.750.200		5.694.000	
4	7.484.600	1,74E+10	5.694.500	4,24E+12
	7.750.700		5.694.700	
5	7.484.800	1,73E+10	5.695.100	4,24E+12
	7.750.900		5.695.300	
6	7.485.000	1,73E+10	5.695.700	4,24E+12
	7.751.100		5.695.900	
7	7.485.100	1,72E+10	5.696.300	4,23E+12
	7.751.300		5.696.600	
8	7.485.200	1,72E+10	5.696.900	4,23E+12
	7.751.400		5.697.200	
9	7.485.300	1,72E+10	5.697.500	4,23E+12
	7.751.500		5.697.800	
10	7.485.300	1,72E+10	5.698.000	4,23E+12
	7.751.500		5.698.500	
11	7.485.400	1,72E+10	5.698.600	4,22E+12
	7.751.600		5.699.100	
12	7.485.400	1,72E+10	5.699.200	4,22E+12
	7.751.600		5.699.700	
13	7.485.500	1,71E+10	5.699.800	4,22E+12
	7.751.700		5.700.300	
14	7.485.500	1,71E+10	5.700.400	4,22E+12
	7.751.700		5.701.000	
15	7.485.500	1,71E+10	5.701.000	4,21E+12
	7.751.700		5.701.600	
50	7.485.500	1,71E+10	5.721.600	4,13E+12
	7.751.700		5.723.700	

Kombinasi parameter yang terdapat pada tabel 3.17 di bawah merupakan parameter terbaik dengan nilai MSE terkecil dibandingkan dengan nilai MSE lainnya yang kemudian kombinasi ini dapat digunakan untuk melakukan peramalan jumlah penumpang internasional 10 tahun ke depan.

**Tabel 3.17 Parameter Peramalan Internasional**

C	Ker	loss	e
13	linier	quadratic	1 (default)

Kombinasi tersebut menunjukkan hal yang sama pada pemilihan parameter domestik, bahwa dengan penggunaan kernel yang linear menyebabkan semua parameter tidak memberikan pengaruh yang signifikan. Pemilihan kernel linear tersebut juga dikarenakan nilai yang dibentuk oleh data historical dari penumpang internasional berbentuk linear.

#### 3.4.6. Peramalan Jumlah Penumpang Internasional

Pada penjelasan sebelumnya telah dilakukan perhitungan peramalan dengan menggunakan regresi linear dan *Support Vector Regression*. Perbandingan kedua metode tersebut dilakukan karena antara kedua metode tersebut memiliki persamaan yaitu menggunakan konsep regresi. Dari perbandingan kedua metode tersebut dapat dilihat bahwa dengan menggunakan metode *Support Vector Regression* didapatkan nilai MSE yang lebih kecil dibandingkan dengan menggunakan regresi linear. Hal ini menunjukkan bahwa peramalan untuk periode ke 17 dan 18 tidak jauh berbeda dengan nilai aktualnya. Oleh karena itu, untuk peramalan jumlah penumpang dilakukan dengan metode *Support Vector Regression*.

Di dalam melakukan peramalan jumlah penumpang internasional tersebut, di perlukan beberapa kombinasi parameter dimana parameter ini berguna sebagai batas atau patokan dalam proses peramalan nantinya. Pada bagian sebelumnya telah ditentukan kombinasi parameter dengan nilai MSE terkecil yang akan digunakan sebagai parameter peramalan. Kemudian dilakukan hal yang sama pada domestik, yaitu memasukkan *syntax* dengan kombinasi parameter yang telah ditentukan. Setelah memasukkan *syntax*, maka akan muncul kesepuluh data

peramalan jumlah penumpang internasional yang tampak pada tabel 3.18 di bawah ini.

**Tabel 3.18 Peramalan Jumlah Penumpang Internasional**

Tahun	Jumlah Penumpang
2011	8.084.000
2012	8.356.000
2013	8.629.000
2014	8.901.000
2015	9.173.000
2016	9.445.000
2017	9.718.000
2018	9.990.000
2019	10.262.000
2020	10.535.000

Pada peramalan jumlah penumpang internasional tersebut, dapat dilihat bahwa terdapat kenaikan jumlah penumpang yang cukup signifikan setiap tahunnya. Nilai tersebut yang nantinya digunakan untuk mencari jumlah *runway* yang optimal, sehingga peramalan tersebut merupakan peramalan jumlah penumpang internasional.

## **BAB 4**

### **PERHITUNGAN *RUNWAY* DAN ANALISA**

Pada bab ini akan di bahas mengenai perhitungan penentuan jumlah *runway* yang optimal serta kapan tepatnya *runway* tersebut dibutuhkan di Bandara Soekarno-Hatta.

#### **4.1 Perhitungan Jumlah *take-off* dan *landing* Pada Waktu Puncak**

Hasil peramalan total jumlah penumpang hingga 10 tahun ke depan tersebut merupakan hasil perkiraan pada rentang waktu satu tahun mulai dari tahun 2011-2020. Sebagai patokan atau acuan untuk melakukan perhitungan alokasi jumlah *runway* pada Bandara Soekarno-Hatta maka perlu dibutuhkan total jumlah *take-off* dan *landing* pada waktu puncak. Untuk itu, dipertengahan proses penghitungan jumlah *take-off* dan *landing* pada waktu puncak, akan dilakukan konversi dari jumlah penumpang menjadi jumlah *take-off* dan *landing*.

Waktu puncak merupakan bulan, hari dan jam sibuk dimana jumlah penumpang dan jumlah *take-off* dan *landing* pada kondisi tersebut meningkat cukup signifikan. Perhitungan waktu puncak ini pun telah di jelaskan pada bahasan sebelumnya. Dengan melakukan perhitungan antara persentase waktu puncak baik bulan, hari dan waktu dengan peramalan total jumlah penumpang tahun 2011-2020, dan konversi dari jumlah penumpang menjadi jumlah *take-off* dan *landing*, maka akan di dapatkan total jumlah *take-off* dan *landing* pada waktu puncak.

##### **4.1.1. Jumlah Penumpang Pada Bulan Puncak**

Perhitungan ini menggunakan data peramalan jumlah penumpang pada tahun 2011-2020, dikarenakan pada penelitian ini bertujuan untuk melihat jumlah *runway* yang optimal untuk 10 tahun ke depan atau pada tahun 2011-2020. Hal ini dilakukan agar dapat diketahui perkembangan jumlah kebutuhan *runway* dari tahun ke tahun selama 10 tahun ke depan sehingga kapan tepatnya *runway* perlu ditambahkan dapat segera diketahui. Berikut adalah tabel jumlah penumpang domestik pada bulan sibuk.

**Tabel 4.1 Forecast Penumpang Domestik Pada Bulan Puncak**

tahun	jumlah penumpang	% bulan puncak	hasil
2011	29.290.000	9,84%	2.882.136
2012	30.966.000	9,84%	3.047.054
2013	32.642.000	9,84%	3.211.973
2014	34.317.000	9,84%	3.376.793
2015	35.993.000	9,84%	3.541.711
2016	37.669.000	9,84%	3.706.630
2017	39.345.000	9,84%	3.871.548
2018	41.021.000	9,84%	4.036.466
2019	42.697.000	9,84%	4.201.385
2020	44.373.000	9,84%	4.366.303

Pada tabel 4.1. dihasilkan jumlah penumpang domestik tahun 2011-2020 dimana pada tahun 2020 didapatkan hasil perhitungan jumlah penumpang adalah 4.366.303. Hasil tersebut didapatkan dengan mengalikan antara persentase bulan puncak dengan nilai peramalan jumlah penumpang tahun 2020, begitu juga yang dilakukan dengan tahun-tahun sebelumnya.

Hal yang sama pun dilakukan pada penumpang international. Hal ini dikarenakan, pada Bandar udara international seperti Soekarno-Hatta, pengaruh penerbangan international cukup besar. Jumlah penumpang yang datang dan berangkat dari Indonesia cukup banyak. Penelitian ini ingin mengetahui jumlah *runway* yang optimal pada kondisi terburuk, sehingga dapat menanggulangi permasalahan ketidakseimbangan antara jumlah penumpang baik domestik maupun internasional yang datang dan berangkat dengan jumlah *runway* yang ada. Berikut adalah tabel jumlah penumpang International pada bulan sibuk.

**Tabel 4.2. Forecast Penumpang International Pada Bulan Puncak**

tahun	jumlah penumpang	% bulan puncak	hasil
2011	8.084.000	10,29%	831.844
2012	8.356.000	10,29%	859.832
2013	8.629.000	10,29%	887.924
2014	8.901.000	10,29%	915.913
2015	9.173.000	10,29%	943.902
2016	9.445.000	10,29%	971.891
2017	9.718.000	10,29%	999.982
2018	9.990.000	10,29%	1.027.971
2019	10.262.000	10,29%	1.055.960
2020	10.535.000	10,29%	1.084.052

Pada tabel 4.2 dihasilkan jumlah penumpang international tahun 2011-2020 dimana pada tahun 2020 didapatkan hasil perhitungan jumlah penumpang adalah 1.084.052. Hasil tersebut didapatkan dengan mengalikan antara persentase bulan puncak dengan nilai peramalan jumlah penumpang tahun 2020, begitu juga yang dilakukan dengan tahun-tahun sebelumnya.

#### 4.1.2. Konversi jumlah penumpang menjadi jumlah *take off* dan *landing*

Setelah didapatkan jumlah penumpang pada bulan puncak, langkah selanjutnya adalah menentukan jumlah *take-off* dan *landing* pada bulan tersebut. Hal ini dikarenakan, untuk menghitung kapasitas runway diperlukan data berupa jumlah pesawat yang beroperasi, mendarat dan lepas landas, di runway tersebut. langkah ini dilakukan setelah dihitung jumlah penumpang pada bulan puncak karena data historis penentuan persentase waktu puncak yang menggunakan jumlah penumpang hanya pada bulan puncak, sedangkan untuk hari dan jam digunakan data historis jumlah pesawat yang beroperasi untuk penentuan persentase puncaknya. Adapun perhitungan konversi jumlah penumpang menjadi *take off* dan *landing* didapatkan dengan rumus seperti di bawah ini (Groton-New London AMPU, working paper no 1 introduction, inventory, forecast, October 30 2008).

$$\text{jumlah take off dan landing} = \frac{\text{jumlah penumpang}}{(\text{kapasitas rata-rata} \times \text{load factor})} \quad (4.1)$$

Jumlah penumpang yang dimaksudnya pada kondisi ini adalah jumlah penumpang pada bulan puncak yang sudah dihitung sebelumnya pada tiap tahunnya, yaitu tahun 2011-2020. Sedangkan kapasitas rata-rata diperoleh dari data PT. Angkasa Pura baik untuk domestik maupun international. Untuk domestik didapatkan kapasitas rata-rata pesawat yang ada di Soekarno-Hatta sebesar 184 *seat* sedangkan untuk international didapatkan kapasitas rata-rata sebesar 254 *seat*. Penentuan nilai kapasitas rata-rata ini didapatkan dengan menghitung rata-rata dari total jumlah kapasitas pesawat yang ada di Bandar udara Soekarno-Hatta yang datanya berada pada lampiran III. Hal yang paling penting berikutnya untuk maskapai penerbangan adalah *Load factor*, mengukur persentase kapasitas tempat duduk yang tersedia yang dipenuhi dengan penumpang. Ini adalah ukuran utilitas kapasitas pesawat. PT. Angkasa Pura mengatakan bahwa

*load factor* pesawat di Bandar udara Soekarno-Hatta sekitar 80-90% berdasarkan data empiris. Oleh karena itu, pada penelitian ini digunakan 3 *load factor* yaitu, 80%, 85% dan 90%. Dengan menggunakan angka-angka yang sudah disebutkan di atas dan rumus yang ditulis sebelumnya, didapatkan jumlah *take off* dan *landing* pada bulan puncak seperti pada tabel 4.3 hingga tabel 4.8.

**Tabel 4.3 Forecast take off dan landing Domestik Pada Bulan Puncak**  
(*Load factor=80%*)

tahun	jumlah penumpang	Kapasitas Rata-rata	jumlah take off & landing
2011	2.882.136	184	19.580
2012	3.047.054	184	20.700
2013	3.211.973	184	21.820
2014	3.376.793	184	22.940
2015	3.541.711	184	24.061
2016	3.706.630	184	25.181
2017	3.871.548	184	26.301
2018	4.036.466	184	27.422
2019	4.201.385	184	28.542
2020	4.366.303	184	29.662

**Tabel 4.4 Forecast take off dan landing International Pada Bulan Puncak**  
(*Load factor=80%*)

tahun	jumlah penumpang	Kapasitas Rata-rata	jumlah take off & landing
2011	831.844	254	4.094
2012	859.832	254	4.231
2013	887.924	254	4.370
2014	915.913	254	4.507
2015	943.902	254	4.645
2016	971.891	254	4.783
2017	999.982	254	4.921
2018	1.027.971	254	5.059
2019	1.055.960	254	5.197
2020	1.084.052	254	5.335

**Tabel 4.5 Forecast take off dan landing Domestik Pada Bulan Puncak**  
(Load factor=85%)

tahun	jumlah penumpang	Kapasitas Rata-rata	jumlah take off & landing
2011	2.882.136	184	18.428
2012	3.047.054	184	19.482
2013	3.211.973	184	20.537
2014	3.376.793	184	21.591
2015	3.541.711	184	22.645
2016	3.706.630	184	23.700
2017	3.871.548	184	24.754
2018	4.036.466	184	25.809
2019	4.201.385	184	26.863
2020	4.366.303	184	27.918

**Tabel 4.6 Forecast take off dan landing International Pada Bulan Puncak**  
(Load factor=85%)

tahun	jumlah penumpang	Kapasitas Rata-rata	jumlah take off & landing
2011	831.844	254	3.853
2012	859.832	254	3.983
2013	887.924	254	4.113
2014	915.913	254	4.242
2015	943.902	254	4.372
2016	971.891	254	4.502
2017	999.982	254	4.632
2018	1.027.971	254	4.761
2019	1.055.960	254	4.891
2020	1.084.052	254	5.021

**Tabel 4.7 Forecast take off dan landing Domestik Pada Bulan Puncak**  
(Load factor=90%)

tahun	jumlah penumpang	Kapasitas Rata-rata	jumlah take off & landing
2011	2.882.136	184	17.404
2012	3.047.054	184	18.400
2013	3.211.973	184	19.396
2014	3.376.793	184	20.391
2015	3.541.711	184	21.387
2016	3.706.630	184	22.383
2017	3.871.548	184	23.379
2018	4.036.466	184	24.375
2019	4.201.385	184	25.371
2020	4.366.303	184	26.367

**Tabel 4.8 Forecast take off dan landing International Pada Bulan Puncak**  
(Load factor=90%)

tahun	jumlah penumpang	Kapasitas Rata-rata	jumlah take off & landing
2011	831.844	254	3.639
2012	859.832	254	3.761
2013	887.924	254	3.884
2014	915.913	254	4.007
2015	943.902	254	4.129
2016	971.891	254	4.251
2017	999.982	254	4.374
2018	1.027.971	254	4.497
2019	1.055.960	254	4.619
2020	1.084.052	254	4.742

#### 4.1.3. Jumlah take off dan landing Pada Hari Puncak

Setelah melakukan konversi, dilakukan perhitungan untuk mengetahui jumlah take off dan landing pada hari puncak. Cara perhitungannya sama dengan perhitungan jumlah penumpang pada bulan puncak di sub bab sebelumnya. Namun, perbedaannya pada bagian ini yang digunakan adalah jumlah take off dan landing yang diperoleh pada sub bab 4.1.2 bukan jumlah penumpang pada sub bab sebelumnya. Hal ini dilakukan karena saat perhitungan persentase hari puncak digunakan jumlah take off dan landing sebagai factor pembagiannya. Tabel 4.9 hingga tabel 4.11 berikut adalah tabel jumlah take off dan landing pada hari sibuk.

**Tabel 4.9 Forecast take off dan landing Pada Hari Puncak**  
(Load factor=80%)

tahun	jumlah take off & landing	% hari puncak	hasil
2011	23.673	4,01%	949
2012	24.932	4,01%	1.000
2013	26.190	4,01%	1.050
2014	27.448	4,01%	1.101
2015	28.706	4,01%	1.151
2016	29.964	4,01%	1.202
2017	31.222	4,01%	1.252
2018	32.481	4,01%	1.302
2019	33.739	4,01%	1.353
2020	34.997	4,01%	1.403

**Tabel 4.10 Forecast take off dan landing Pada Hari Puncak**  
(Load factor=85%)

tahun	jumlah take off & landing	% hari puncak	hasil
2011	22.281	4,01%	893
2012	23.465	4,01%	941
2013	24.650	4,01%	988
2014	25.833	4,01%	1.036
2015	27.017	4,01%	1.083
2016	28.201	4,01%	1.131
2017	29.386	4,01%	1.178
2018	30.570	4,01%	1.226
2019	31.754	4,01%	1.273
2020	32.939	4,01%	1.321

**Tabel 4.11 Forecast take off dan landing Pada Hari Puncak**  
(Load factor=90%)

tahun	jumlah take off & landing	% hari puncak	hasil
2011	21.043	4,01%	844
2012	22.161	4,01%	889
2013	23.280	4,01%	934
2014	24.398	4,01%	978
2015	25.516	4,01%	1.023
2016	26.635	4,01%	1.068
2017	27.753	4,01%	1.113
2018	28.872	4,01%	1.158
2019	29.990	4,01%	1.203
2020	31.109	4,01%	1.247

Perhitungan jumlah *take off* dan *landing* pada hari puncak tidak dibagi menjadi domestik dan international karena untuk menghitung jumlah *runway* yang dibutuhkan, yang menggunakan data jumlah *take off* dan *landing* untuk perhitungan, tidak diperlukan untuk memisahkan penerbangan domestic maupun international. Hal ini terjadi karena, walaupun saat ini ada pengalokasian *runway* berdasarkan domestic maupun international, tetapi dalam praktiknya, pesawat dari manapun dapat lepas landas dan mendarat di *runway* manapun, tidak seperti pengalokasian terminal di Bandar udara. Perhitungan jumlah *take off* dan *landing* pada hari puncak ini juga terbagi menjadi 3 *load factor*, yaitu 80%, 85% dan 90%. Hal ini disebabkan peneliti nantinya akan memberikan 3 pilihan kepada PT Angkasa Pura hasil mana yang akan diambil dilihat berdasarkan *load factor* nya.

#### 4.1.4. Jumlah *take off* dan *landing* Pada Jam Puncak

Setelah menghitung jumlah *take off* dan *landing* pada hari puncak, maka tiba saatnya untuk menghitung jumlah *take off* dan *landing* pada jam puncak. Hal ini dibutuhkan karena perhitungan kapasitas runway nanti akan dihitung per satu jam juga dan diasumsikan dilakukan pada jam paling sibuk. Karena pada saat jam sibuk itulah kondisi Bandar udara yang terburuk dan dibutuhkan tindakan pencegahan sebelum Bandar udara tidak dapat lagi menampungnya. Berikut adalah jumlah *take off* dan *landing* pada jam puncak yang nantinya akan digunakan untuk menjadi bagian perhitungan jumlah *runway* yang dibutuhkan pada tahun 2011-2020 dan kapan tepatnya *runway* tersebut dibutuhkan.

**Tabel 4.12 Forecast *take off* dan *landing* Pada jam Puncak  
(Load factor=80%)**

tahun	jumlah take off & landing	% hari puncak	hasil
2011	949	8,45%	80
2012	1.000	8,45%	84
2013	1.050	8,45%	89
2014	1.101	8,45%	93
2015	1.151	8,45%	97
2016	1.202	8,45%	102
2017	1.252	8,45%	106
2018	1.302	8,45%	110
2019	1.353	8,45%	114
2020	1.403	8,45%	119

**Tabel 4.13 Forecast *take off* dan *landing* Pada jam Puncak  
(Load factor=85%)**

tahun	jumlah take off & landing	% hari puncak	hasil
2011	893	8,45%	75
2012	941	8,45%	80
2013	988	8,45%	84
2014	1.036	8,45%	88
2015	1.083	8,45%	92
2016	1.131	8,45%	96
2017	1.178	8,45%	100
2018	1.226	8,45%	104
2019	1.273	8,45%	108
2020	1.321	8,45%	112

**Tabel 4.14 Forecast take off dan landing Pada jam Puncak**  
(Load factor=90%)

tahun	jumlah take off & landing	% hari puncak	hasil
2011	844	8,45%	71
2012	889	8,45%	75
2013	934	8,45%	79
2014	978	8,45%	83
2015	1.023	8,45%	86
2016	1.068	8,45%	90
2017	1.113	8,45%	94
2018	1.158	8,45%	98
2019	1.203	8,45%	102
2020	1.247	8,45%	105

Pada tabel 4.12-4.14 dihasilkan jumlah penumpang domestik tahun 2011-2020. Hasil tersebut didapatkan dengan mengalikan antara persentase jam puncak yaitu 8,45% dengan nilai peramalan jumlah penumpang tahun 2011-2020. Perhitungan jumlah *take off* dan *landing* pada hari puncak juga tidak dibagi menjadi domestik dan international Perhitungan jumlah *take off* dan *landing* pada hari puncak ini pun terbagi menjadi 3 *load factor*, yaitu 80%, 85% dan 90% agar nantinya pihak PT. Angkasa Pura dapat memilih sendiri *load factor* yang mana yang sebenarnya paling merepresentasikan kondisi Bandar udara Soekarno-Hatta.

#### 4.2. Perhitungan kapasitas *runway*

Bandara Soekarno-Hatta saat ini mempunyai 3 terminal dengan 2 diantaranya dialokasikan untuk domestik yaitu terminal 1 dan 3 serta tambahan terminal 2D, dan terminal 2E dan 2F untuk internasionalnya. Soekarno-Hatta juga mempunyai 2 set *runway*. Namun di masing-masing *runway*-nya, mereka dapat melakukan *take off* dan *landing* di dua arah. Penamaan dari kedua *runway* tersebut berasal dari dua digit angka yang menunjukkan sudut magnetic azimuth *runway* dalam 10° terdekat. Azimuth adalah sudut antara sasaran terhadap kutub magnetik bumi (sudut kompas). Pada bandara Soekarno-Hatta, *runway-runway*-nya dinamakan 07L, 07R, 25L dan 25R. Gambar 4.1 di bawah ini adalah peta lokasi *runway* di bandara Soekarno-Hatta.



**Gambar 4.1 Peta Tampak Atas Bandara Soekarno-Hatta**

Sesuai dengan tujuan penelitian, akan diketahui kapan dan berapa jumlah *runway* yang dibutuhkan untuk 10 tahun ke depan. Namun, sebelum menghitung kebutuhan *runway* dibandingkan dengan perkiraan jumlah *take off* dan *landing* ke depan, harus diperhitungkan dahulu berapa kapasitas *runway* yang ada saat ini.

#### 4.2.1 Perhitungan kapasitas *runway* secara teori

Pada langkah ini, telah dilakukan diskusi terlebih dahulu sebelumnya dengan pihak yang berhubungan di PT. Angkasa Pura mengenai langkah-langkah yang akan dilakukan untuk menghitung kapasitas *runway*. Dari diskusi itu diperoleh kesepakatan dengan menghilangkan beberapa tahap dari tahap-tahap yang sudah ada di dasar teori guna menyederhanakan proses perhitungan. Tahap-tahap yang dihilangkan antara lain:

1. Menghitung campuran pesawat

Langkah ini diambil karena dari PT. Angkasa Pura tidak ada pengelompokan pesawat terutama berdasarkan kecepatan rata-rata saat mendarat. Namun PT. Angkasa Pura mempunyai daftar pesawat yang ada di bandara Soekarno-Hatta dan waktu yang dibutuhkan oleh masing-

masing pesawat untuk mendarat dari batas luar (OM) hingga ambang batas.

## 2. Menghitung kapasitas *runway* secara fisik

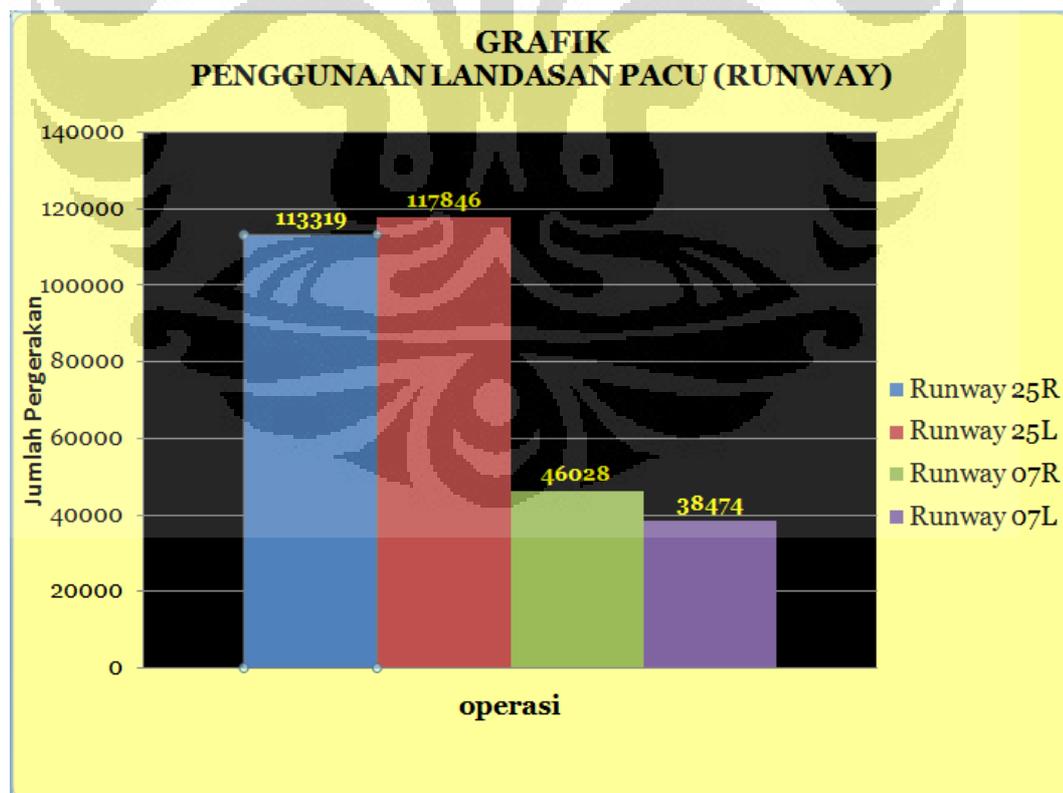
Keputusan ini diambil karena jika diperhatikan lebih jauh lagi, sebenarnya perhitungan kapasitas *runway* secara fisik tidak begitu diperlukan. Pada perhitungan kapasitas *runway* biasa pun yang dibutuhkan sebenarnya hanya MROT, namun pada kasus bandara Soekarno-Hatta ini pun tidak dibutuhkan karena bandara Soekarno-Hatta mempunyai dua *runway*.

Dengan demikian, cara menghitung kapasitas *runway* untuk bandara Soekarno-Hatta menjadi :

### Langkah 1

Persentase utilitas *Runway* (UP):

Indeks dihitung dari gerakan total bulanan, yang diperoleh dari sampling yang berisi data untuk jangka waktu satu tahun. Grafik berikut ini menggambarkan bagaimana kondisi utilitas dari kedua *runway*.



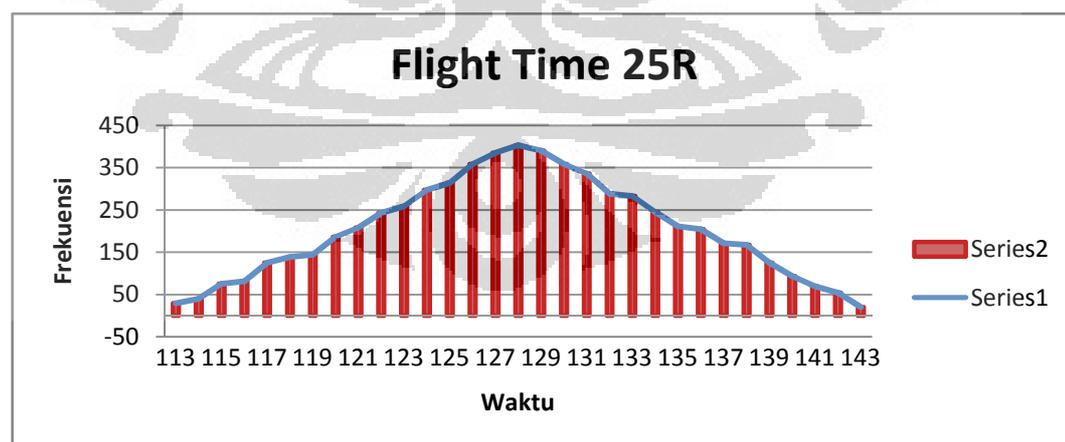
**Gambar 4.2. Grafik Penggunaan *Runway***

Berdasarkan grafik 4.2 di atas dapat diketahui total penggunaan untuk *runway* 25R, 25L, 07R dan 07L adalah 113319, 117846, 46028 dan 38474 secara berturut-turut setelah angka dari lepas landas dan mendarat dijumlahkan. Melihat dari gambar peta bandara Soekarno-Hatta sebelumnya, telah diketahui bahwa 1 set *runway* terdiri dari satu pasang *runway*. Untuk selanjutnya kita akan menyebutkan pasangan *runway* 07R dan 25L sebagai set *runway* 1 dan pasangan *runway* 07L dan 25R sebagai set *runway* 2. Dengan demikian, setelah dihitung, didapatkan utilitas *runway* 07R dan 25L secara berturut-turut adalah sebesar 25% dan 75% untuk set *runway* 1. Begitu pula dengan utilitas *runway* 07L dan 25R secara berturut-turut adalah sebesar 28% dan 72% untuk set *runway* 2.

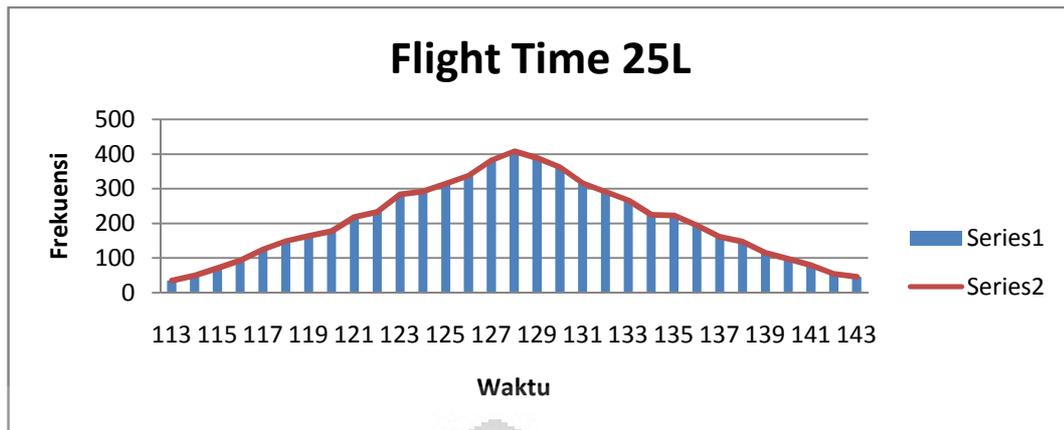
## Langkah 2

Waktu terbang antara OM dan THR (T):

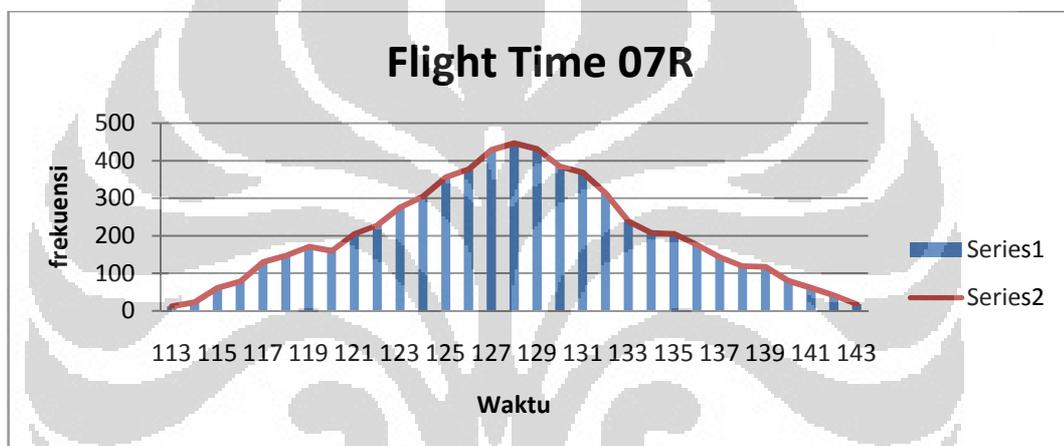
Waktu terbang antara OM dan THR dari landasan pacu yang diteliti harus dikumpulkan. Setelah semua data dikumpulkan, dicari rata-rata dari tiap landasan pacu. Berbeda dari yang ada di teori dasar, karena tidak menggunakan campuran pesawat, data yang dikumpulkan hanyalah data tiap *runway* tanpa perlu dikelompokkan per kategori. Data diambil dari bulan oktober 2010-maret 2011 karena itu bagian dari 1 musim penerbangan. Berikut adalah grafik dari data yang berhasil dikumpulkan selama 6 bulan tersebut tiap *runway*.



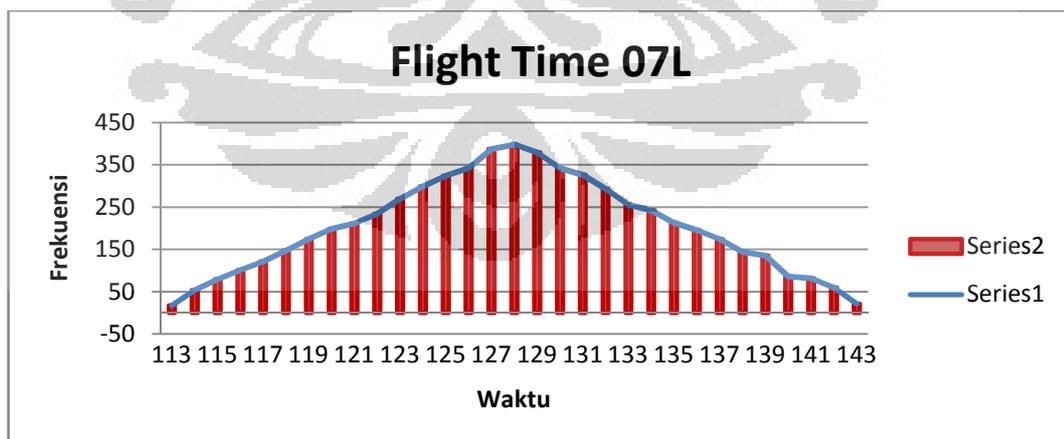
Gambar 4.3. Grafik Waktu Terbang Runway 25R



Gambar 4.4. Grafik Waktu Terbang *Runway 25L*



Gambar 4.5. Grafik Waktu Terbang *Runway 07R*



Gambar 4.6. Grafik Waktu Terbang *Runway 07L*

Dari keempat grafik di atas dapat dilihat bahwa data waktu terbang dari keempat *runway* terdistribusi secara normal. Dan dari data total keseluruhan yang ada pada lampiran, diketahui bahwa rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk *runway* 25R, 25L, 07R dan 07L secara berturut-turut adalah 128,1559 detik, 128,0492 detik, 127,9368 detik dan 128,0097 detik atau dapat dikatakan bahwa keempat *runway* tersebut mempunyai waktu terbang yang relatif sama yaitu 128 detik.

### Langkah 3

kecepatan rata-rata pada segmen pendekatan terakhir (MV):

Di bagian dasar teori, cara perhitungan kecepatan rata-rata seharusnya dengan menjumlahkan seluruh kecepatan rata-rata dari semua campuran pesawat dikali dengan persentase campuran pesawat dibagi dengan 100. Namun pada perhitungan kali ini, disepakati dengan hanya menggunakan rumus:

$$MV = \frac{FAS}{MT} \quad (4.2)$$

Nilai yang digunakan untuk mengisi nilai FAS adalah 5 NM berdasarkan doc 9426 (air traffic service planning manual). Sedangkan nilai MT didapatkan dari langkah sebelumnya saat menghitung waktu terbang rata-rata yaitu 128 detik.

Dengan demikian didapatkan nilai MV sebesar 0,039 NM/detik.

### Langkah 4

pemisahan antara dua pendaratan berturut-turut (TS):

Sebenarnya, total pemisahan didapatkan dengan menambahkan *safety separation* dengan aturan pemisahan minimum. Sehingga:

$$TS = SS + RSM$$

Dan SS didapatkan dengan rumus:

$$SS = MV \times MROT$$

Namun seperti yang telah dikatakan sebelumnya, bahwa untuk kasus bandara Soekarno-Hatta tidak diperlukan menghitung SS (safety separation). Hal ini dikarenakan bandara Soekarno-Hatta telah memiliki 2 *runway*. Dengan demikian

dinamika operasi dapat ditingkatkan dengan membiarkan pesawat di landasan pacu sambil menunggu pesawat lain untuk mendarat di landasan yang lain. Sehingga untuk menentukan TS hanya dibutuhkan RSM yang telah ditentukan di doc 9426 (air traffic service planning manual) yaitu sebesar 6 NM. RSM adalah aturan pemisahan minimum di antara operasi pendaratan dan lepas landas pesawat.

### **Langkah 5**

waktu rata-rata terboboti antara dua pendaratan berturut-turut, dengan mempertimbangkan pemisahan total (**MTTS**).

Waktu rata-rata terboboti yang diperlukan untuk meliputi total pemisahan antara dua pendaratan berturut-turut diperoleh dengan membagi jarak TS dengan kecepatan rata-rata namun pembobotan ini tidak berdasarkan campuran pesawat. Dengan demikian diperoleh waktu rata-rata antara dua pendaratan berturut-turut didapatkan senilai 152 detik. Waktu tersebut berbeda dengan waktu terbang rata-rata pada langkah 2 karena waktu ini sudah memperhitungkan jarak aman antara dua pendaratan berturut-turut bukan hanya waktu antara batas luar (OM) dan batas ambang.

### **Langkah 6**

jumlah pendaratan dalam interval satu jam ( $P$ ):

Hasil waktu rata-rata yang dihasilkan pada langkah 5 dibutuhkan untuk meliputi total pemisahan antara dua pendaratan berturut-turut, dalam hitungan detik, akan menjadi penyebut untuk jumlah detik yang terkandung dalam satu jam (3600 detik). Hasilnya berupa jumlah pendaratan yang mungkin dengan pemisahan minimum untuk batas ambang yang diteliti. Dengan begitu rumus perhitungannya:

$$P = 1 \text{ hour} / \text{MTTS}$$

Hasil yang didapatkan adalah 24 pesawat. Itu artinya jumlah pendaratan yang mungkin dengan aturan pemisahan minimum untuk batas ambang yang diteliti adalah sebanyak 24 pendaratan.

### Langkah 7

jumlah lepas landas dalam interval satu jam (D):

Dengan mengurangi satu pesawat dari jumlah pendaratan, kita memperoleh kemungkinan jumlah take-off dalam interval waktu yang diteliti. Hal ini terjadi karena berdasarkan total pemisahan yang diperoleh, dimungkinkan untuk menyisipkan take-off antara dua pendaratan berturut-turut. Dari pengertian itu, didapatkan hasil jumlah lepas landas sebesar 23. Artinya, jumlah lepas landas yang mungkin dengan aturan pemisahan minimum untuk batas ambang yang diteliti adalah sebanyak 23 lepas landas.

### Langkah 8

kapasitas *runway* secara teori:

Tambahkan hasil dari jumlah lepas landas dan pendaratan dalam interval satu jam untuk tiap ambang batas untuk memperoleh kapasitas operasional secara teori untuk batas ambang masing-masing. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa kapasitas *runway* secara teori adalah 47. Angka ini berlaku untuk keempat *runway*.

#### 4.2.2 Menghitung Kapasitas Runway yang digunakan

Kapasitas yang digunakan pada set *runway* adalah kapasitas yang berkelanjutan dari sudut pandang operasional, dengan mempertimbangkan persentase utilitas tahunan landasan masing-masing. Dengan demikian, rata-rata aritmetika terboboti antara persentase utilitas dan kapasitas masing-masing landasan teoritis diperhitungkan. Sehingga:

$$DCR (set 1) = \frac{(25\% \times 47) + (75\% \times 47)}{100} = 47$$

$$DCR (set 2) = \frac{(28\% \times 47) + (72\% \times 47)}{100} = 47$$

Perhitungan ini dilakukan ditiap masing-masing set *runway*. Kemudian kedua kapasitas *runway* dijumlahkan sehingga didapatkan total DCR (declare Capacity

Runway). Dengan demikian didapatkan total kapasitas *runway* yang digunakan adalah 94 operasi lepas landas & mendarat.

Perlu dicatat bahwa, sebagaimana diatur dalam DOC 9426, sebuah unit ATC tidak bisa beroperasi pada kapasitas penuh sepanjang operasi secara keseluruhan, karena ada beberapa variabel yang secara signifikan mengurangi kapasitas pada waktu tertentu. Oleh karena itu, dianjurkan untuk mengadopsi persentase antara 80% dan 90%, sehingga memberikan lebih banyak fleksibilitas untuk nilai kapasitas, sehingga didapatkan interval yang ideal yang melindungi keselamatan operasi udara. Sehingga didapatkan total kapasitas *runway* yang digunakan untuk untuk persentase 80%, 85% dan 90% berturut-turut adalah 75, 80 dan 85 operasi lepas landas dan mendarat. Untuk selanjutnya, jika diperlukan *runway* tambahan, diasumsikan kapasitasnya sebesar 47 operasi lepas landas dan mendarat.

### 4.3 Menghitung Kebutuhan *Runway*

Cara untuk menghitung kebutuhan *runway* sebenarnya cukup mudah yaitu hanya dengan membagi perkiraan jumlah operasi lepas landas dan mendarat dari tahun 2011-2020 dengan kapasitas kedua set *runway* yang ada saat ini. Namun, yang harus diperhatikan adalah adanya pilihan/variasi dari *load factor* dan persentase kapasitas *runway*, 80%, 85% dan 90% untuk *load factor* sesuai dengan pengalaman dari pihak PT. Angkasa Pura dan 80%, 85% dan 90% untuk persentase kapasitas *runway* berdasarkan DOC 9426. Tabel 4.15 berikut adalah hasil peramalan jumlah operasi lepas landas dan mendarat dari tahun 2011-2020 yang dilihat pada jam sibuk.

**Tabel 4.15 Forecast Take Off dan Landing Jam Puncak Untuk Semua Load Factor**

Tahun \ Load Factor	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
80%	80,22	84,48	88,74	93,00	97,27	101,53	105,80	110,06	114,32	118,59
85%	75,50	79,51	83,52	87,53	91,55	95,56	99,57	103,58	107,60	111,61
90%	71,30	75,09	78,88	82,67	86,46	90,25	94,04	97,83	101,62	105,41

Dengan demikian, dapat disimpulkan rumus untuk menghitung kebutuhan *runway* untuk 10 tahun ke depan adalah:

$$\text{tambahan runway} = \frac{\text{take off dan landing tahun } i \text{ LF } j - (\text{kapasitas total runway } \times \% \text{ kapasitas})}{\text{kapasitas runway } \times \% \text{ kapasitas}} \quad (4.3)$$

Sebagai contoh, jika ingin menghitung tambahan *runway* untuk tahun 2011 dengan *load factor* 80% dan persentase kapasitas 80%, perhitungannya menjadi:

$$\text{tambahan runway} = \frac{80,22 - (94 \times 80\%)}{47 \times 80\%} = 0,14$$

Begitu selanjutnya hingga nantinya akan didapatkan semua nilai dan dikumpulkan menjadi satu tabel 4.16 seperti berikut ini.

**Tabel 4.16 Tambahan Kebutuhan *Runway***

flexibility Percentages	Tahun Load Factor	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
		80%	0,14	0,25	0,37	0,48	0,59	0,71	0,82	0,93	1,05
85%	0,01	0,12	0,23	0,33	0,44	0,55	0,66	0,76	0,87	0,98	
90%	0	0,002	0,104	0,205	0,306	0,407	0,508	0,609	0,710	0,811	
85%	0,005407	0,111983	0,2186023	0,3251217	0,4316977	0,5382738	0,6448927	0,7514688	0,8580448	0,9646638	
85%	0	0	0,0880962	0,1883498	0,2886567	0,3889636	0,4893108	0,5896177	0,6899245	0,7902718	
90%	0	0	0	0,0667748	0,1615091	0,2562434	0,3510157	0,44575	0,5404843	0,6352567	
80%	0	0	0,0880962	0,1883498	0,2886567	0,3889636	0,4893108	0,5896177	0,6899245	0,7902718	
85%	0	0	0	0,0596234	0,1540298	0,2484363	0,3428807	0,4372872	0,5316937	0,6261381	
90%	0	0	0	0	0,0343615	0,1235232	0,2127207	0,3018824	0,391044	0,4802416	

Pada tabel di atas dapat dilihat kotak berwarna merah berarti satu *runway* dibutuhkan untuk ditambahkan. Namun dapat dilihat lagi kotak yang berada di tahun 2019 dengan load faktor 80% dan persentase kapasitas 80% berwarna coklat. Hal itu berarti pada tahun 2019, jika PT. Angkasa Pura menerapkan persentase kapasitas *runway* 80% dan mengasumsikan *load factor* dari pesawat 80%, bandara Soekarno-Hatta perlu menambahkan satu *runway* baru lagi. Sehingga dari tahun 2011-2020, total *runway* yang perlu ditambahkan adalah 2 buah.

#### 4.4. Analisa Perhitungan Penambahan Kebutuhan *Runway*

Pada perhitungan ini, jika ada angka berapa pun setelah koma akan langsung dibulatkan menjadi 1 karena sekecil apapun suatu *runway* perlu ditambahkan, itu berarti *runway* yang telah ada saat ini sudah tidak mampu lagi menampung kapasitas yang dibutuhkan. Untuk lebih jelasnya, berikut adalah tabel jumlah penambahan *runway*.

**Tabel 4.17 Tambahan Jumlah Penambahan Runway**

flexibility Percentages	Tahun Load Factor	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
		80%	80%	1	-	-	-	-	-	-	-
80%    V 75	85%	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	90%	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
	80%	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
85%    V 80	85%	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
	90%	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
	80%	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
90%    V 85	85%	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
	90%	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
	80%	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-

Dapat dilihat pada tabel 4.17 di atas bahwa pada tiap kondisi tetap dibutuhkan adanya penambahan runway bahkan pada *load factor* 80% dan persentase kapasitas 80%, dibutuhkan 1 tambahan runway lagi pada tahun 2019 hingga total kebutuhan runway-nya menjadi 2 buah. Untuk kondisi yang membutuhkan tambahan runway pada tahun 2011 berada pada saat *load factor* 80% baik dengan persentase kapasitas 80% maupun 85% dan pada saat *load factor* 85% dengan persentase kapasitas 80%. Sedangkan untuk *load factor* 90% dengan persentase kapasitas 80%, penambahan runway baru dibutuhkan pada tahun 2012. Runway baru dibutuhkan untuk ditambah pada tahun 2013 saat *load factor* pesawat diasumsikan sebesar 85% dengan persentase kapasitas 85% atau saat *load factor* pesawat sebesar 80% dengan persentase kapasitas 90%. Ada 2 kondisi lain yaitu saat *load faktor* mencapai 90% dengan persentase kapasitas 85% dan kebalikannya saat *load faktor* mencapai 85% dengan persentase kapasitas 90%. Kedua kondisi itu menyebabkan perlu adanya penambahan runway pada tahun 2014. Penambahan runway paling lama dibutuhkan saat perusahaan mengasumsikan *load faktor* pesawat mencapai angka 90% dengan persentase kapasitas 90% yaitu pada tahun 2015.

Jika diperhatikan, semakin besar *load faktor* semakin lama runway perlu ditambahkan. Hal ini terjadi karena semakin kecil pula jumlah *take off* dan *landing* yang terjadi atau dapat juga dikatakan jumlah dan persebaran pesawat yang beroperasi menjadi lebih sedikit. *Load faktor* berpengaruh terhadap perhitungan konversi dari jumlah penumpang ke jumlah *take off* dan *landing* sebagai penyebut yang berarti semakin besar nilainya semakin kecil hasilnya.

Semakin besar *load factor* berarti semakin banyak pula jumlah penumpang yang mengisi tempat duduk pesawat.

Seperti yang telah dijelaskan pada sub bab sebelumnya, bahwa pihak PT. Angkasa Pura menyebutkan nilai *load factor* pesawat pada bandara Soekarno-Hatta yaitu berkisar antara 80% hingga 90%. Oleh karena itu, perlu dilakukan perhitungan terhadap data untuk memeriksa ulang persentase *load factor* tersebut. Tabel 4.18 di bawah ini berisi tentang *load factor* rata-rata semua pesawat tiap bulannya pada tahun 2010.

**Tabel 4.18 Load Factor Rata-Rata Tahun 2010**

bulan	jumlah take off & landing	jumlah penumpang	Load Factor
januari	14.332	2.587.684	82,44%
februari	13.129	2.333.823	81,17%
maret	14.236	2.787.299	89,40%
april	13.996	2.732.030	89,13%
mei	14.759	2.916.923	90,25%
juni	15.803	3.058.885	88,39%
juli	17.866	3.420.628	87,42%
agustus	15.212	2.704.119	81,17%
september	16.668	3.095.422	84,80%
oktober	16.329	3.203.224	89,57%
nopember	15.326	3.003.426	89,48%
desember	18324	3.340.384	83,24%

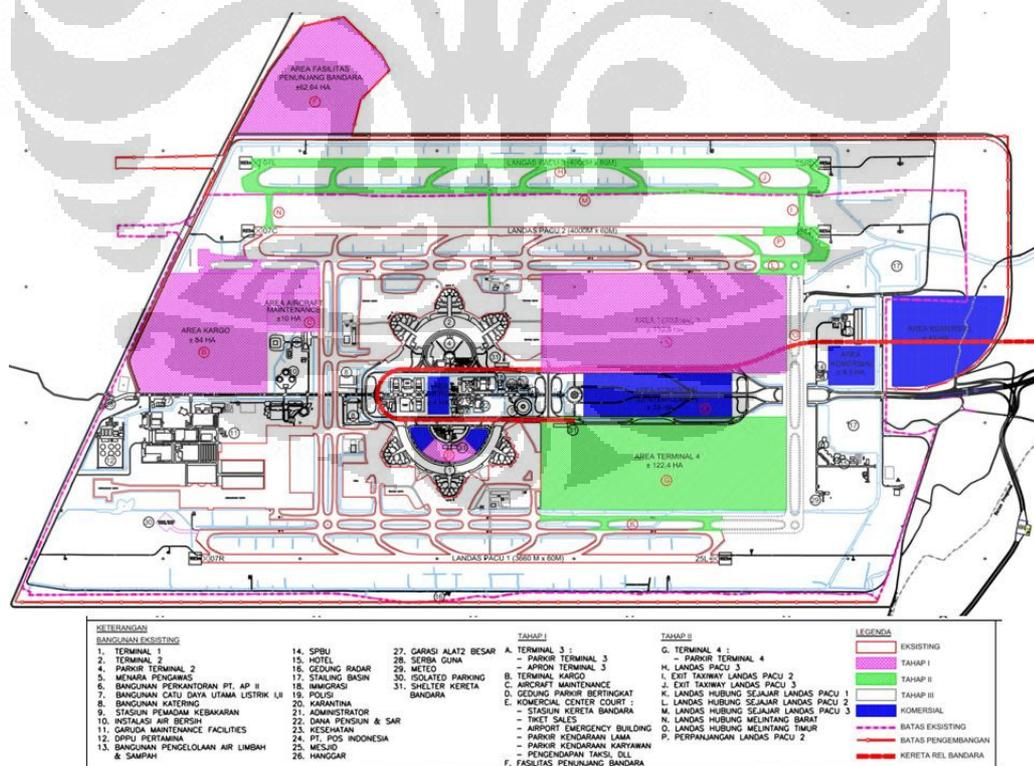
Pada tabel di atas, tampak nilai *load factor* rata-rata tiap bulan. Nilai *load factor* tersebut didapatkan dengan cara membagi jumlah penumpang total dengan jumlah *take off & landing* yang telah dikalikan dengan kapasitas rata-rata. Kapasitas rata-rata ini merupakan nilai kapasitas rata-rata pesawat baik penerbangan domestik maupun internasional. Pada kolom *load factor* tersebut dapat dilihat bahwa nilai nya memang berkisar dari 80% hingga 90%. Dengan landasan data historical di atas, maka dilakukan perbandingan nilai *load factor* dengan rentang 80%, 85%, dan 90% untuk melihat kebutuhan *runway* pada berbagai kondisi yang ada.

Dapat dilihat pada tabel 4.18 bahwa pada bulan puncak yaitu Bulan Juli *load factor* tidak bernilai 90%. Hal ini dikarenakan *load factor* dapat terjadi pada waktu kapan pun baik puncak maupun dalam kondisi normal, sebab *load factor* merupakan perbandingan kapasitas pesawat dengan jumlah penumpang yang ada

pada pesawat tersebut. Oleh karena itu, kondisi ini dilihat pada sudut pandang pesawat dan kejadiannya tidak dapat diperkirakan (tentatif).

Hal yang sama juga terjadi dengan persentase kapasitas *runway*. Dari tabel 4.17, dapat dilihat bahwa semakin besar persentasenya semakin lama juga *runway* perlu ditambahkan. Persentase kapasitas *runway* juga merupakan penyebut dari proses pembagian dalam perhitungan penambahan *runway*. Sehingga semakin besar persentasenya semakin kecil hasilnya. Namun, semakin besar persentase kapasitasnya, semakin tidak fleksibel dan semakin padat penggunaan dari *runway* tersebut. Hal itu harus dihindari karena sangat berbahaya.

*Runway 3* direncanakan dibangun di sebelah set *runway 2*. Ditambahkan pula jalan penghubung dan *rapid exit taxiway* ke *runway* tersebut dan ke terminal 2 untuk penghubung jalan ke apron untuk menurunkan dan menaikkan penumpang.. Namun untuk pembangunannya menunggu *study on master plan* Jakarta Metropolitan Greater Area dan penelitian ini. Desain dan tata letak dari *runway 3* itu pun telah dipersiapkan seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 4.7 Desain dan Tata Letak *Runway 3*

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab kelima ini akan dibahas mengenai kesimpulan secara menyeluruh dari penelitian ini serta beberapa saran yang diharapkan dapat bermanfaat bagi pembangunan Terminal Bandara Soekarno-Hatta

#### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sesuai dengan tujuan penelitian yang ingin di capai, antara lain :

1. Peramalan terhadap jumlah penumpang untuk 10 tahun ke depan menggunakan metode *support vector regression* memiliki nilai MSE yang lebih kecil dibandingkan dengan metode regresi baik domestic maupun international dengan nilai peramalan yang meningkat hampir 2 kali lipat dari tahun 2010 ke 2020.
2. Pada kapasitas penggunaan landasan 80% dan *load factor* penumpang 85% dan sebaliknya kapasitas penggunaan landasan 85% dan *load factor* penumpang 80% diperlukan penambahan landasan pada tahun 2011. Penundaan penambahan *Runway* hingga tahun 2015 dapat dilakukan dengan menerapkan persentase kapasitas 90% dan *load factor* 90%.
3. Semakin besar nilai persentase kapasitas *runway*, semakin lama tambahan *runway* dibutuhkan. Namun semakin padat pula mobilisasi di dalam *runway* yang telah ada sehingga fleksibilitas turun dan dapat membahayakan keselamatan.

#### 5.2. Saran

Berdasarkan penjelasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, terdapat beberapa saran yang dapat disampaikan untuk menanggulangi ketidakmampuan bandara dalam menghadapi kenaikan jumlah penumpang pesawat. Saran tersebut adalah dengan membagi rata jumlah penerbangan pada tiap jamnya (*slot management*). Selain itu, dapat pula dibuat suatu analisa

mengenai pengaruh *slot management* terhadap kebutuhan *runway* untuk 10 tahun ke depan. Di dalam penelitian tersebut, dapat dianalisa mengenai kelebihan dan kekurangan fungsi dari *slot management* terhadap kinerja dari *runway* itu sendiri. Masalah dan hambatan apa saja yang mungkin terjadi dari penerapan system *slot management* tersebut serta solusi yang dapat ditawarkan. Saran dari hasil penelitian pun diharapkan mampu menjadi penyempurnaan untuk penelitian selanjutnya untuk mengatasi kenaikan jumlah penumpang bandara yang tidak sebanding dengan jumlah *runway* yang telah ada.

Selain itu dapat pula dilakukan analisa mengenai karakteristik pesawat terhadap kebutuhan penambahan *runway*. Karakteristik ini dapat berupa kecepatan pesawat, ukuran pesawat, tahun pembuatan pesawat perawatan pesawat dan lain-lain. Hal ini dikarenakan faktor-faktor tersebut dapat saja mempengaruhi kemampuan pesawat untuk lepas landas atau mendarat pada landasan. Berdasarkan analisa mengenai karakteristik pesawat tersebut, bias juga dengan melakukan perhitungan alokasi biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan penambahan *runway* terhadap beberapa faktor di atas.

## DAFTAR REFERENSI

- APA TFG. 22-29 September 2008. *Asia/Pasific Area Traffic Forecast 2008-2025*. Bangkok. Secretary General.
- Cortes and V. Vapnik. Support vector networks. *Machine Learning*, 20:273–297, 1995.
- Horonjeff, Robert. 1993. “*Planning and Design Of Airports*“ *Fourth Edition*. Mc.Grawhill.
- ICAO (International Civil Aviation Organization). 19-23 October 2009. *Forth Workshop/Meeting Of The SAM Implementation Group*. Peru. Secretary General.
- Joachims. Making large-scale SVM learning practical. In B. Schölkopf, C. J. C. Burges, and A. J. Smola, editors, *Advances in Kernel Methods—Support Vector Learning*, pages 169–184, Cambridge, MA, 1999. MIT Press.
- Makridakis, Spyros. 1989. “*Forecasting Method For Management*” *Fifth Edition*. Canada. John Willey and Sons, Inc.
- Montgomery, Douglas C. 1976. “*Forecasting and Time Series Analysis*”. US. Mc. Grawhill.
- Neufuille, Richard. 2003. “*Airport Systems : Planning, Design and Management*”. US. Mc. Grawhill.
- Santosa, Budi. 2007. *Data Mining : Teknik Pemanfaatan Data untuk Keperluan Bisnis*. Yogyakarta:Graha Ilmu
- Scholkopf. *Support Vector Learning*. R. Oldenbourg Verlag, München, 1997. Doktorarbeit, TU Berlin. Download: <http://www.kernel-machines.org>.
- Osuna and F. Girosi. Reducing the run-time complexity in support vector regression. In B. Scholkopf, C. J. C. Burges, and A. J. Smola, editors, *Advances in Kernel Methods— Support Vector Learning*, pages 271–284, Cambridge, MA, 1999. MIT Press.
- Wei, William W.S. 1990. “*Time Series Analysis*” *Univariate and Multivariate Methods*. US. Addison-Wesley Publishing Company, Inc.