



TUGAS AKHIR TERAPAN - RC096599

## **EVALUASI KINERJA KAPASITAS SISI UDARA (STUDI KASUS BANDARA AHMAD YANI SEMARANG)**

**TIARA LIFKI**  
**NRP 3113 041 011**

**Dosen Pembimbing**  
**Amalia Firdaus Mawardi, ST., MT**  
**NIP 19770218 200501 2 002**

**PROGRAM STUDI DILPOMA IV TEKNIK SIPIL**  
**DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL**  
**FAKULTAS VOKASI**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
**SURABAYA 2017**



**TUGAS AKHIR TERAPAN - RC096599**

# **EVALUASI KINERJA KAPASITAS SISI UDARA (STUDI KASUS BANDARA AHMAD YANI SEMARANG)**

**TIARA LIFKI  
NRP 3113 041 011**

**Dosen Pembimbing  
Amalia Firdaus Mawardi, ST., MT  
NIP 19770218 200501 2 002**

**PROGRAM STUDI DILPOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2017**



**FINAL PROJECT - RC096599**

# **EVALUATION OF AIR SIDE PERFORMANCE CAPACITY (CASE STUDY AHMAD YANI INTERNASIONAL AIRPORT SEMARANG)**

**TIARA LIFKI  
NRP 3113 041 011**

**Supervisor Lecture  
Amalia Firdaus Mawardi, ST., MT  
NIP 19770218 200501 2 002**

**DIPLOMA IV OF CIVIL ENGINEERING  
CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING DEPARTEMENT  
FACULTY OF VOCATION  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2017**

**LEMBAR PENGESAHAN  
EVALUASI KINERJA KAPASITAS SISI UDARA  
(STUDI KASUS BANDARA AHMAD YANI SEMARANG)  
PROYEK AKHIR TERAPAN**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Sains Terapan

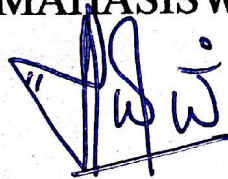
pada

Program Studi Diploma IV Teknik Sipil  
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi

Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Surabaya, 17 Juli 2017

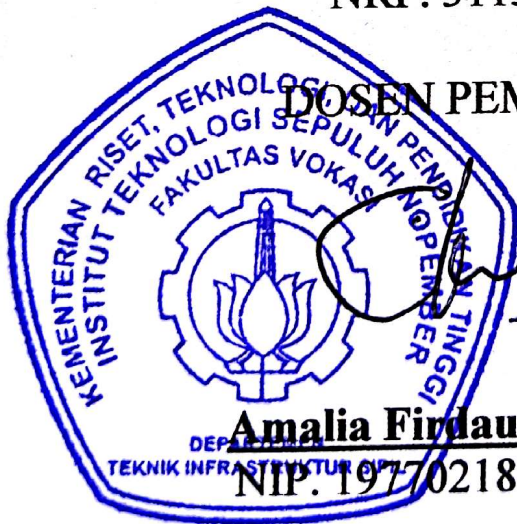
Disusun Oleh :  
MAHASISWA



**TIARA LIFKI**

NRP. 3113 041 011

DOSEN PEMBIMBING



18 JUL 2017

**Amalia Firdaus M., ST., MT**  
NIP. 19770218 200501 2 002



**BERITA ACARA**  
**TUGAS AKHIR TERAPAN**  
 PROGRAM STUDI DIPLOMA EMPAT TEKNIK SIPIL  
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
 FAKULTAS VOKASI ITS

No. Agenda :  
 037713/IT2.VI.8.1/PP.06.00/2017

Tanggal : 7/5/2017

Judul Tugas Akhir Terapan	Evaluasi Kinerja Kapasitas Sisi Udara (Studi Kasus Bandara Ahmad Yani Semarang)		
Nama Mahasiswa	Tiara Lifki	NRP	3113041011
Dosen Pembimbing 1	Amalia Firdaus M, ST. MT. NIP 19770218 200501 2 002	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	NIP -	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
<p>✓ 1. Stander dapat dipikakai sesuai Stander pelataran di lokasi tsb.</p> <p>✓ 2. Kapasitas menjadi satu kesatuan pada kesimpulan</p> <p>✓ 3. Saran ditambahkan alasan pemindahan apron.</p>	<p></p> <p>Ir. Rachmad Basuki, MS. NIP 19641114 198903 1 001</p>
<p>✓ 1. Kapasitas lgsn dimasukkan dalam referensi</p> <p>✓ 2. Kondisi real di uraikan dalam latar belakang</p>	<p></p> <p>Ir. Djoko Sulistiono, MT. NIP 19541002 198512 1 001</p>
<p>✓ 1. Gambar 1.2 di Landscape agar jelas</p> <p>✓ 2. Saran ditambahkan checklist untuk menjadi bandara Internasional perw hse / kondisi seperti apa → SPMA.</p>	<p></p> <p>Ir. Achmad Faiz Hadi P, MS. NIP 19630310 198903 1 004</p>
	NIP -

**PERSETUJUAN HASIL REVISI**

Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
Ir. Rachmad Basuki, MS.	Ir. Djoko Sulistiono, MT.	Ir. Achmad Faiz Hadi P, MS.		Amalia Firdaus M, ST. MT.	
NIP 19641114 198903 1 001	NIP 19541002 198512 1 001	NIP 19630310 198903 1 004	NIP -	NIP 19770218 200501 2 002	NIP -



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
**FAKULTAS VOKASI**

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116  
 Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025  
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

**ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN**

**Nama** : 1 TIARA LIFKI 2  
**NRP** : 1 3113041011 2  
**Judul Tugas Akhir** : EVALUASI KINERJA KAPASITAS SISI UDARA  
 (STUDI KASUS BANDARA AHMADYANI SEMARANG)  
**Dosen Pembimbing** : Amalia Firdaus M, S.T., MT

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan
1.	13/3 '17	- Pergerakan total (komersil + militer) - Cari bulan maksimum sebagai peak month tdk mengacu hanya 1 bulan	<i>Cherif</i>	B <input type="checkbox"/> C <input checked="" type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/>
2.	30/3 '17	- Hasil survey dibuat pembonding - Diselesaikan pergerakan untuk tahun 2017 dan 2027 - Untuk ratio memakai pergerakan per jam, untuk kapasitas runway dipakai pergerakan perjam perjenis pesawat - Data memakai dari AP yang bulan Januari 2017	<i>Cherif</i>	B <input type="checkbox"/> C <input checked="" type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/>
3.	05/04 '17	- Pergerakan peramalan di coba menggunakan arima atau aplikasi lain - Pergerakan militer tetap dipakai - Tata Tulis	<i>Cherif</i>	B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/>
4.	12/04 '17	- Pergerakan untuk 2017 dan 2027 menggunakan pers. grafik - Kategori pesawat militer anggap sebagai kategori terkecil (Helikopter) - simpangan baku untuk kapasitas dihitung	<i>Cherif</i>	B <input type="checkbox"/> C <input checked="" type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/>

dan hasil survey dg satuan menit

**Ket** :  
 B = Lebih cepat dari jadwal  
 C = Sesuai dengan jadwal



### ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

**Nama** : 1 TIARA LIKI 2  
**NRP** : 1 3113041011 2  
**Judul Tugas Akhir** : 'EVALUASI KINERJA KAPASITAS SISI UDARA  
 (STUDI KASUS BANDARA AHMAD YANI SEMARANG)  
**Dosen Pembimbing** : Amalia Firdaus M, ST., MT.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
5.	18/04 <sup>17</sup>	- Peramalan volume lalu lintas udara tahun 2017 dan 2019 menggunakan arima, Peramalan tiap kategori menggunakan arima	<i>Chulifis</i>	B	C	K
		- Untuk kategori C tahun 2011-2012 ditiadakan.		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Untuk kapasitas runway simpangan baku dilkutsertakan taxiway		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Lengkapi kapasitas runway				
6.	25/4 <sup>17</sup>	- Coba Rmonth menggunakan jadwal kapasitas Runway ganti metode ultimate capacity	<i>Chulifis</i>	B	C	K
		- Rekap delay yang ada dilampirkan		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.	2/5 <sup>17</sup>	- Ratio day memikaili sesuai survey	<i>Chulifis</i>	B	C	K
		- Kategori pesawat pakai sesuai kec. landing Approach Speed 85% max, leng path 6 nmi $\bar{t}_{ij} = 3$ nmi		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.	10/5 <sup>17</sup>	- Coba heli militer di hapus pada kategori	<i>Chulifis</i>	B	C	K
		- Untuk operasi campuran jika $E(T_{ij})$ lebih besar dari hasil antar kedatangan pakai $E(T_{ij})$		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Ket** :  
 B = Lebih cepat dari jadwal  
 C = Sesuai dengan jadwal  
 K = Terlambat dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025

<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 TIARA LIFKI 2  
 NRP : 1 3113041011 2  
 Judul Tugas Akhir : EVALUASI KINERJA KAPASITAS SISI UDARA  
 (STUDI KASUS BANDARA AHMAD YANI SEMARANG)  
 Dosen Pembimbing : Amalia Firdaus M., ST., MT

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
9	18/5 <sup>13</sup>	- Asumsikan tidak ada perubahan tipe pesawat - U/ apron cari kebutuhan gate dan rata? - Approach speed pakai maksimum landing speed trap kategori	<i>Chirif</i>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	22/5 <sup>13</sup>	- Kapasitas Runway (ok) - Kapasitas Taxiway (ok) - Gate occ sesuai survey, jumlah perge rakan hari % jenis Peak hour - Laporan diselesaikan	<i>Chirif</i>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	31/5 <sup>13</sup>	- Kapasitas Apron (ok) - Tata tulis	<i>Chirif</i>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket :  
 B = Lebih cepat dari jadwal  
 C = Sesuai dengan jadwal  
 K = Terlambat dari jadwal



## **EVALUASI KINERJA KAPASITAS SISI UDARA (STUDI KASUS BANDARA AHMAD YANI SEMARANG)**

**Nama Mahasiswa : Tiara Lifki**  
**NRP : 3113041011**  
**Jurusan : DIV Teknik Sipil Departemen Teknik  
Infrastruktur Sipil FVOKASI-ITS**  
**Dosen Pembimbing : Amalia Firdaus M., ST., MT**

### **Abstrak**

Pemilihan moda transportasi udara yang signifikan dari tahun 2005-2014 di Indonesia mempengaruhi jumlah ketersediaan sarana dan prasarana transportasi udara. Bandara Ahmad Yani sebagai salah satu prasarana transportasi udara memiliki peranan penting dalam menunjang pemilihan moda transportasi. Sehingga kapasitas Bandara Ahmad Yani Semarang mempengaruhi ketersediaan ruang moda transportasi udara pada daerah tersebut. Hal itu menimbulkan permasalahan, bagaimana kinerja kapasitas sisi udara di Bandara internasional Ahmad Yani Semarang.

Berdasarkan data-data yang diperoleh maka dapat dilakukan perhitungan untuk evaluasi kapasitas *runway* dengan metode *Mathematical Formulation of Ultimate Capacity*, kapasitas *taxiway* dengan metode FAA, kapasitas *apron* dengan metode FAA dan penentuan letak *exit taxiway* berdasarkan metode ICAO kondisi eksisting tahun 2017 maupun untuk tahun 2027 yang akan datang.

Hasil evaluasi kapasitas tahun 2017 dan kapasitas pada 2027 dari penelitian ini Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang mampu menghasilkan kapasitas *runway* sebesar 21 operasi pesawat, kapasitas *taxiway* 105 operasi pesawat dari *runway* 13 dan 95 operasi pesawat dari *runway* 31, Jumlah *gate*

yang dibutuhkan yaitu 15 buah dengan luasan *apron* 950 x 150 m<sup>2</sup> untuk tahun 2017 dan 30 buah dengan luasan 1.770 x 150 m<sup>2</sup> untuk tahun 2027 pada saat jam puncak. Peningkatan kapasitas bandara dapat dilakukan dengan adanya design ulang letak *exit taxiway* eksisting dengan jarak minimum 1.920 m dari *runway* 13 bersudut 30<sup>0</sup>, penambahan jumlah *exit taxiway* pada jarak minimum 1920 m dari *runway* 31 bersudut 30<sup>0</sup> dan dua buah *holding apron* bersudut 90<sup>0</sup> pada kedua ujung *runway*.

***Kata Kunci : Kapasitas, Sisi Udara, Bandara Ahmad Yani Semarang***

**EVALUATION OF AIR SIDE PERFORMANCE CAPACITY  
(CHASE STUDY AHMAD YANI INTERNASIONAL  
AIRPORT SEMARANG)**

**Student Name : Tiara Lifki**  
**Student Number : 3113041011**  
**Majors : DIV Teknik Sipil Departemen Teknik  
Infrastruktur Sipil FVOKASI-ITS**  
**Advisor Lecturer : Amalia Firdaus M., ST., MT**

*Abstract*

*The significant of air transportation from 2005 to 2014 in Indonesia, influences the amount of provision of air transportation facilities and infrastructure. Ahmad Yani Internasional Airport as one of air transportation infrastructure has an important role in supporting the selection of air transportation. Therefore, the capacity of Ahmad Yani Internasional Airport Semarang affect the availability of air transportation spaces in such area. It, then, bring about problem how the capacity of Air Side Performance in Ahmad Yani Semarang Internasional Airport.*

*According to the collect data, It, hence, willbe possible to do calculation for evaluating capacity of runway with Mathematical Formulation of Ultimate Capacity Method, capacity on taxiway with FAA method, capacity on apron with FAA method, and the placement of exit taxiway based on ICAO method for either existing condition, 2017, or the upcoming 2027.*

*The result of evaluation on 2017 and 2027 at peak hour, based on this research, Ahmad Yani Semarang Internasional Airport is able to obtain runway capacity of 21 airplane operations, taxiway capacity of 105 airplane operations from runway 12 and of 95 airplane operations from runway 31. The total required gates is 15 pieces with the apron area of 950 x 150 m<sup>2</sup> for 2017 and 30 pieces with the area of 1770 x 150 m<sup>2</sup> for*

*2027. The increase of airport capacity can be performed by providing the redesign of existing exit taxiway position with minimum distance of 1.920 m from runway 13 angled 30o; adding the ammount of exit taxiway from minimum distence of 1.920 m from runway 31 angled 30o and two holding aprons angled 90o for both runway ends.*

***Keywords : Capacity, Airside, Ahmad Yani Semarang Airport***

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kami panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena dengan limpahan rahmat dan karunia Nya-lah, Proposal Tugas Akhir Terapan ini ini dapat tersusun, dan terselesaikan dengan baik. Adapaun Proposal Tugas Akhir Terapan ini dibuat dengan tujuan untuk memenuhi syarat kelulusan Program Studi Diploma IV Teknik Sipil FVOKASI ITS Surabaya.

Tersusunnya laporan Proposal Tugas Akhir Terapan ini tidak lepas dari bantuan serta bimbingan berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan kali ini dengan rasa hormat, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. PT. Angkasa Pura I , selaku pemberi data Tugas Akhir Terapan.
2. Ibu Amalia Firdaus, S.T., M.T. , selaku dosen pembimbing Tugas Akhir Terapan.
3. Ibu Ir.H. Ami Asparini, selaku pemberi masukan Tugas Akhir Terapan.

Dalam penyusunan Tugas Akhir Terapan ini, penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan di dalamnya. Oleh karena itu, saran, koreksi dan kritik yang membangun tetap penulis nanti untuk kesempurnaan Tugas Akhir Terapan ini. Akhir kata, semoga Tugas Akhir Terapan ini dapat memberikan manfaat bagi mahasiswa teknik sipil pada khususnya. Penulis juga memohon maaf atas segala kekurangan yang ada di penulisan Tugas Akhir Terapan ini.

Surabaya, Juni 2017

Tiara Lifki

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## DAFTAR ISI

<b>Abstrak</b> .....	i
<b>Abstract</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	5
1.3. Batasan Masalah.....	5
1.4. Tujuan.....	5
1.5. Manfaat.....	6
1.6. Spesifikasi Bandara (Tahun 2016).....	6
1.7. Peta Lokasi, dan Rute penerbangan.....	7
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	9
2.1. Kapasitas dan <i>Delay</i> Bandara.....	9
2.1.1. Kapasitas.....	9
2.1.2. <i>Delay</i> .....	10
2.1.3. Hubungan Kapasitas dan <i>Delay</i> .....	11
2.2. Landasan Pacu ( <i>Runway</i> ).....	12
2.2.1. Konfigurasi <i>Runway</i> .....	12
2.2.2. Kapasitas <i>Runway</i> .....	18
2.2.2.1. Pengembangan dari Model Kedatangan ( <i>Arrivals Only</i> ).....	18
2.2.2.2. Pengembangan dari Model Keberangkatan ( <i>Departure Only</i> ).....	27
2.2.2.3. Pengembangan dari Model Operasi Campuran.....	27
2.2.2.4. Menghitung <i>Delay</i> Pesawat.....	30
2.3. Landas hubung ( <i>Taxiway</i> ).....	34
2.3.1. Perencanaan <i>Exit Taxiway</i> .....	36
2.3.2. Kapasitas <i>Taxiway</i> .....	40
2.4. <i>Apron</i> .....	43

2.4.1.	Kapasitas <i>Apron</i> .....	43
2.4.2.	Dimensi <i>Gate</i> .....	44
2.5.	Peramalan Volume Lalu Lintas Udara .....	44
2.5.1.	Regresi linier .....	45
2.6.	Perhitungan Jam Puncak.....	46
<b>BAB III METODOLOGI.....</b>		<b>47</b>
3.1.	Bagan Alir Metodologi.....	47
3.2.	Tahap Persiapan.....	48
3.3.	Pengumpulan Data.....	48
3.4.	Evaluasi Kapasitas Sisi Udara .....	51
3.5.	Kesimpulan dan saran.....	53
<b>BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA ..55</b>		
4.1.	Analisa Pergerakan Eksisting Pesawat .....	55
4.2.	Survey Data Primer .....	59
4.3.	Peramalan Volume Lalu Lintas Udara .....	61
4.3.1.	Perhitungan Jam Puncak.....	61
4.3.2.	Perhitungan Regresi Peramalan Volume Lalu lintas Udara .....	70
4.3.3.	Perhitungan Volume Lalu lintas Udara .....	80
4.4.	Perhitungan Data Temperature .....	81
4.5.	Jenis Pesawat .....	82
4.5.1.	Pengelompokan Jenis Pesawat .....	82
4.5.2.	Prediksi Prosentase Pesawat.....	84
<b>BAB V KAPASITAS SISI UDARA .....</b>		<b>87</b>
5.1.	Kapasitas Sisi Udara Tahun 2017.....	87
5.1.1.	Kapasitas <i>Runway</i> .....	87
5.1.2.	Delay Pesawat .....	99
5.1.3.	Kapasitas <i>Taxiway</i> .....	103
5.1.4.	Kapasitas <i>Apron</i> .....	104
5.2.	Kapasitas Sisi Udara 2027 .....	109
5.2.1.	Kapasitas <i>Runway</i> .....	109



5.2.2.	Delay Pesawat .....	121
5.2.3.	Kapasitas Taxiway .....	125
5.2.4.	Kapasitas Apron .....	126
5.3.	Perbandingan Kapasitas Sisi Udara.....	131
5.4.	Exit Taxiway .....	132
<b>BAB VI PENUTUP .....</b>		<b>137</b>
6.1.	Kesimpulan.....	137
6.2.	Saran.....	138
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>xvii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>		<b>xix</b>

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Data Penumpang Angkutan Udara tahun 2005-2014 di Indonesia.....	2
Gambar 1. 2 Pergerakan Pesawat Berdasarkan Bandara di Indonesia tahun 2013-2015.....	4
Gambar 1. 3 Peta Lokasi Bandara Internasional A.Yani.....	7
Gambar 1. 4 Rute Penerbangan Domestik dan Internasional Bandara Internasional A. Yani.....	7
Gambar 1. 5 Gambar Detail Lokasi Bandara Internasional Ahmad Yani.....	8
Gambar 2. 1 Delay sebagai fungsi dari kapasitas dan permintaan .....	11
Gambar 2. 2 Single Runway.....	13
Gambar 2. 3 <i>Parallel runway</i> dengan <i>threshold</i> segaris .....	14
Gambar 2. 4 <i>Parallel runway</i> dengan <i>threshold</i> di geser .....	15
Gambar 2. 5 Runway Berpotongan .....	16
Gambar 2. 6 Runway $v$ terbuka.....	17
Gambar 2. 7 Diagram Waktu-Jarak untuk Jarak antar Kedatangan Bebas Kesalahan, Keadaan Merapat ( $V_i \leq V_j$ ).....	21
Gambar 2. 8 Diagram Waktu-Jarak untuk Jarak Kedatangan Bebas Kesalahan, Keadaan Merenggang ( $V_i > V_j$ )... ..	21
Gambar 2. 9 Diagram Waktu-Jarak untuk Jarak antar Kedatangan Bebas Kesalahan dimana $V_i > V_j$ untuk kedua pesawat yang terpisah di sekitar jalur masuk.....	22
Gambar 2. 10 Ilustrasi Jarak-Waktu Penyangga pada Pemisahan Sebenarnya diantara pesawat apabila kesalahan posisi diperhitungkan .....	24
Gambar 2. 11 Diagram Waktu-Jarak untuk Jarak antar Kedatangan, Operasi campuran pada sitem runway .....	29
Gambar 2. 12 Arrival Delay Index dan Departure Delay Index..	32
Gambar 2. 13 Delay Rata-rata Pesawat dalam Satu Jam.....	33

Gambar 2. 14 Tipe Exit Taxiway (a) 45 <sup>0</sup> (b)90 <sup>0</sup> (c)30 <sup>0</sup> .....	37
Gambar 2. 16 Kapasitas perjam <i>Taxiway</i> dengan pola keberangkatan saja .....	41
Gambar 2. 17 Kapasitas perjam <i>Taxiway</i> dengan pola kedatangan dan operasi campuran.....	42
Gambar 4. 1 Grafik Pergerakan Pesawat Tahun 2011-2016 .....	59
Gambar 4. 2 Diagram Alir Forecasting Tipe ARIMA .....	71
Gambar 4. 3 Input Data Pergerakan .....	72
Gambar 4. 4 Plot Data Pergerakan .....	73
Gambar 4. 5 Detail Time Series Plot.....	74
Gambar 4. 6 Grafik Plot Data Pergerakan Tahun 2011-2016 ...	75
Gambar 4. 7 Box Autocorrelation Function .....	75
Gambar 4. 8 Diagram Autocorrelation .....	76
Gambar 4. 9 Hasil Diferential.....	76
Gambar 4. 10 Grafik Partial Autocorrelation .....	77
Gambar 4. 11 ARIMA Sumber: Dokumen Pribadi .....	77
Gambar 4. 12 Hasil P Arima .....	78
Gambar 4. 13 Forecasting hingga tahun 2027 .....	79
Gambar 5. 1 Arrival Delay Index .....	100
Gambar 5. 2 Departure Delay Index 2017.....	100
Gambar 5. 3 Average Delay per Aircraft 2017 untuk delay factor lebih dari 1 .....	102
Gambar 5. 4 Grafik Taxiway Capacity 2017.....	104
Gambar 5. 5 Arrival Delay Index 2027 .....	122
Gambar 5. 6 Departure Delay Index 2027.....	122
Gambar 5. 7 Average Delay per Aircraft 2027 untuk delay factor lebih dari 1 .....	124
Gambar 5. 8 Grafik Taxiway Capacity 2027.....	126

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kapasitas Esimasi Perjam dan Kapasitas Tahunan Ultimate.....	34
Tabel 2. 2 Kapasitas Estimasi Perjam dan Kapasitas Tahunan Ultimate (Lanjutan).....	35
Tabel 2. 3 Letak dan Ukuran Aiming Point Marking.....	38
Tabel 2. 4 Kecepatan touchdown dan Kecepatan runway .....	39
Tabel 4. 1 Pergerakan pesawat tahun 2011 .....	56
Tabel 4. 2 Pergerakan pesawat tahun 2012 .....	56
Tabel 4. 3 Pergerakan pesawat tahun 2013 .....	57
Tabel 4. 4 Pergerakan pesawat tahun 2014 .....	57
Tabel 4. 5 Pergerakan pesawat tahun 2015 .....	58
Tabel 4. 6 Pergerakan pesawat tahun 2016 .....	58
Tabel 4. 7 Hasil Survey 17 Maret 2017.....	60
Tabel 4. 8 Jumlah Pergerakan Bulan Puncak Tahun 2011-2016.	62
Tabel 4. 9 Ratio Pergerakan Bulanan Tiap 1 Tahun .....	63
Tabel 4. 10 Jadwal Penerbangan Bulan Januari – Maret 2017....	64
Tabel 4. 11 Jadwal Penerbangan Bulan Januari – Maret 2017 (lanjutan) .....	65
Tabel 4. 12 Pergerakan Pesawat Harian Bulan Januari- Maret ...	66
Tabel 4. 13 Ratio Pergerakan Harian Bulan Januari 2017 .....	67
Tabel 4. 14 Pergerakan Pesawat Tanggal 17 Maret 2017 .....	68
Tabel 4. 15 Ratio Pergerakan Perjam dalam 1 Hari .....	69
Tabel 4. 16 Hasil Forecasting hingga tahun 2027 .....	79
Tabel 4. 17 Data Suhu Tahun 2001-2004.....	81
Tabel 4. 18 Pengelompokan Berdasarkan Kecepatan .....	82
Tabel 4. 19 Pengelompokan Berdasarkan Berat.....	82
Tabel 4. 20 Historis Pengelompokan Pesawat di Bandara A.Yani .....	83

Tabel 4. 21 Historis Pengelompokan Pesawat di Bandara A.Yani .....	83
Tabel 4. 22 Data Historis Pesawat Berdasarkan Speed .....	84
Tabel 4. 23 Hasil Prediksi Jumlah Pesawat Perkategori Berdasarkan Speed .....	85
Tabel 4. 24 Hasil Prediksi Prosentase Pesawat Berdasarkan speed Perkategori .....	86
Tabel 4. 25 Hasil Prediksi Prosentase Pesawat Berdasarkan Berat Perkategori .....	86
Tabel 5. 1 Campuran Pesawat 2017 dan Karakteristiknya .....	88
Tabel 5. 2 Matriks Bebas Kesalahan $[M_{ij}]$ 2017.....	91
Tabel 5. 3 Matriks Kombinasi Bebas Kesalahan 2017.....	91
Tabel 5. 4 Matriks Kesalahan Posisi $[B_{ij}]$ 2017 .....	94
Tabel 5. 5 Matriks $[M_{ij} + [B_{ij}]$ 2017 .....	94
Tabel 5. 6 Matriks Kombinasi Error Position 2017.....	95
Tabel 5. 7 Matriks $[M_{ij} + B_{ij}]$ Operasi Campuran 2017 .....	98
Tabel 5. 8 Kapasitas Taxiway 2017.....	103
Tabel 5. 9 Gate Occupancy Time rata-rata tiap pesawat dan jumlah pergerakannya 2017.....	105
Tabel 5. 10 Karakteristik Pesawat 2017 .....	106
Tabel 5. 11 Perhitungan Jumlah Gate 2017.....	107
Tabel 5. 12 Perhitungan Panjang Apron 2017.....	108
Tabel 5. 13 Lebar Apron 2017.....	108
Tabel 5. 14 Campuran Pesawat 2027 dan Karakteristiknya .....	109
Tabel 5. 15 Matriks Bebas Kesalahan $[M_{ij}]$ 2027.....	113
Tabel 5. 16 Matriks Kombinasi Bebas Kesalahan 2027.....	113
Tabel 5. 17 Matriks Kesalahan Posisi $[B_{ij}]$ 2027.....	116
Tabel 5. 18 Matriks $[M_{ij}] + [B_{ij}]$ 2027 .....	116
Tabel 5. 19 Matriks Kombinasi dengan Error Position 2027 .....	117
Tabel 5. 20 Matriks $[M_{ij} + B_{ij}]$ Operasi campuran 2027 .....	120
Tabel 5. 21 Kapasitas Taxiway 2027.....	125

Tabel 5. 22 Gate Occupancy Time rata-rata tiap pesawat dan jumlah pergerakannya 2027 .....	127
Tabel 5. 23 Karakteristik Pesawat .....	128
Tabel 5. 24 Perhitungan Jumlah Gate 2027.....	129
Tabel 5. 25 Perhitungan Panjang Apron 2027.....	130
Tabel 5. 26 Lebar Apron 2027 .....	130
Tabel 5. 27 Rekapitulasi Hasil Perhitungan .....	131
Tabel 5. 28 Kecepatan touchdown dan Kecepatan runway .....	133
Tabel 5. 29 Jarak minimum dari titik touchdown ke exit taxiway .....	134
Tabel 5. 30 Jarak Ujung runway ke titik touchdown.....	135
Tabel 5. 31 jarak minimum dari titik touchdown ke exit taxiway terkoreksi dan D1 .....	135
Tabel 5. 32 Jarak Total minimum dari Ujung Runway ke Lokasi Exit Taxiway (S).....	135

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**



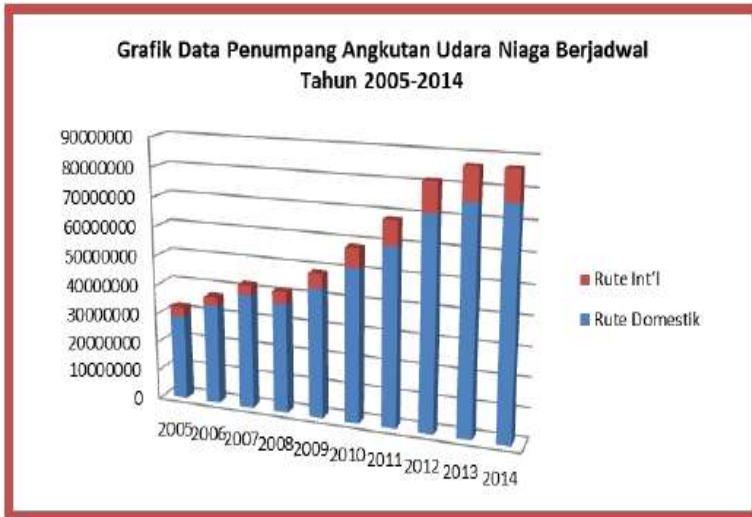
# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Morlok (1978) mendefinisikan transportasi sebagai suatu kegiatan perpindahan barang ataupun orang dari suatu tempat menuju tempat lain. Karena hal tersebut, transportasi memegang peranan lebih dalam berkembangnya suatu wilayah, daerah maupun negara. Kehidupan politik, sosial, ekonomi akan sulit tumbuh jika suatu negara tidak mempunyai transportasi yang memadai. Menurut tempat Bergeraknya transportasi terbagi menjadi tiga macam yaitu transportasi darat, transportasi laut dan transportasi udara. Transportasi darat adalah transportasi yang menggunakan jalur darat media angkut bus, mobil maupun kendaraan darat lainnya. Transportasi laut adalah transportasi yang menggunakan media angkut kapal laut dan biasanya digunakan untuk perjalanan yang melewati perairan (danau, sungai, dan laut). Transportasi udara merupakan transportasi yang menggunakan jalur udara dan media angkut pesawat terbang.

Berbagai pilihan moda transportasi membuat masyarakat secara tidak langsung selektif terhadap pemilihan moda transportasi. Pemilihan moda tersebut didasari oleh tingkat kebutuhan masyarakat. Saat ini kebutuhan akan moda transportasi masyarakat tidak hanya mementingkan kenyamanan, keamanan namun telah berkembang menjadi cepat dan ekonomis. Masyarakat cenderung memilih moda transportasi udara sebagai moda yang dirasa lebih cepat dan efisien dalam perpindahannya. Harga tiket pesawat yang terjangkau juga mendukung masyarakat lebih memilih moda transportasi udara dari moda transportasi lain. Hal tersebut tergambar jelas dalam grafik data penumpang angkutan udara selama 10 tahun terakhir di Indonesia, lihat gambar 1.1.



Gambar 1. 1 Data Penumpang Angkutan Udara tahun 2005-2014 di Indonesia

Sumber : Direktorat Angkutan Udara,2015

Pemilihan moda transportasi udara yang signifikan akan memengaruhi jumlah ketersediaan sarana dan prasarana transportasi udara. Bandara sebagai salah satu prasarana transportasi udara merupakan tempat pelayanan jasa angkutan udara yang terbagi menjadi sisi udara yaitu Runway, Taxiway, exit taxiway dan Apron serta sisi darat yaitu terminal dan bangunan pelengkap lain. Kontrol lalu lintas udara, jenis permintaan, keadaan lingkungan sekitar dan design sistem runway merupakan faktor pemenuhan kapasitas sisi udara. Sehingga kapasitas bandara memengaruhi ketersediaan ruang moda transportasi udara.

Bandara A. Yani merupakan salah satu bandara yang dikelola oleh PT. Angkasa Pura I (Persero) dan terletak pada sebelah barat kota Semarang. Secara geografis letak bandara kota Semarang strategis karena Semarang merupakan ibu kota provinsi Jawa Tengah pusat pemerintahan, politik, sosial, budaya provinsi

Jawa Tengah. Selain itu Kota Semarang juga bersebrangan dengan pulau Kalimantan sehingga bandara Semarang berhubungan dengan sentra-sentra ekonomi di pulau Kalimantan. Lokasi yang berada pada pertengahan jalur penerbangan Jakarta-Surabaya membuat bandara ini sebagai tempat persinggahan pesawat rute tersebut.

Permintaan terhadap transportasi udara yang meningkat pada Bandara A. Yani Semarang menyebabkan peningkatan kebutuhan sisi udara bandara (Seperti pada gambar 1.2). Peningkatan kebutuhan sisi udara apabila tidak diimbangi dengan ketersediaan yang memenuhi syarat pada bagian sisi udara akan berakibat pada ketidak mampuan bandara untuk menampung seluruh pergerakan pesawat.

Kondisi saat ini Bandara Ahmad Yani hanya memiliki satu exit taxiway di dekat runway 31 serta terminal yang tidak berada pada tengah runway. Jumlah exit taxiway, jarak exit taxiway, dan letak terminal tersebut membuat waktu pengosongan runway terganggu. Status kepemilikan bandara yang juga merupakan milik militer terkadang membuat aktivitas bandara tidak dapat berfungsi secara maksimal. Gate position yang hanya berjumlah 8 juga mempengaruhi pergerakan pesawat di apron.

Hal tersebut mendorong penulis untuk melakukan evaluasi kinerja kapasitas sisi udara bandara A. Yani Semarang untuk tahun 2017 hingga tahun 2027.

### Pergerakan Pesawat berdasarkan Bandara

Aircraft Movement by Airport

(dalam rute | in routes)



Gambar 1. 2 Pergerakan Pesawat Berdasarkan Bandara di Indonesia tahun 2013-2015  
 Sumber : Direktorat Angkutan Udara, 2017

## **1.2. Rumusan Masalah**

Dari kondisi tersebut dapat disimpulkan permasalahan yang terjadi adalah:

1. Bagaimana kapasitas eksisting sisi udara tahun 2017 dalam melayani kegiatan operasional penerbangan di Bandara Ahmad Yani Semarang.
2. Bagaimana kapasitas sisi udara Bandara Ahmad Yani Semarang hingga pada tahun 2027 mendatang.

## **1.3. Batasan Masalah**

Agar tidak terjadi penyimpangan pembahasan permasalahan dan topik yang diambil, maka Batasan masalah dalam Proyek Akhir ini meliputi :

1. Tidak menghitung perpanjangan runway.
2. Tidak membahas kondisi lingkungan sekitar.
3. Tidak membahas kontrol lalu lintas udara.
4. Tidak membahas tentang perencanaan, metode pelaksanaan dan biaya pelaksanaan untuk drainase ataupun tebal perkerasan (runway, taxiway, apron).
5. Evaluasi sesuai dengan data penerbangan dan jenis pesawat tahun 2017.
6. Membahas kapasitas sisi udara tahun 2017 dan 2027.

## **1.4. Tujuan**

1. Untuk mengetahui kapasitas eksisting sisi udara tahun 2017 dalam melayani kegiatan operasional penerbangan di Bandara Ahmad Yani Semarang.
2. Untuk mengetahui kapasitas sisi udara Bandara Ahmad Yani Semarang hingga pada tahun 2027 mendatang.

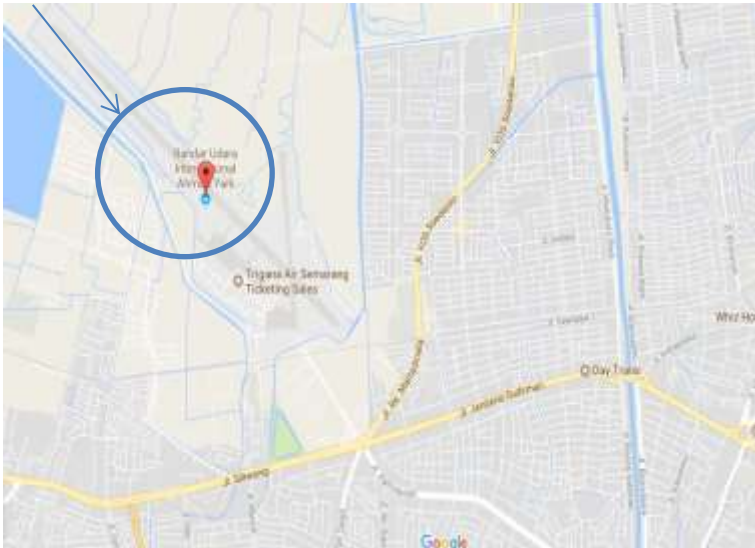
### 1.5. Manfaat

1. Mengetahui jumlah pergerakan pesawat dan kondisi kapasitas eksisting sisi udara tahun 2017 dalam melayani kegiatan operasional penerbangan di Bandara Ahmad Yani Semarang.
2. Mengetahui perkiraan jumlah pergerakan pesawat dan evaluasi terhadap kapasitas sisi udara Bandara A. Yani Semarang untuk tahun 2027 mendatang.

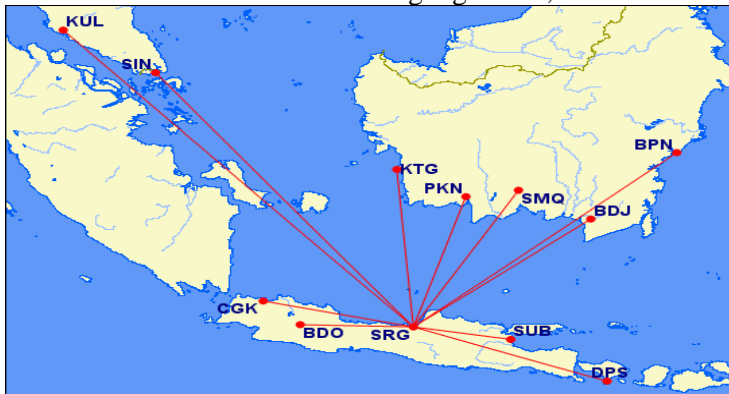
### 1.6. Spesifikasi Bandara (Tahun 2016)

Nama	: Bandar Udara Internasional A. Yani
Kategori	: Internasional Airport
Kelas	: Kelas IB
Pengelola	: PT. Angkasa Pura I
IATA / ICAO	: SRG / WARS
Alamat	: Jl. Puad Ahmad Yani, Kel. Kalibanteng Kulon. Kec. Semarang Barat, Kota Semarang, Jawa Tengah, 50145
Luas Bandara	: 38,5687Ha
Jam Operasi	: 15 Jam (06.00-21.00 WIB/ 13.00 – 04.00 UTC)
Jarak dari kota	: 5 km
Runway	: Arah : 13-31 Dimensi : 2560 m x 45 m PCN : 44F/C/Y/T
Taxiway	: 8025 m <sup>2</sup>
Apron	: Luas : 29008 m <sup>2</sup> PCN : 44 FCYT
Sumber	: <a href="http://www.achmadyani-airport.com">www.achmadyani-airport.com</a>

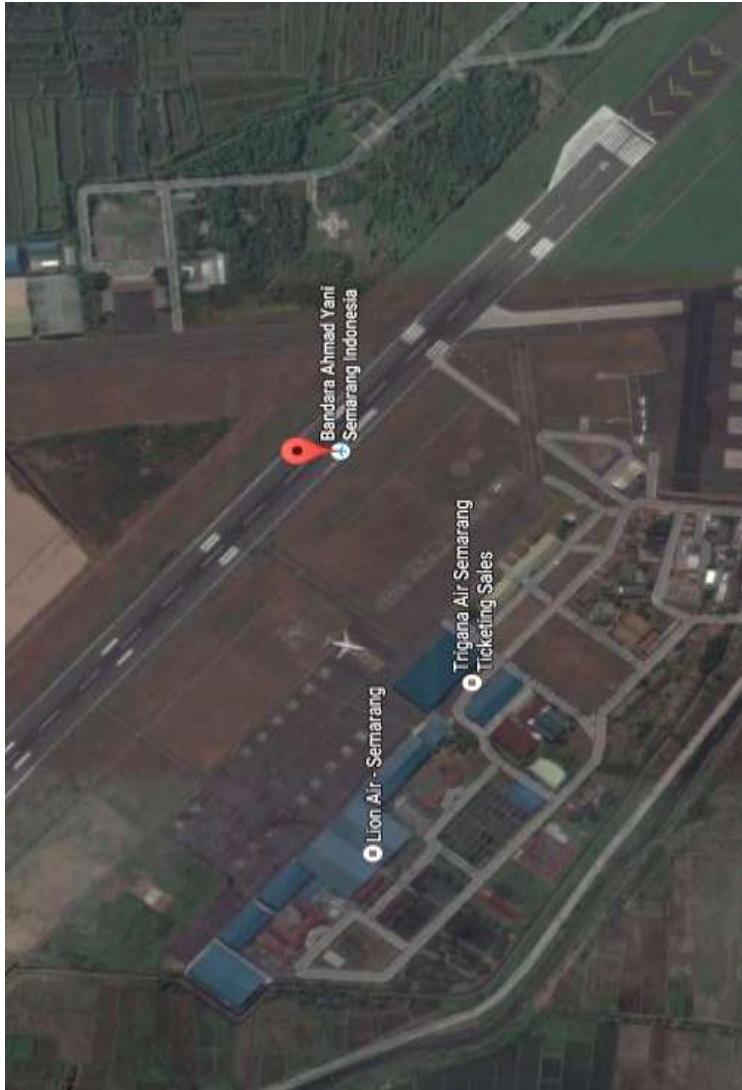
## 1.7. Peta Lokasi, dan Rute penerbangan



Gambar 1. 3 Peta Lokasi Bandara Internasional A. Yani  
Sumber : [www.google.com](http://www.google.com),2017



Gambar 1. 4 Rute Penerbangan Domestik dan Internasional  
Bandara Internasional A. Yani  
Sumber : [www.google.com](http://www.google.com),2017



Gambar 1. 5 Gambar Detail Lokasi Bandara Internasional  
Ahmad Yani

Sumber : [www.google.com](http://www.google.com),2017



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Kapasitas dan *Delay* Bandara**

##### **2.1.1. Kapasitas**

Kapasitas adalah jumlah operasi pesawat terbang selama jangka waktu tertentu yang bersesuaian dengan tingkat penundaan rata-rata yang dapat diterima. Definisi lain, kapasitas adalah jumlah operasi pesawat terbang maksimum yang dapat dilakukan pada suatu bandara selama jangka waktu tertentu ketika terdapat permintaan akan pelayanan pesawat untuk lepas landas atau mendarat. Terdapat beberapa faktor yang memengaruhi kapasitas suatu bandara. Secara umum kapasitas tergantung kepada konfigurasi bandara, karakteristik permintaan, lingkungan tempat pesawat beroperasi, dan lay out dan design sistem runway. Faktor- faktor lain yang memengaruhi kapasitas bandara adalah sebagai berikut :

1. Konfigurasi, jumlah, jarak dan orientasi sistem *runway*.
2. Konfigurasi, jumlah dan letak *taxiway* dan *exit taxiway*.
3. Susunan, ukuran dan jumlah *gate* (gerbang) di daerah apron
4. Waktu pemakaian runway bagi kedatangan dan keberangkatan pesawat.
5. Ukuran dan campuran pesawat terbang yang menggunakan fasilitas bandara.
6. Jarak antara pesawat yang terbang berurutan.
7. Cuaca terutama jarak pandang (*visibility*) dan jarak awan (*ceiling*), karena aturan lalu lintas udara untuk cuaca baik berbeda dengan cuaca buruk.
8. Kondisi angin yang dapat menghalangi penggunaan seluruh *runway* yang tersedia untuk semua pesawat.
9. Prosedur pengurangan kebisingan yang membatasi jenis, dan waktu operasi

- 10.Strategi yang dipilih pengendali lalu lintas udara untuk mengoperasikan sistem *runway*.
- 11.Jumlah kedatangan relatif terhadap jumlah keberangkatan.
- 12.Jumlah dan frekuensi operasi keadaan tak menentu (*touch and go*) dari pesawat penerbangan umum.
- 13.Keberadaan dan frekuensi terjadinya pusaran gelombang.
- 14.Keberadaan dan sifat alat bantu navigasi.
- 15.Ketersediaan dan struktur ruang angkasa untuk menetapkan rute kedatangan dan keberangkatan.
- 16.Sifat dan keadaan fasilitas pengendali lalu lintas udara.

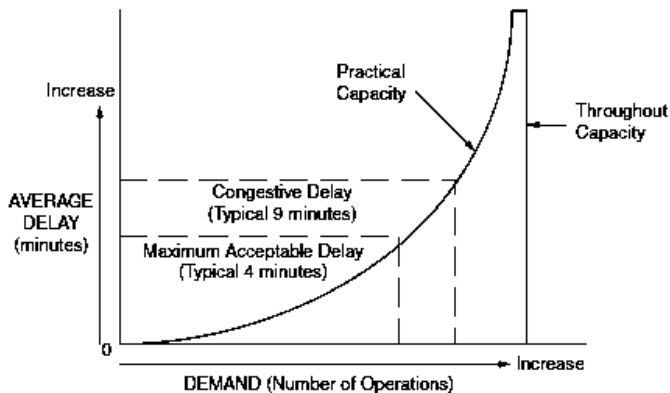
### **2.1.2. Delay**

Penundaan (*Delay*) terjadi pada lapangan udara setiap kali dua atau lebih banyak pesawat berusaha untuk menggunakan *runway*, *taxiway*, gerbang, atau fasilitas *airside* lain pada waktu yang sama. Terdapat beberapa tingkat penundaan (*delay*) rata-rata yang dapat diterima :

1. Untuk pesawat yang berangkat, tingkat penundaan yang dapat diterima adalah 4 menit untuk operasi-operasi campuran pada *runway* dalam kondisi VFR apabila jumlah pesawat jet yang besar lebih dari 10 persen.
2. Untuk pesawat yang berangkat, tingkat penundaan yang dapat diterima adalah 3 menit untuk operasi-operasi campuran pada *runway* dalam kondisi VFR apabila jumlah pesawat jet yang besar sama atau lebih kecil dari 10 persen.
3. Untuk pesawat yang berangkat, tingkat penundaan yang dapat diterima adalah 2 menit untuk operasi-operasi campuran pada *runway* dalam kondisi VFR apabila jumlah pesawat jet yang besardan berat lebih kecil dari 1 persen.
4. Untuk pesawat yang berangkat, tingkat penundaan yang dapat diterima adalah 4 menit untuk operasi-operasi campuran pada *runway* dalam kondisi IFR dengan tidak memperhatikan kelas pesawat.
5. Untuk pesawat yang datang, tingkat penundaan yang dapat diterima adalah 4 menit untuk operasi-operasi campuran pada *runway* dalam kondisi IFR tanpa memperhatikan kelas pes

### 2.1.3. Hubungan Kapasitas dan Delay

Kapasitas berguna untuk pengidentifikasian alternatif-alternatif untuk memilih konfigurasi bandara alternatif yang akan mendapatkan analisis lebih lanjut. Apabila permintaan mendekati kapasitas maka penundaan(*delay*) terhadap pesawat terbang akan meningkat cepat. Karena faktor- faktor ekonomi, perkiraan besarnya penundaan seringkali lebih penting untuk penetapan kebutuhan-kebutuhan bagi perbaikan bandara dari pada penentuan kapasitas.



Gambar 2. 1 Delay sebagai fungsi dari kapasitas dan permintaan  
Sumber : Robert Horonjeff, 2010 :488

Tujuan utama mempelajari kapasitas dan penundaan adalah untuk menentukan cara-cara efektif dan efisien untuk meningkatkan kapasitas dan mengurangi penundaan di bandara. Dalam prakteknya analisis-analisis dibuat untuk mempelajari implikasi perubahan permintaan dan dampak modifikasi lalu lintas terhadap pelayanan untuk memenuhi permintaan ini. Beberapa penerapan tipikal analisis tersebut meliputi :

1. Pengaruh letak exit taxiway dan geometri di kapasitas sistem *runway*.
2. Dampak batasan-batasan bandara akibat prosedur pengurangan kebisingan, kemampuan *runway* yang terbatas,

atau fasilitas-fasilitas pengendali lalu lintas yang tidak memadai pada tingkat pemrosesan pesawat terbang.

3. Konsekuensi pengenalan pesawat terbang baru dalam campuran pesawat di bandara, dan suatu alternatif mekanisme untuk melayani campuran pesawat tersebut.
4. Penyelidikan dari konfigurasi penggunaan *runway* alternatif terhadap pemrosesan pesawat.
5. Alternatif umum untuk pembangunan *runway* atau taxiway baru untuk mempermudah pemrosesan pesawat.
6. Keuntungan yang mungkin direalisasikan dalam pengurangan sistem kapasitas atau *delay* dengan pengalihan pesawat terbang umum ke fasilitas pembantu di daerah padat lalu lintas udara.

## 2.2. Landasan Pacu (Runway)

*Runway* adalah bagian dari lapangan terbang dimana dataran berbentuk persegi panjang dan diperkeras untuk keperluan landing dan *take off*. Jumlah *runway* sangat tergantung pada volume lalu lintas, dan orientasi *runway* yang tergantung pada arah angin dominan.

### 2.2.1. Konfigurasi Runway

Terdapat beberapa konfigurasi *runway*, konfigurasi tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu :

- a. Kapasitas Maksimum
- b. Pengaturan lalu lintas udara
- c. Arah dan kecepatan angin
- d. Kelengkapan alat bantu navigasi

Konfigurasi *runway* sebagian merupakan kombinasi beberapa konfigurasi dasar. Konfigurasi dasar diantaranya :

#### a *Runway* Tunggal

*Runway* tunggal merupakan konfigurasi yang paling sederhana, sebagian besar lapangan terbang di Indonesia menggunakan landasan tunggal. Telah diadakan perhitungan

bahwa kapasitas landasan tunggal dalam kondisi *Visual Flight Rule* (VFR) antara 50 – 100 gerakan tiap jam, sedangkan dalam kondisi *Instrumen Flight Rule* (IFR) kapasitasnya berkurang menjadi 50-70 gerakan tiap jam tergantung kepada komposisi campuran pesawat terbang dan alat- alat bantu navigasi.

Kondisi VFR adalah kondisi cuaca yang memungkinkan pesawat terbang mempertahankan jarak pisah yang aman dengan penglihatan visual. Sedangkan kondisi IFR merupakan kondisi cuaca yang tidak memungkinkan pesawat terbang mempertahankan jarak pisah yang aman dengan penglihatan visual sehingga harus dibantu dengan alat bantu visual.



Gambar 2. 2 Single Runway

Sumber : [www.google.com](http://www.google.com)

b *Runway* Pararel

Kapasitas *runway* sejajar sangat bergantung pada jumlah landasan pacu dan jarak pemisah diantaradua landasan tersebut. Dua, tiga dan empat landasan pacu sejajar lebih sering digunakan. Jarak antar *runway* bervariasi yaitu rapat (*close*), menengah (*intermediate*) dan renggang (*far*) tergantung pada garis tengah antar dua *parallel runway*.

*Close parallel runway* adalah berjarak minimum yaitu 700ft – kurang dari 2500 ft. Dalam kondisi IFR pergerakan pada satu *runway* bergantung pada pergerakan *runway* lainnya. *Intermediate parallel runway* adalah berjarak 2500 ft – kurang dari 4300 ft. Dalam kondisi IFR pergerakan pada satu *runway* tidak bergantung pada pergerakan keberangkatan *runway* lainnya. *Far parallel runway* adalah berjarak 4300 ft atau lebih. Dalam kondisi IFR pergerakan pada kedua *runway* dapat dioperasikan secara tersendiri baik untuk keberangkatan maupun kedatangan. Oleh karena itu garis tengah antara *parallel runway* menentukan tingkat ketergantungan antara operasi tiap *parallel runway*.

Kapasitas perjam dari *parallel runway* pada kondisi VFR bervariasi antara 60 – 200 pergerakan perjam bergantung pada komposisi campuran pesawat terbang dan cara pemrosesan kedatangan dan keberangkatan setiap *runway*. Dalam kondisi IFR kapasitas perjam *Close parallel runway* berkisar antara 50-60 pergerakan perjam, untuk *intermediate parallel runway* berkisar antara 60-75 pergerakan perjam, dan untuk *far parallel runway* berkisar antara 100-125 pergerakan perjam.



Gambar 2. 3 *Parallel runway* dengan *threshold* segaris  
Sumber : [www.google.com](http://www.google.com)



Gambar 2. 4 *Parallel runway* dengan *threshold* di geser

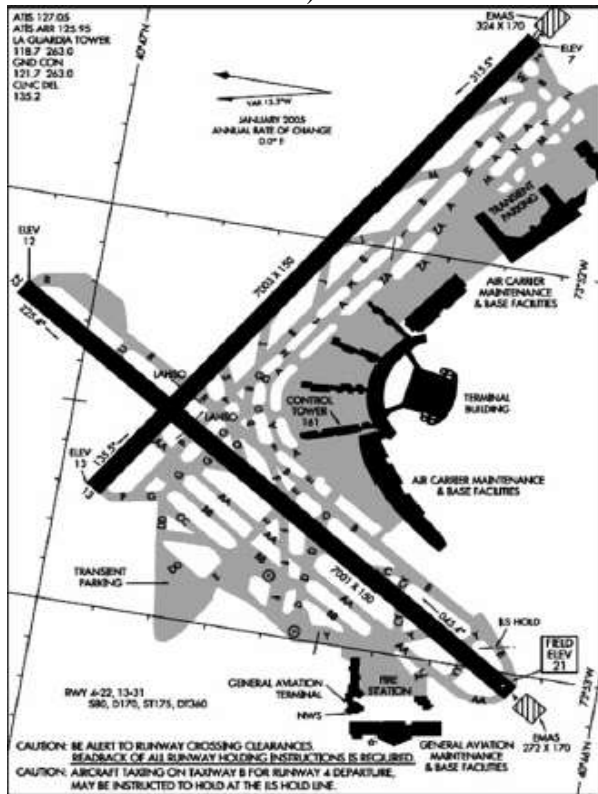
Sumber : [www.google.com](http://www.google.com)

c *Runway* yang berpotongan

Banyak bandara yang mempunyai dua atau lebih runway yang arahnya berbeda dan saling berpotongan. Pola tersebut dinamakan pola berpotongan. Runway ini digunakan saat kondisi angin yang relatif kuat bertiup lebih dari satu arah dan mengakibatkan angin sisi (*cross wind*) berlebihan ketika hanya satu *runway* yang tersedia. Apabila angin bertiup kencang, hanya satu *runway* yang dapat digunakan sehingga kapasitas bandara berkurang. Bila angin bertiup lemah (antara 20-13 knots) maka kedua landasan dapat dipergunakan bersamaan.

Kapasitas *runway* berpotongan tergantung di bagian mana *runway* itu bersilangan (Ujung atau tengah), strategi *take off* dan *landing* serta jarak persilangan terhadap awal lepas landas. Semakin dekat jarak persilangan dengan titik awal lepas landas

maka semakin besar kapasitas yang dicapai (40-70 untuk kondisi IFR dan 50-175 untuk kondisi VFR).



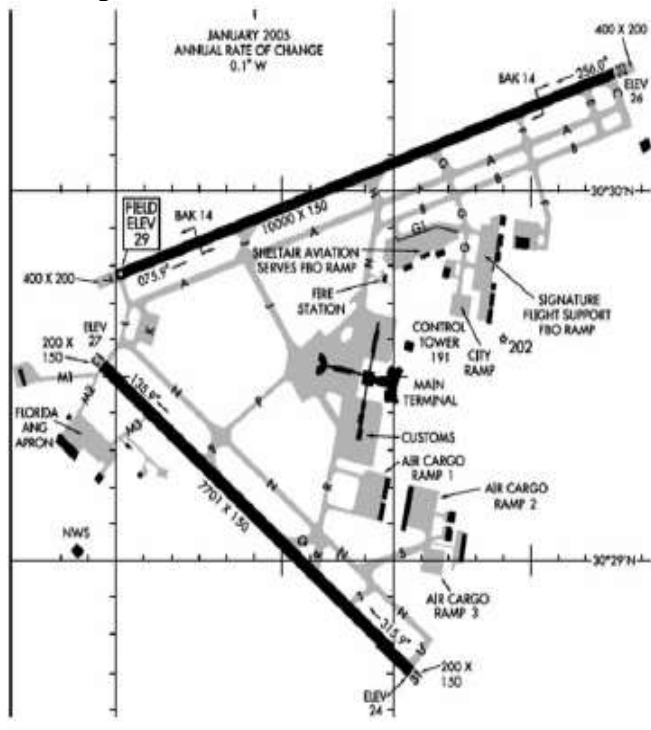
Gambar 2. 5 Runway Berpotongan  
Sumber : Horronjeff

#### d *Runway* V Terbuka

*Runway* yang arahnya memencar tetapi tidak berpotongan disebut *runway* v terbuka. Seperti *runway* yang berpotongan *runway* v terbuka juga berubah seolah-olah *runway* tunggal apabila angin bertiup kuat dari satu arah. Apabila angin bertiup lemah (antara 20-13 knots) maka kedua landasan dapat dipergunakan bersamaan.



Strategi penggunaan *runway v* terbuka agar kapasitas tinggi adalah dengan operasi penerpangan dilakukan menjauhi *v*. Dalam kondisi IFR kapasitas perjam berkisar antara 50 – 80 pergerakan perjam dan 60-180 pergerakan perjam untuk kondisi VFR bergantung campuran pesawat terbang. Sebaliknya apabila operasi penerbangan menuju *v* maka dalam kondisi IFR kapasitas perjam berkisar antara 50 – 60 pergerakan perjam dan 50-100 pergerakan perjam untuk kondisi VFR bergantung campuran pesawat terbang.



Gambar 2. 6 Runway *v* terbuka  
Sumber : Horronjeff

### 2.2.2. Kapasitas *Runway*

Dalam penghitungan kapasitas *runway* terdapat beberapa teori diantaranya *matematical theory*, *ultimate capacity* dan konsep ruang waktu. Kapasitas yang terdefinisi dalam *Mathematical Formulation of Ultimate Capacity* mengungkapkan kemampuan maksimum dari sistem *runway* untuk menampung jumlah operasi pesawat terbang maksimum dalam jangka waktu tertentu ketika terdapat permintaan pelayanan yang berkesinambungan. Dalam model tersebut, kapasitas sama dengan kebalikan waktu pelayanan rata-rata terbebani dari seluruh pesawat yang dilayani. sebagai contoh apabila waktu pelayanan rata-rata terbebani 90 detik maka kapasitas *runway* adalah 1 operasi setiap 90 detik atau 40 operasi per jam. Model ini memperlakukan *approach path* menuju *runway* bersama-sama dengan *runway* sebagai sistem *runway*. Waktu pelayanan pada *runway* didefinisikan sebagai jarak di udara antara waktu kedatangan, atau waktu penggunaan *runway* (diambil yang terbesar).

#### 2.2.2.1. Pengembangan dari Model Kedatangan (*Arrivals Only*)

Kapasitas suatu *runway* yang hanya digunakan untuk melayani pesawat yang datang dipengaruhi oleh faktor-faktor berikut:

- 1) Campuran pesawat, yang biasanya digolongkan ke dalam beberapa kelas sesuai dengan kecepatan mendekati *runway*.
- 2) Kecepatan mendekati *runway* dari berbagai kelas pesawat
- 3) *The length of the common approach path* berasal dari jalur masuk ke *runway threshold*.
- 4) Jarak pemisahan lalu lintas udara minimum atau jarak pisah praktis yang diamati jika tidak ada peraturan.
- 5) Besarnya kesalahan pada saat kedatangan di titik masuk dan variasi kecepatan pesawat terbang pada *approach path* ke *runway*.
- 6) Probabilitas tertentu dari pelanggaran terhadap jarak pemisah lalu lintas udara minimum yang dapat diterima.

7) Waktu pemakaian runway rata-rata dari berbagai kelas pesawat pada campuran dan besarnya variasi pada waktu tersebut.

**A. Keadaan Bebas Kesalahan (*Error-Free Case*)**

Dengan ketepatan yang sedikit berkurang dan untuk membuat perhitungan lebih mudah, pesawat terbang dikelompokkan ke dalam beberapa kelas berdasarkan kecepatan yang berbeda  $V_i$  dan  $V_j$ . Waktu pelayanan kedatangan terbebani perlu untuk merumuskan matriks selang waktu diantara kedatangan pesawat pada *runway threshold*. Waktu pelayanan terbebani dapat dihitung dengan memperoleh matriks dan presentase berbagai kelas dalam campuran pesawat. Kapasitas *runway* adalah kebalikan dari waktu pelayanan terbebani.

Misalkan *error-free matrix* adalah  $[M_{ij}]$ , selang waktu minimum bebas kesalahan di *runway threshold* untuk pesawat dengan kelas  $i$  diikuti kelas  $j$ , persentase kelas  $i$  dalam campuran adalah  $p_i$ , dan persentase kelas  $j$  dalam campuran adalah  $p_j$ . Maka

$$\Delta T_{ij} = T_j - T_i = [M_{ij}] \dots\dots\dots(1)$$

Dengan :

$T_{ij}$  = Waktu aktual pemisahan di *runway threshold* untuk dua kedatangan berurutan, pesawat dengan kelas kecepatan  $i$  diikuti oleh pesawat dengan kelas kecepatan  $j$ .

$T_i$  = Waktu pesawat  $i$  yang didepan melewati *runway threshold*.

$T_j$  = Waktu pesawat  $j$  yang dibelakang melewati *runway threshold*.

$$E[T_{ij}] = \sum p_{ij} M_{ij} = \sum p_{ij} T_{ij} \dots\dots\dots(2)$$

Dengan:

$E[T_{ij}]$  = Waktu pelayanan rata-rata, atau waktu antar kedatangan di *runway threshold* untuk kedatangan pesawat campuran.

$p_{ij}$  = Probabilitas bahwa pesawat didepan  $i$  akan diikuti pesawat dibelakang  $j$

Kapasitas untuk kedatangan dapat dicari dengan :

$$C_a = \frac{1}{E(\Delta T_{ij})} \dots \dots \dots (3)$$

Dengan :

$C_a$  = Kapasitas *runway* untuk menghitung campuran pesawat *arrival*.

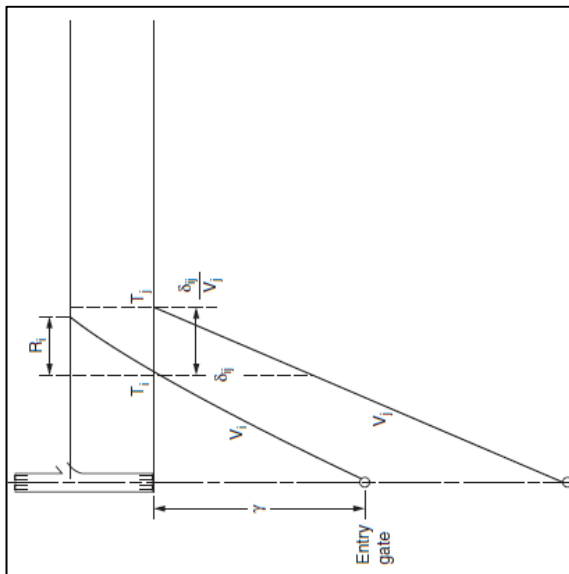
Waktu antar kedatangan (*arrival*) di *runway threshold* dapat diperoleh dengan mengetahui kecepatan pesawat yang di depan  $v_i$  lebih besar atau kurang dari kecepatan  $v_j$  pesawat yang di belakang. Hal ini dapat diterangkan dengan menggambar diagram waktu-jarak seperti terlihat pada gambar 2.7; 2.8 dan 2.9. dalam diagram tersebut notasi yang digunakan adalah:

- $\gamma$  = Panjang dari *common approach path*
- $\delta_{ij}$  = Jarak pisah minimum yang diperbolehkan antara dua pesawat yang datang, pesawat  $i$  didepan dan pesawat  $j$  di belakang, di sembarang tempat sepanjang *common approach path* (3 nmi)
- $V_i$  = Kecepatan pada saat mendekati *runway* dari pesawat di depan kelas  $i$
- $V_j$  = Kecepatan pada saat mendekati *runway* dari pesawat di belakang kelas  $j$
- $R_i$  = Waktu pemakaian *runway* dari pesawat didepan  $i$

**Keadaan Merapat ( $V_i \leq V_j$ )**

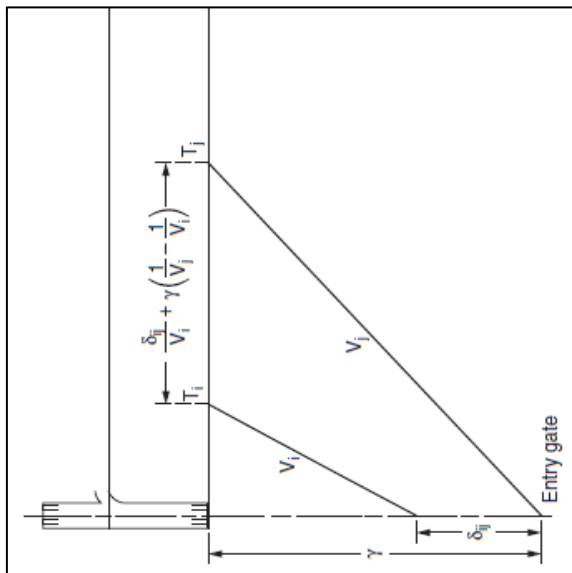
Apabila kecepatan pesawat di depan mendekati *runway* lebih kecil dari pesawat yang di belakangnya seperti gambar 2.7. Pemisahan waktu minimum di *threshold* dapat dinyatakan dalam jarak pemisahan minimum  $\delta_{ij}$  dan kecepatan dari pesawat yang mendahului  $V_j$ . Meskipun demikian, apabila waktu pemakaian *runway* dari kedatangan  $R_i$  adalah lebih besar dari pemisahan di udara, maka ia menjadi jarak minimum di *threshold*. Persamaan untuk keadaan ini adalah

$$T_{ij} = T_j - T_i = \frac{\delta_{ij}}{V_j} \dots \dots \dots (4)$$



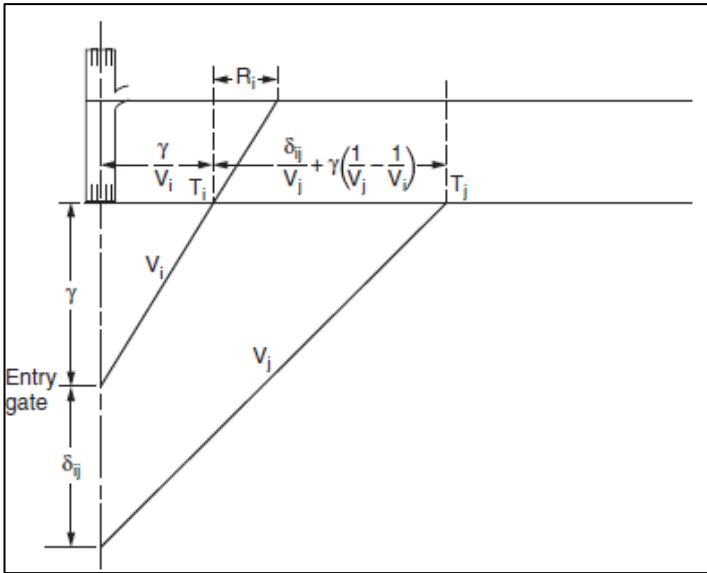
Gambar 2. 7 Diagram Waktu-Jarak untuk Jarak antar Kedatangan Bebas Kesalahan, Keadaan Merapat ( $V_i \leq V_j$ )

Sumber : Horronjeff



Gambar 2. 8 Diagram Waktu-Jarak untuk Jarak Kedatangan Bebas Kesalahan, Keadaan Merenggang ( $V_i > V_j$ )

Sumber : Horronjeff



Gambar 2. 9 Diagram Waktu-Jarak untuk Jarak antar Kedatangan Bebas Kesalahan dimana  $V_i > V_j$  untuk kedua pesawat yang terpisah di sekitar jalur masuk

Sumber : Horronjeff

**Keadaan Merenggang ( $V_i > V_j$ )**

Apabila keadaan kecepatan pesawat saat mendekati runway yang mendahului lebih besar dari pada kecepatan pesawat dibelakangnya, seperti pada gambar 2.8 dan 2.9., waktu pemisahan minimum dapat dinyatakan dengan jarak *common approach path*  $\gamma$  dan kecepatan dari pesawat yang mendahului dan dibelakang  $V_i$  dan  $V_j$ . Hal tersebut bersesuaian dengan jarak pemisahan minimum di sepanjang *common approach path*  $\delta_{ij}$ , yang terjadi di gerbang masuk sebagai pengganti *threshold*. Persamaan untuk keadaan ini terlihat dalam gambar 2.8. Apabila kontrol hanya dilakukan dari jalur masuk ke *threshold* kedatangan adalah

$$\Delta T_{ij} = T_j - T_i = \frac{\delta_{ij}}{v_i} + \gamma \left( \frac{1}{v_j} - \frac{1}{v_i} \right) \dots\dots\dots (5)$$

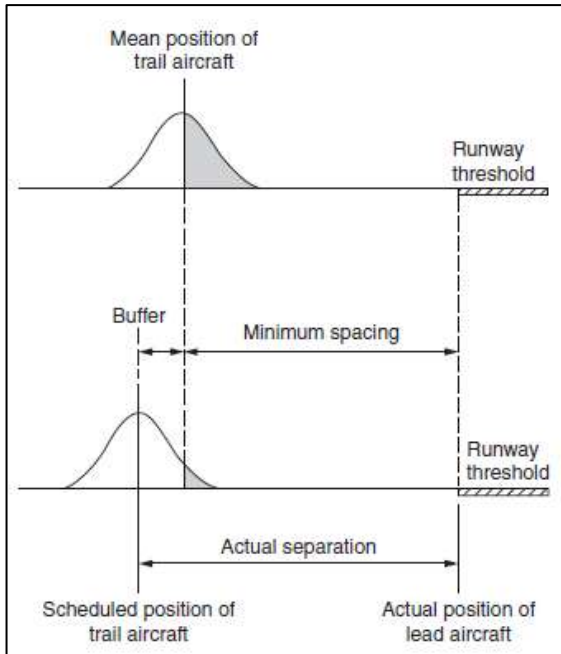
Apabila kontrol dilakukan untuk mempertahankan pemisahan di antara kedua pesawat yang berada di depan melewati jalur masuk, seperti terlihat pada gambar 2.9, persamaannya adalah

$$\Delta T_{ij} = T_j - T_i = \frac{\delta_{ij}}{v_j} + \gamma \left( \frac{1}{v_j} - \frac{1}{v_i} \right) \dots\dots\dots(6)$$

### **B. Mempertimbangkan Kesalahan Posisi (*Consideration of Position Error*)**

Model diatas menggambarkan keadaan sempurna tanpa kesalahan. Model yang memperhitungkan kesalahan, ditambahkan waktu sanggah (*buffer time*) terhadap waktu pemisahan minimum. Waktu sanggah bergantung pada probabilitas penyimpangan jarak pemisah yang dapat diterima. Gambar 2.10. menunjukkan posisi pesawat yang berada dibelakang ketika mendekati *runway threshold*. Pada bagian atas gambar tersebut, pesawat yang berada di belakang diatur urutannya sehingga posisi rata-ratanya ditentukan secara tepat oleh pemisahan minimum diantara pesawat yang depan dan belakang.

Meskipun demikian, apabila posisi merupakan suatu *variable* sembarang, terdapat probabilitas yang sama bahwa ia lebih cepat atau lebih lambat dari jadwal. Apabila pesawat itu lebih cepat dari jadwal, patokan pemisahan minimum akan dilanggar. Apabila kesalahan posisi itu didistribusikan secara normal, maka daerah kurva bentuk lonceng yang diarsir akan menyatakan probabilitas pelanggaran aturan pemisahan minimum sebesar 50 persen. Oleh karena itu, untuk memperkecil probabilitas pelanggaran ini, pesawat harus diatur sampai di posisi ini dengan membuat waktu sangga terhadap patokan pemisahan minimum, seperti terlihat pada gambar 2.10. bagian bawah.



Gambar 2. 10 Ilustrasi Jarak-Waktu Penyangga pada Pemisahan Sebenarnya diantara pesawat apabila kesalahan posisi diperhitungkan  
Sumber : Horronjeff

Keadaan tersebut hanya terjadi bila pesawat jauh lebih cepat dari jadwal sehingga melewati daerah kurva yang diarsir lebih kecil, pelanggaran terhadap pemisahan akan terjadi. Tentu saja probabilitas terjadinya hal ini adalah lebih kecil. Kenyataannya, para pengendali lalu lintas udara menjadwalkan pesawat dengan memakai waktu sangga (*buffer time*) sehingga probabilitas pelanggaran terhadap aturan pemisahan umum berada pada tingkat yang dapat diterima.

Seperti yang akan diperlihatkan dalam keadaan merapat, penyangga merupakan nilai yang tetap. Meskipun demikian, dalam keadaan merenggang, penyangga tidak harus menjadi nilai yang konstan dan pada umumnya lebih kecil dari penyangga dari



keadaan merapat. Model tersebut dibuat matriks waktu sangga  $[B_{ij}]$  untuk pesawat dengan kelas kecepatan  $i$  yang diikuti oleh pesawat dengan kelas kecepatan  $j$ . Matriks ini ditambahkan pada matriks bebas kesalahan untuk menentukan matriks waktu antar kedatangan sebenarnya, kapasitas dapat ditentukan dengan matriks ini. Hubungan itu diberikan oleh persamaan berikut:

$$E[T_{ij}] = \sum p_{ij}[M_{ij} + B_{ij}] \dots\dots\dots(7)$$

### **Keadaan Merapat ( $V_i \leq V_j$ )**

Kecepatan mendekati landasan dari pesawat yang berada di depan lebih kecil dari yang berada di belakangnya dan pemisahan diperlihatkan pada gambar 2.7.  $[T_{ij}]$  adalah selang waktu minimum sebenarnya diantara pesawat kelas  $i$  dan kelas  $j$  dan pemakaian *runway* kurang dari  $\Delta T_{ij}$ . Tentukan nilai rata-rata  $\Delta T_{ij}$  adalah  $E[\Delta T_{ij}]$  dan  $e_0$  sebagai suatu kesalahan random yang didistribusikan secara normal rata-rata nol dengan standart deviasi  $\sigma_0$ . Maka untuk setiap kedatangan  $\Delta T_{ij} = E[\Delta T_{ij}] + e_0$ . Tetapi agar tidak melanggar aturan pemisahan minimum, nilai  $\Delta T_{ij}$  harus ditambah *buffer* sebesar  $B_{ij}$ . Oleh karena itu, didapat

$$\Delta T_{ij} = M_{ij} + B_{ij}$$

Dan juga

$$\Delta T_{ij} = M_{ij} + B_{ij} + e_0$$

Keadaan ini pemisahan minimum pada *runway threshold* diberikan oleh persamaan 8. Tujuannya adalah untuk mendapatkan probabilitas pelanggaran  $p_v$  tertentu, yaitu sebesar *buffer* yang dibutuhkan. Jadi,

$$p_v = Prob \left( \Delta T_{ij} < \frac{\delta_{ij}}{v_j} \right)$$

Atau

$$p_v = Prob \left( \frac{\delta_{ij}}{v_j} + B_{ij} + e_0 < \frac{\delta_{ij}}{v_j} \right) \dots\dots\dots(8)$$

Disederhanakan menjadi

$$p_v = P(B_{ij} < -e_0)$$

Anggap kesalahan didistribusikan secara normal dengan simpangan baku  $\sigma_0$ , *Buffer* dapat dicari dengan

$$B_{ij} = \sigma_0 q_v \dots\dots\dots (9)$$

Dengan:

$q_v$  =Nilai dimana distribusi normal standart komulatif mempunyai nilai  $(1 - p_v)$

Hal ini berarti besarnya standart deviasi dari rata-rata yang presentasinya dibawah kurva normal akan didapat. Contoh, jika  $p_v = 0.05$  maka  $q_v$  adalah presentase ke 95 dari distribusi yang besarnya 1,65. Oleh karena itu *buffer time* keadaan merapat adalah konstan bergantung pada besarnya penyebaran kesalahan dan probabilitas pelanggaran  $p_v$  yang dapat diterima.

**Keadaan Merenggang ( $V_i > V_j$ )**

Perhatikanlah keadaan kecepatan pesawat yang ada di depan mendekati *runway threshold* lebih besar daripada pesawat yang ada di belakang. Keadaan ini, pemisahan antara kedua pesawat bertambah dari jalur masuk. Model ini didasari pada anggapan pesawat yang berada dibelakang harus dijadwalkan pada jarak yang tidak kurang dari  $\delta_{ij}$  mil dibeklakang pesawat yang berada di depan ketika memasuki jalur masuk, tetapi hal ini diasumsikan bahwa pemisahan yang ketat hanya dilakukan oleh *air traffic control* ketika pesawat yang berada dibelakang mencapai jalur masuk. Anggapan ini terlihat pada gambar 2.8.

Keadaan ini probabilitas pelanggaran hanyalah probabilitas pesawat yang berada di belakang akan tiba pada jalur masuk sebelum pesawat yang di depan berada pada suatu jarak tertentu di sebelah dalam jalur masuk. Secara matematis hal ini dinyatakan sebagai berikut:

$$p_v = Prob \left( T_j - \frac{\delta_{ij} + \gamma}{V_j} < T_i - \frac{\gamma}{V_i} \right)$$

Atau

$$p_v = Prob \left[ T_j - T_i < \frac{\delta_{ij}}{V_j} + \left( \frac{\gamma}{V_j} - \frac{\gamma}{V_i} \right) \right]$$

Dengan menggunakan persamaan (5) dan (9) maka dapat dihitung jarak sebenarnya di ambang landasan dan disederhanakan menjadi

$$B_{ij} = \sigma_0 q_v - \delta_{ij} \left( \frac{1}{v_j} - \frac{1}{v_i} \right) \dots \dots \dots (10)$$

Oleh karena itu, untuk keadaan merenggang besarnya *buffer time* dikurangi dari yang dibutuhkan dalam keadaan merapat, seperti persamaan (10). Nilai *buffer time* yang negatif tidak diperbolehkan sehingga *buffer time* merupakan nilai positif dengan nilai minimum sama dengan nol.

### 2.2.2.2. Pengembangan dari Model Keberangkatan

#### (Departure Only)

Ketika keberangkatan dinyatakan bebas untuk *take off* berdasarkan interval waktu minimum, atau waktu antar keberangkatan  $t_d$ , kapasitas *runway* pada saat keberangkatan saja  $C_d$  diberikan oleh persamaan

$$C_d = \frac{3600}{E(t_d)} \dots \dots \dots (11)$$

Dan

$$E(t_d) = \Sigma [p_{ij}] [t_d] \dots \dots \dots (12)$$

Dengan:

$E(t_d)$  = Nilai yang diharapkan dari waktu pelayanan atau waktu antar kedatangan pesawat campuran di *runway threshold*.

$[p_{ij}]$  = Matrix dari probabilitas pesawat yang didepan  $i$  akan diikuti pesawat yang berada di belakang  $j$ .

$[t_d]$  = Matrix waktu antar kedatangan.

### 2.2.2.3. Pengembangan dari Model Operasi Campuran

Model ini didasari oleh empat aturan pengoperasian yang sama seperti halnya model-model yang dikembangkan *Airborne Instruments Laboratory*. Aturan- aturan itu adalah sebagai berikut:

- 1) Kedatangan mempunyai prioritas daripada keberangkatan
- 2) Hanya ada satu pesawat yang berada di *runway* pada sembarang waktu.

- 3) Keberangkatan tidak dilaksanakan apabila pesawat yang datang berikutnya berada pada jarak yang kurang dari suatu jarak tertentu dari *runway threshold*, biasanya 2 nmi dalam kondisi IFR.
- 4) Keberangkatan yang berurutan diatur sehingga pemisahan waktu minimumnya sama dengan waktu pelayanan keberangkatan.

Diagram waktu-Jarak dapat digambar untuk memperlihatkan pengurutan operasi campuran menurut aturan-aturan yang disebutkan diatas dan hal tersebut terlihat pada gambar 2.11. Gambar tersebut memperlihatkan  $T_i$  dan  $T_j$  adalah waktu pesawat yang ada didepan  $i$  dan yang ada dibelakang melewati *arrival threshold*.  $\delta_{ij}$  adalah pemisahan minimum antara kedatangan,  $T_1$  adalah waktu pesawat meninggalkan runway,  $T_d$  adalah waktu pesawat berangkat mulai akan *take off*,  $\delta_d$  adalah jarak minimum pesawat datang harus berada dari *runway threshold* untuk keberangkatan dapat dilakukan,  $T_2$  adalah waktu saat terakhir keberangkatan dapat dilakukan,  $R_i$  adalah waktu pemakaian *runway* untuk kedatangan,  $G$  adalah perbedaan waktu keberangkatan dapat dilakukan, dan  $t_d$  adalah waktu pelayanan yang dibutuhkan untuk keberangkatan.

Kedatangan diberi prioritas sehingga pesawat yang datang diurutkan dengan pemisahan minimum dan keberangkatan tidak dapat dilakukan kecuali terdapat waktu  $G$  diantara kedatangan yang berurutan.oleh karena itu dapat ditulis,

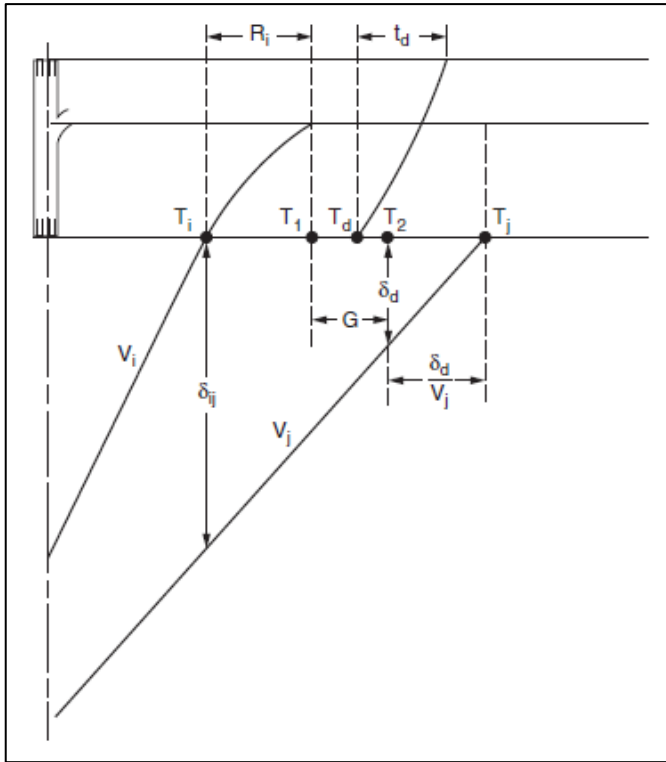
$$G = T_2 - T_1 \geq 0$$

Tetapi kita tahu bahwa

$$T_1 = T_i + R_i$$

Oleh karena itu, dapat ditulis

$$T_2 - T_1 > \left( T_j - \frac{\delta_d}{V_j} \right) - (T_i + R_i) > 0$$



Gambar 2. 11 Diagram Waktu-Jarak untuk Jarak antar Kedatangan, Operasi campuran pada sitem runway

Sumber: Horronjeff

Atau untuk melakukan sekali keberangkatan diantara dua kedatangan yang berurutan didapat

$$T_2 - T_1 > Ri + \frac{\delta_d}{V_j}$$

Dengan pengembangan sederhana persamaan diatas, jelas bahwa waktu antar kedatangan rata-rata yang dibutuhkan  $E(\Delta T_{ij})$  untuk melakukan  $n_d$  keberangkatan diantara dua kedatangan diberikan oleh persamaan

$$E[T_{ij}] \geq E[Ri] + E\left[\frac{\delta_d}{V_j}\right] + (n - 1)E(t_d).....(13)$$

Ingat bahwa suku terakhir dalam persamaan (13) adalah nol apabila hanya satu keberangkatan yang akan disisipkan antara dua kedatangan. Suatu faktor kesalahan  $\sigma_{GQ}$  dapat ditambahkan pada persamaan diatas untuk memperhitungkan pelanggaran terhadap perbedaan jarak.

Kapasitas runway pada operasi campuran diberikan pada persamaan berikut:

$$C_m = \frac{1}{E[\Delta T_{ij}]} \dots \dots \dots (14)$$

Dengan:

$C_m$  = Kapasitas *runway* untuk operasi campuran

$E(\Delta T_{ij})$  = Nilai antar waktu kedatangan

#### 2.2.2.4. Menghitung Delay Pesawat

Aspek kritis dari analisis kapasitas sisi udara bandara adalah penentuan LOS dari hubungan permintaan-kapasitas yang diwujudkan oleh penundaan pesawat (*Delay*). Analisis seperti itu memberikan estimasi *delay* pesawat terbang pada basis perjam dan tahunan. Persyaratan utama untuk analisis kapasitas adalah estimasi besarnya keterlambatan pesawat terbang. Penundaan pesawat dinyatakan sebagai perbedaan antara waktu sebenarnya yang dibutuhkan pesawat untuk melakukan putaran pada *runway* dan waktu yang dibutuhkan pesawat untuk beroperasi tanpa gangguan dari pesawat lain. FAA mendefinisikan *runway* sebagai keseluruhan sistem runway termasuk pendekatan dan *departure airspace*.

Penundaan sistem *runway* dapat dihitung dengan menganalisis setiap konfigurasi pemakaian *runway*. Penundaan *runway* tahunan perlu menetapkan presentase waktu konfigurasi pemakaian *runway* setiap kali digunakan. Umumnya hal ini membutuhkan pengetahuan akan faktor-faktor berikut:

- 1) Kapasitas perjam dari strategi pemakaian *runway* pada kondisi VFR dan IFR
- 2) Pola permintaan pesawat perjam, perhari, perbulan selama tahun design
- 3) Puncak permintaan selama jam yang bersangkutan

- 4) Frekuensi strategi-strategi pemakaian *runway*, kondisi awan, dan kondisi jarak penglihatan

Sejumlah model simulasi Monte Carlo telah dikembangkan untuk estimasi penundaan pesawat terbang. Dengan model seperti itu, tim peneliti menghasilkan serangkaian grafik diterbitkan FAA. Penundaan pesawat dapat diperkirakan untuk berbagai konfigurasi landasan pacu dan kondisi operasi. Prosedur untuk estimasi penundaan perjam adalah sebagai berikut:

- 1) Menghitung ratio permintaan perjam terhadap kapasitas perjam (D/C) untuk komponen *runway*
- 2) Tentukan indeks keterlambatan kedatangan (ADI) dan ideks keterlambatan keberangkatan (DDI) dari grafik indeks penundaan gambar 2.12. Kemampuan *runway* digunakan untuk mengolah operasi pesawat dalam kondisi tertentu dari campuran pesawat, ratio kedatangan / keberangkatan dan permintaan.
- 3) Hitung factor keterlambatan kedatangan (ADF) dengan rumus sebagai berikut:

$$ADF = ADI \times [D/C] \dots\dots\dots(15)$$

- 4) Hitung factor keterlambatan keberangkatan (DDF) dengan rumus sebagai berikut:

$$DDF = DDI \times [D/C] \dots\dots\dots(16)$$

- 5) Tentukan *demand profile factor* yang didefinisikan sebagai persentase permintaan perjam dengan periode 15 menit tersibuk.
- 6) Estimasi delay rata-rata pesawat dari kedatangan dan keberangkatan (DAHA dan DAHD) sesuai gambar 2.13.
- 7) Hitung total keterlambatan pesawat perjam (DTH) dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$DTH = HD\{[PA \times DAHA] + [(1-PA) \times DAHD]\} \dots\dots\dots(17)$$

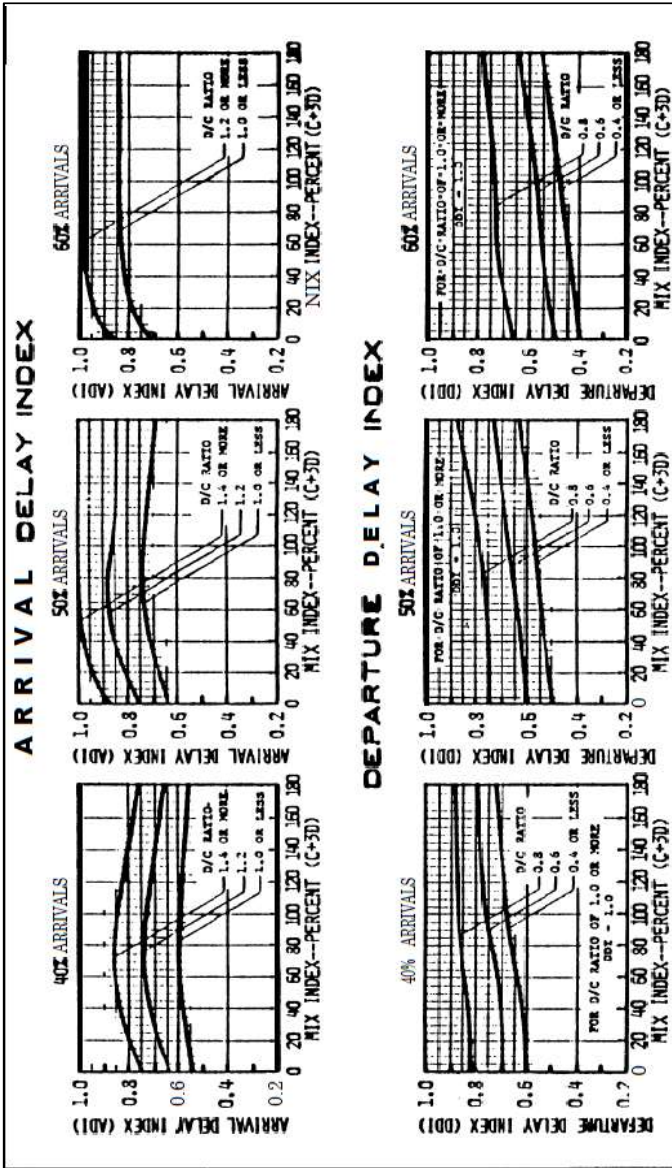
Dengan:

HD = Permintaan perjam dari komponen runway

PA = Persentase kedatangan/100

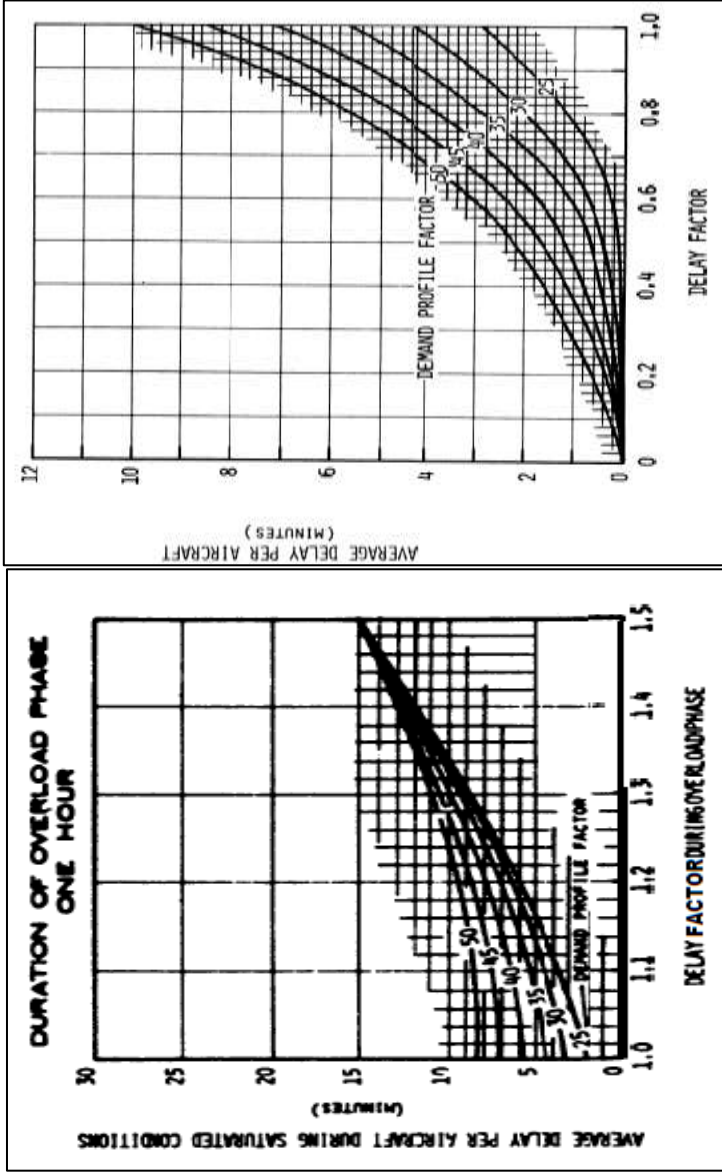
DAHA = Delay kedatangan rata-rata perjam

DAHD = Delay keberangkatan rata-rata perjam



Gambar 2. 12 Arrival Delay Index dan Departure Delay Index  
Sumber :FAA AC:150/5060-5




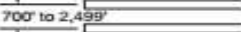
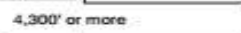

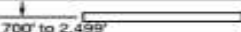
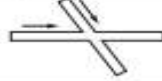




Gambar 2. 13 Delay Rata-rata Pesawat dalam Satu Jam  
 Sumber :FAA AC:150/5060-5

### 2.2.2.5. Kapasitas Runway berdasarkan tabel FAA

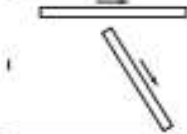

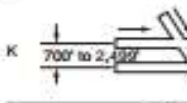
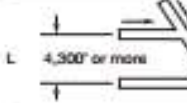
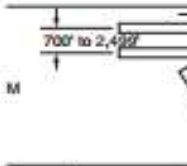
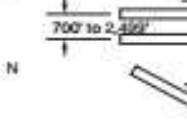
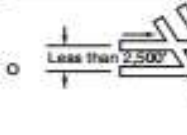
FAA mengklasifikasikan kapasitas per jam *runway* dengan kondisi VFR/IFR, konfigurasi runway dan mix index. Kapasitas *runway* dan volume pelayanan tahunan untuk sejumlah konfigurasi landasan pacu disajikan dalam table 2.1 berikut.

Tabel 2. 1 Kapasitas Esimasi Perjam dan Kapasitas Tahunan Ultimate

Runway Configuration	Mix Index, % (C + 3D)	Hourly Capacity, Operations per Hour		Annual Service Volume, Operations per Year
		VFR	IFR	
A 	0-20	98	59	230,000
	21-50	74	57	195,000
	51-80	63	56	205,000
	81-120	55	53	210,000
	121-180	51	50	240,000
B 	0-20	197	59	359,000
	21-50	145	57	275,000
	51-80	121	56	260,000
	81-120	105	59	285,000
	121-180	94	60	340,000
C 	0-20	197	119	370,000
	21-50	149	114	320,000
	51-80	126	111	305,000
	81-120	111	105	315,000
	121-180	103	99	370,000
D 	0-20	295	62	385,000
	21-50	219	63	310,000
	51-80	184	65	290,000
	81-120	161	70	315,000
	121-180	146	75	385,000
E 	0-20	394	119	715,000
	21-50	290	114	550,000
	51-80	242	111	515,000
	81-120	210	117	565,000
	121-180	189	120	675,000
F 	0-20	98	59	230,000
	21-50	77	57	200,000
	51-80	77	56	215,000
	81-120	76	59	225,000
	121-180	72	60	265,000
G 	0-20	150	59	270,000
	21-50	108	57	225,000
	51-80	85	56	220,000
	81-120	77	59	225,000
	121-180	73	60	265,000
H 	0-20	132	59	260,000
	21-50	99	57	220,000
	51-80	82	56	215,000
	81-120	77	59	225,000
	121-180	73	60	265,000

Sumber : Federal Aviation Association (FAA)

Tabel 2. 2 Kapasitas Estimasi Perjam dan Kapasitas Tahunan Ultimate (Lanjutan)

Runway Configuration	Mix Index, % (C + 3D)	Hourly Capacity, Operations per Hour		Annual Service Volume, Operations per Year
		VFR	IFR	
	0-20	150	59	270,000
	21-50	108	57	225,000
	51-80	85	56	220,000
	81-120	77	59	225,000
	121-180	73	60	265,000
	0-20	132	59	260,000
	21-50	99	57	220,000
	51-80	82	56	215,000
	81-120	77	59	225,000
	121-180	73	60	265,000
	0-20	197	59	355,000
	21-50	145	57	275,000
	51-80	121	56	260,000
	81-120	105	59	285,000
	121-180	94	60	340,000
	0-20	197	119	370,000
	21-50	149	114	320,000
	51-80	126	111	305,000
	81-120	111	105	315,000
	121-180	103	99	370,000
	0-20	295	59	385,000
	21-50	210	57	305,000
	51-80	164	56	275,000
	81-120	146	59	300,000
	121-180	129	60	355,000
	0-20	295	59	385,000
	21-50	210	57	305,000
	51-80	164	56	275,000
	81-120	146	59	300,000
	121-180	129	60	355,000
	0-20	197	59	355,000
	21-50	147	57	275,000
	51-80	145	56	270,000
	81-120	138	59	295,000
	121-180	125	60	350,000

Sumber : Federal Aviation Association (FAA)

### 2.3. Landas hubung (*Taxiway*)

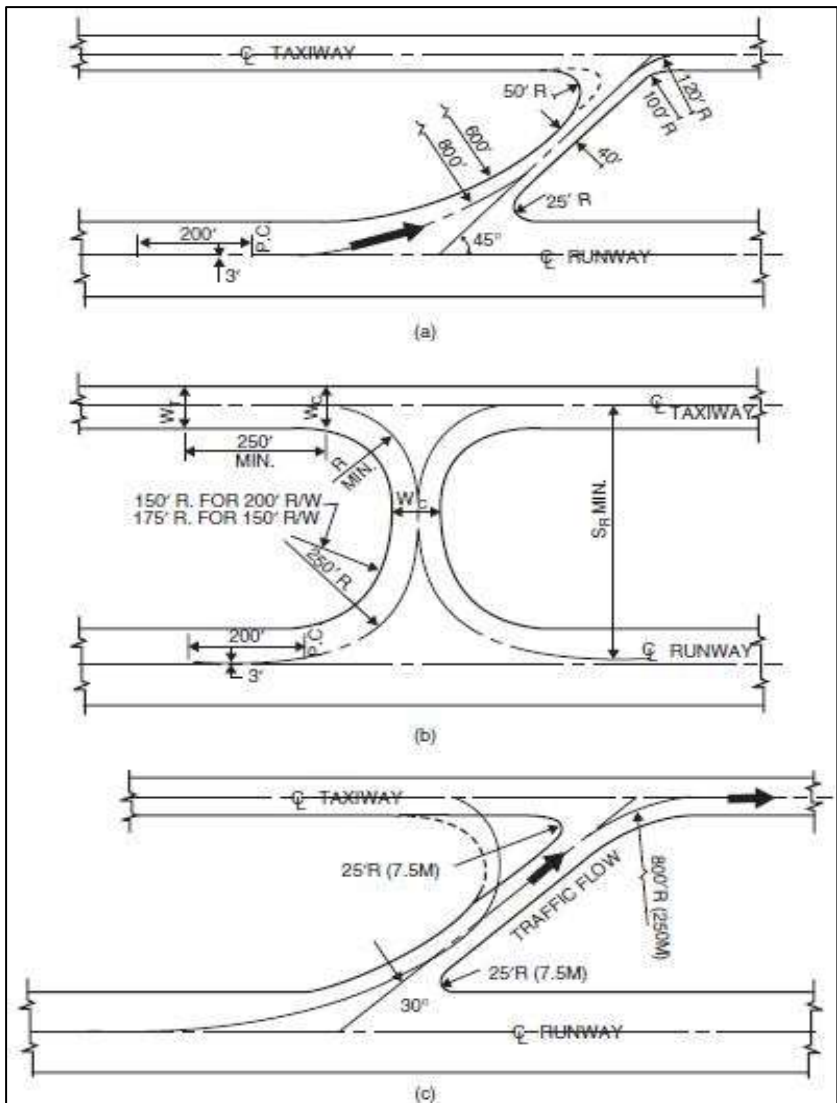
Fungsi utama *taxiway* adalah sebagai jalan keluar masuk pesawat dari landas pacu ke terminal dan sebaliknya atau dari landas pacu ke hangar pemeliharaan. *Taxiway* diatur sedemikian hingga pesawat yang baru saja mendarat tidak mengganggu pesawat lain yang siap menuju landasan pacu. Rute yang dipilih merupakan rute dengan jarak terpendek dari bangunan terminal menuju ujung landasan yang dipakai untuk areal lepas landas.

#### 2.3.1. Perencanaan *Exit Taxiway*

Sistem *runway* sangat dipengaruhi oleh exit *taxiway* dalam hal kapasitas pergerakan maupun delay. Oleh karena itu *exit taxiway* diatur sedemikian sehingga mampu (Horonjeff & McKelvey, 1994):

- 1) Mengatasi pergerakan maksimum yang terjadi dalam kondisi *peak hour*
- 2) Menghasilkan hambatan dan *delay* seminimal mungkin saat proses *landing*, *taxiing*, dan *take off*.
- 3) Menyediakan *taxiway* yang memadai sehingga pesawat landing dapat meninggalkan *runway* dan menuju daerah terminal secepat mungkin

Terdapat 3 tipe sudut *exit taxiway*, yaitu 30°, 45°, 90°. *Exit taxiway* dengan sudut 30° disebut *rapid exit taxiway*. *Lay out* berbagai macam sudut exit *taxiway* dapat dilihat pada gambar 2.14.



Gambar 2. 14 Tipe Exit Taxiway (a)  $45^{\circ}$  (b)  $90^{\circ}$  (c)  $30^{\circ}$   
 Sumber: Ashford

Letak *exit taxiway* pada *runway* dibuat sedemikian rupa sehingga pesawat yang landing secepat mungkin keluar dari *runway* tersebut. Letak *exit taxiway* tergantung pada beberapa faktor yaitu:

a. Jarak dari *threshold* untuk *touchdown*

Jarak dari ujung *runway* ke suatu titik dimana tempat roda pesawat diharapkan menyentuh *runway* saat mendarat (*aiming point*) dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. 3 Letak dan Ukuran Aiming Point Marking

Lokasi Dimensi	Panjang <i>Runway</i> kurang dari 800 m	Panjang <i>Runway</i> 800 m sampai	Panjang <i>Runway</i> 1200 m sampai	Panjang <i>Runway</i> 2400 m
Jarak dari <i>Threshold</i>	150 m	250 m	300 m	400 m
Panjang <i>Stripe</i> (panjang b)	30 m - 45 m	30 m - 45 m	45 m - 60 m	45 m - 60 m
Lebar (c)	4 m	6 m	6m - 10 m	6m - 10 m
Jarak spasi antar <i>stripe</i> bagian dalam (d)	6 m	9 m	16m - 22.5 m	16 m-22.5 m

Sumber : SNI 03- 7095-2005

b. Kecepatan *touchdown* dari pesawat

Pesawat yang berbeda akan *landing* pada kecepatan yang berbeda pula. Oleh karena itu jarak yang diperlukan oleh pesawat yang berbeda untuk mengurangi kecepatannya. Kecepatan *touchdown* dari berbagai kelas pesawat dapat dilihat pada tabel 2.4

c. Kecepatan awal keluar *runway*.

Kecepatan maksimum pesawat dapat membelok dan memasuki *exit taxiway* untuk setiap pesawat adalah terbatas. Pesawat memerlukan panjang *runway* tertentu untuk mengurangi kecepatan *landing* ke kecepatan membelok. Besarnya kecepatan keluar *runway* bergantung pada sudut *exit taxiway* yang direncanakan (seperti tabel 2.4)

d. Perlambatan rata-rata

Proses pendaratan bisa digambarkan sebagai berikut. Pesawat terbang melintasi ambang landasan pacu dan melambat di udara sampai roda pendaratan utama menyentuh

permukaan trotoar. Titik gigi hidung belum melakukan kontak dengan landasan pacu. Ambil selama 3 detik untuk melakukannya. Bila mundur rem atau kombinasi keduanya digunakan untuk mengurangi ke depan kecepatan pesawat untuk keluar dari kecepatan. Analisis empiris telah terungkap bahwa perlambatan rata-rata pesawat udara di landasan pacu sekitar  $5 \text{ ft} / \text{s}^2$ .

Tabel 2. 4 Kecepatan touchdown dan Kecepatan runway

Kategori Pesawat	$V_{td}$ (ft/s)	$V_{td}$ (m/s)	$V_e$ (mph)			$V_e$ (m/s)		
			$30^\circ$	$45^\circ$	$90^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$90^\circ$
A	145	44.20	60	40	15	26.82	17.88	6.71
B	164	49.99	60	40	15	26.82	17.88	6.71
C	202	61.57	60	40	15	26.82	17.88	6.71
D	237	72.24	60	40	15	26.82	17.88	6.71

Sumber : Ashford

Jarak *touchdown* ke lokasi *exit taxiway* ideal dapat diperkirakan dengan formula berikut ini (Ashford dan Wright,1984) :

$$D_2 = \frac{V_{td}^2 - V_e^2}{2a_2} \dots\dots\dots(18)$$

Keterangan :

$D_2$  = Jarak exit taxiway dari titik touchdown (m)

$V_{td}$  = Kecepatan touchdown di runway (m/dt) (dapat dilihat pada tabel 2.2)

$V_e$  = Kecepatan awal keluar runway (m/dt) (dapat dilihat pada tabel 2.2)

$a_2$  = Perlambatan (1.52 m/dt)

Menurut Basuki, 1986 . Jarak titik *touchdown* ke *exit taxiway* harus ditambahkan dengan faktor koreksi elevasi dan faktor koreksi temperatur dengan beberapa ketentuan berikut.

- Untuk setiap penambahan ketinggian 300 m dari MSL perpanjangan sebesar 3%.

$$\text{Faktor koreksi} = 1 + \left(0.03 \left(\frac{h}{300}\right)\right) \dots\dots\dots(19)$$

- Untuk setiap kenaikan suhu 5.6° dari 15°C.

$$Faktor\ koreksi = 1 + \left(0.01 \left(\frac{Suhu - 15}{5.6}\right)\right) \dots\dots\dots (20)$$

Sehingga besarnya D2 terkoreksi yaitu D2 dikalikan faktor koreksi suhu dan faktor koreksi elevasi.

Jarak dari ujung *runway* hingga pesawat mencapai kecepatan keluar di *exit taxiway* (s) adalah sebagai berikut ini (Ashford dan Wright,1984) :

$$S = D_1 + D_2 \text{ terkoreksi} \dots\dots\dots (21)$$

Keterangan :

S = Jarak dari ujung *runway* ke *exit taxiway* (m)

D<sub>1</sub> = Jarak dari ujung *runway* ke titik *touchdown* (m) (pada tabel 2.1)

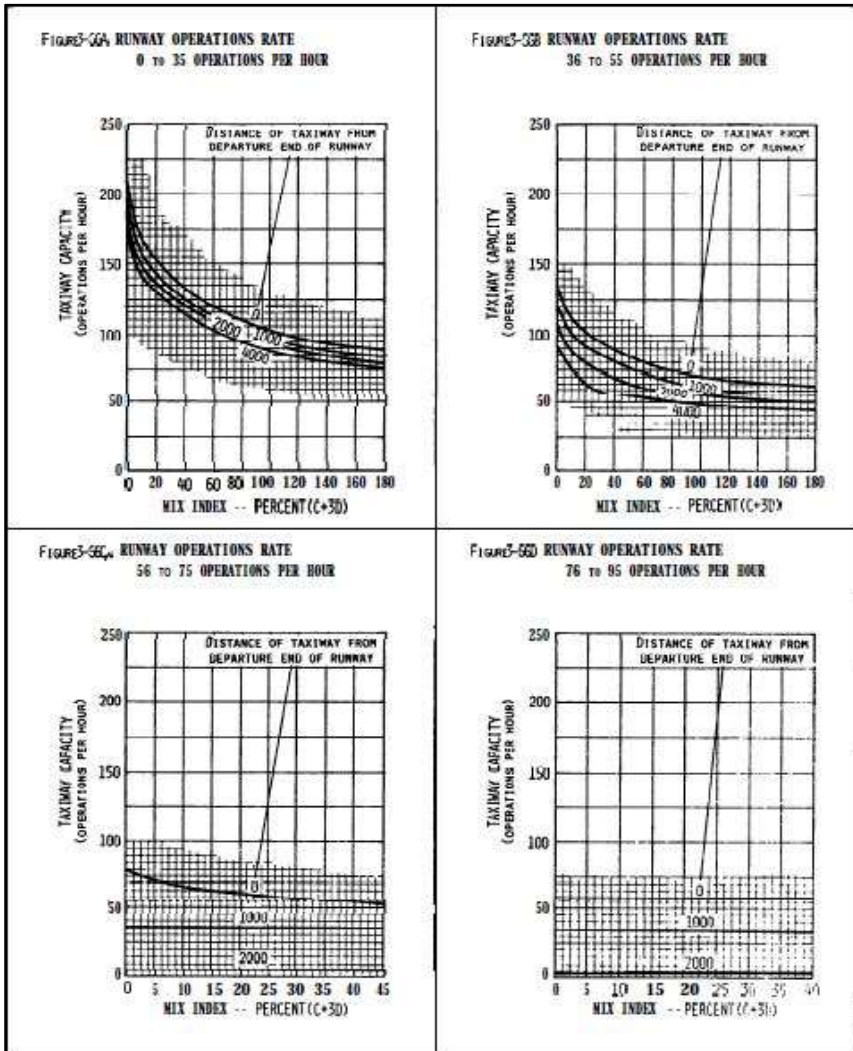
D<sub>2</sub> = Jarak *exit taxiway* dari titik *touchdown* terkoreksi (m)

### 2.3.2. Kapasitas Taxiway

Prosedur dibawah ini digunakan untuk menentukan kapasitas perjam *taxiway* dengan memotong *runway*. Untuk setiap perpotongan *taxiway* dipertimbangkan :

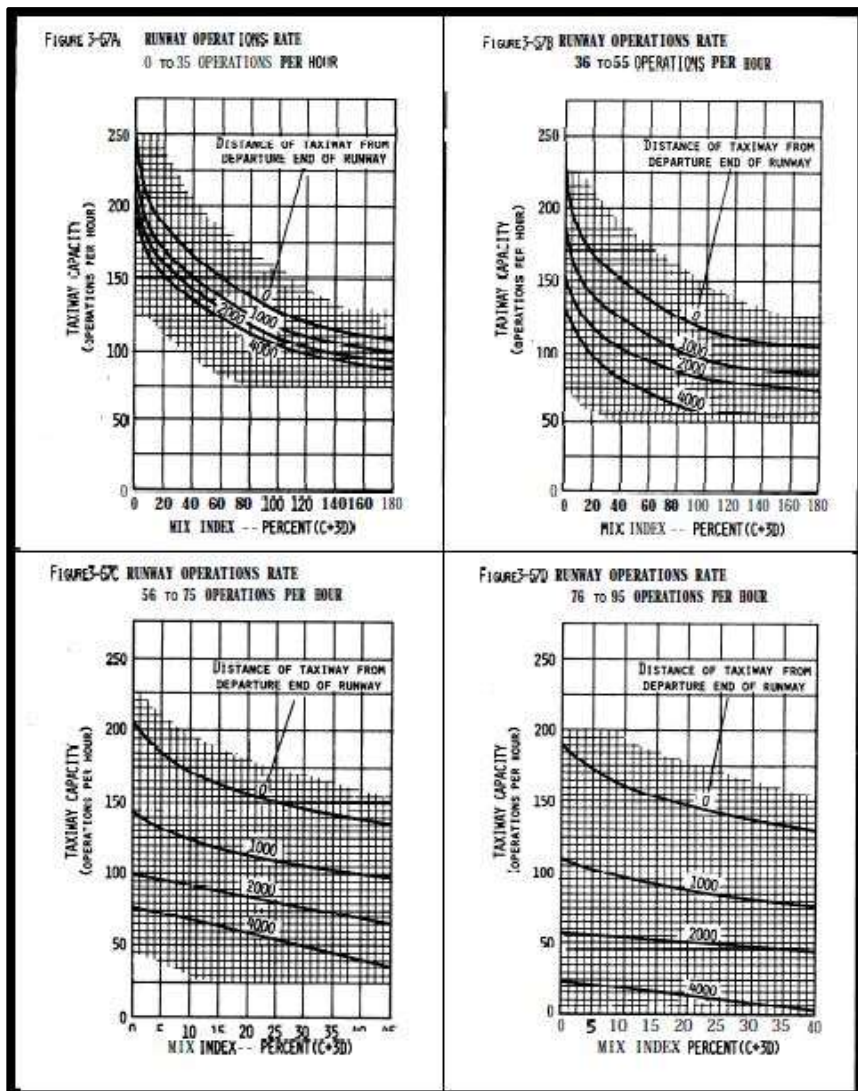
1. Tentukan jarak dari perpotongan *taxiway* ke *threshold* dari aktif *runway*.
2. Perkirakan rata-rata dari operasi aktif *runway* (seperti kedatangan, keberangkatan operasi *touch and go* tiap jam) rata-rata operasi tidak boleh melebihi kapasitas perjam dari *runway*.
3. Tentukan indeks campuran dari aktif *runway*.
4. Jika operasi pada aktif *runway* termasuk keberangkatan tapi tidak kedatangan dan *touch and go* , perkirakan kapasitas perjam sesuai dengan gambar 2.15
5. Jika operasi pada aktif *runway* tidak termasuk keberangkatan, kedatangan dan *touch and go* , perkirakan kapasitas perjam sesuai dengan gambar 2.16





Gambar 2. 15 Kapasitas perjam *Taxiway* dengan pola keberangkatan saja

Sumber : FAA RD-74-124



Gambar 2. 16 Kapasitas perjam *Taxiway* dengan pola kedatangan dan operasi campuran.

Sumber : FAA RD-74-124

## 2.4. Apron

*Apron* merupakan daerah diperkeras yang berfungsi untuk menaik turunkan penumpang dan barang, pengisi bahan bakar, parkir, dan persiapan lapangan terbang sebelum melanjutkan penerbangan. Area ini terdiri dari tempat parkir pesawat (*aircraft gates, aircraft stands, atau ramps*) dan jalur khusus sirkulasi pesawat memasuki/ keluar dari tempat parkir (*taxilane*). Letak *apron* biasanya dekat dengan gedung terminal atau hanggar. Dimensi *apron* bergantung pada :

- a. Ukuran daerah yang diperlukan untuk menempatkan bagi setiap pesawat yang disebut *gate position*.
- b. Jumlah *gate position*.
- c. Lay Out parkir pesawat
- d. Gate Occupancy time

Ukuran *gate position* dipengaruhi oleh :

- a. Ukuran pesawat dan jari-jari perputaran pesawat (*minimum turning radius*)
- b. Cara pesawat masuk dan keluar *gate position* apabila dengan tenaga sendiri atau didorong.
- c. Kedudukan parkir pesawat yang dalam hal ini meliputi ukuran jarak line antara pesawat dengan pesawat dan antara pesawat dengan tepi *apron*.

### 2.4.1. Kapasitas Apron

Perencanaan jumlah *gate* (kapasitas *Apron*) ditentukan berdasarkan perkiraan arus kedatangan dan keberangkatan pesawat tiap jam dalam perencanaan awal. Jumlah *gate* bergantung pada jumlah pesawat yang harus dilayani selama jam pelayanan tiap hari dan total waktu yang diperlukan tiap pesawat selama berada di *gate*. Jumlah *gate* juga bergantung pada kelas pesawat terbang.

Penentuan jumlah *gate position* dapat dihitung berdasarkan perumusan dibawah ini.

$$G = \frac{V \cdot T}{\mu} \dots\dots\dots (22)$$

Keterangan :

G = Jumlah *Gate* (Buah).

V = Volume untuk kedatangan atau keberangkatan (gerakan/jam).

T = *Gate Occupancy Time* (Jam).(Waktu pemakaian apron)

μ = Faktor pemakaian *gate*.

(0.6-0.8) untuk semua jenis perusahaan.

(0.5-0.6) untuk beberapa jenis perusahaan penerbangan.

**2.4.2. Dimensi Gate**

Luas *apron* terdiri dari panjang dan lebar *apron* dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

Panjang Apron(m) = G . 2R + G . C ..... (23)

Lebar Apron (m) = L + W + C ..... (24)

Keterangan :

G = Jumlah *Gate* (m).

R = Radius putar pesawat (ft); dimana R dapat diperoleh dari

$$R = \frac{\text{Wingspan}}{2} + \frac{\text{Wheel base}}{\text{tg } 60^\circ} \dots\dots\dots (25)$$

*Wing span* = *Wing span* tiap pesawat (m).

*Wheel base* = *Wheel base* tiap pesawat (m).

C = Jarak pesawat dan pesawat ke gedung terminal (25 ft-35 ft).

L = Panjang pesawat (ft)

W = Lebar *taxi line* (16 ft untuk pesawat berbadan kecil ; dan 290 ft untuk pesawat berbadan besar).

**2.5. Peramalan Volume Lalu Lintas Udara**

Terdapat beberapa metode dalam peralaman lalu lintas udara. metode tersebut bervariasi mulai dari metode analisa sederhana hingga yang lebih rumit. Metode perkiraan sederhana dilakukan

dengan memperkirakan jumlah pertumbuhan berdasarkan data yang ada tanpa melakukan suatu perhitungan matematis. Metode yang lebih rumit dilakukan dengan memasukkan banyak variabel dalam peramalan pertumbuhan yang dibantu dengan komputer. Beberapa metode yang dapat digunakan antara lain:

### 2.5.1. Regresi linier

Regresi merupakan bentuk fungsional yang menerangkan hubungan antar variabel. Analisa regresi yaitu suatu kajian yang mempelajari antar variabel saling berhubungan, hubungan antar variabel dinyatakan dalam persamaan matematika yang dikenal dengan hubungan fungsional antar variabel. Dalam analisis regresi terdapat dua variabel yaitu variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas adalah variabel yang diasumsikan memberikan pengaruh terhadap variasi variabel terikat dan biasanya diplot pada sumbu datar (sumbu x). Variabel terikat adalah variabel yang akan diestimasi biasanya diplot pada sumbu tegak (sumbu y).

Besarnya regresi linear sederhana dirumuskan dengan rumus :

$$Y = a + b X \dots\dots\dots(26)$$

Dengan :

Y = Nilai estimate variabel terikat.

a = Konstanta (titik perpotongan garis regresi pada sumbu y atau nilai estimate y jika x = 0)

b = Kemiringan (gradien garis regresi (perubahan nilai estimate y persatuan perubahan nilai x)).

X = Nilai variabel bebas.

Penetapan nilai regresi linear sederhana adalah sebagai berikut :

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \dots\dots\dots(27)$$

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \left( \sum_{i=1}^n x_i \right) \left( \sum_{i=1}^n y_i \right)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n x_i \right)^2} \quad \text{Sehingga} \quad a = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} - b \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Dengan :

$n$  = banyak pasangan data

$y_i$  = nilai peubah tak bebas  $Y$  ke  $i$

$x_i$  = nilai peubah  $x$  ke  $i$

## 2.6. Perhitungan Jam Puncak

Perhitungan jam puncak dibutuhkan dalam mengetahui kondisi maksimum pemakaian runway (jam sibuk) dan pergerakan yang terjadi saat jam puncak. Berdasarkan data eksisting jumlah rata-rata pergerakan harian di runway dalam satu tahun dan jumlah rata-rata pergerakan bulanan di runway pada bulan puncak dalam satu tahun dapat dihitung dengan ratio jumlah pergerakan pesawat bulan puncak terhadap jumlah pergerakan pesawat total 1 tahun. Hal tersebut dirumuskan dengan:

$$R \text{ month} = \frac{N \text{ month}}{N \text{ year}} \dots\dots\dots (28)$$

$$R \text{ day} = \frac{N \text{ day}}{N \text{ month}} \dots\dots\dots (29)$$

$$R \text{ hour} = \frac{N \text{ hour}}{N \text{ month}} \dots\dots\dots (30)$$

Dengan :

$R \text{ month}$  = Peak month ratio

$R \text{ day}$  = Peak day ratio

$R \text{ hour}$  = Peak hour ratio

$N \text{ year}$  = Jumlah pergerakan total pesawat di runway dalam 1 tahun.

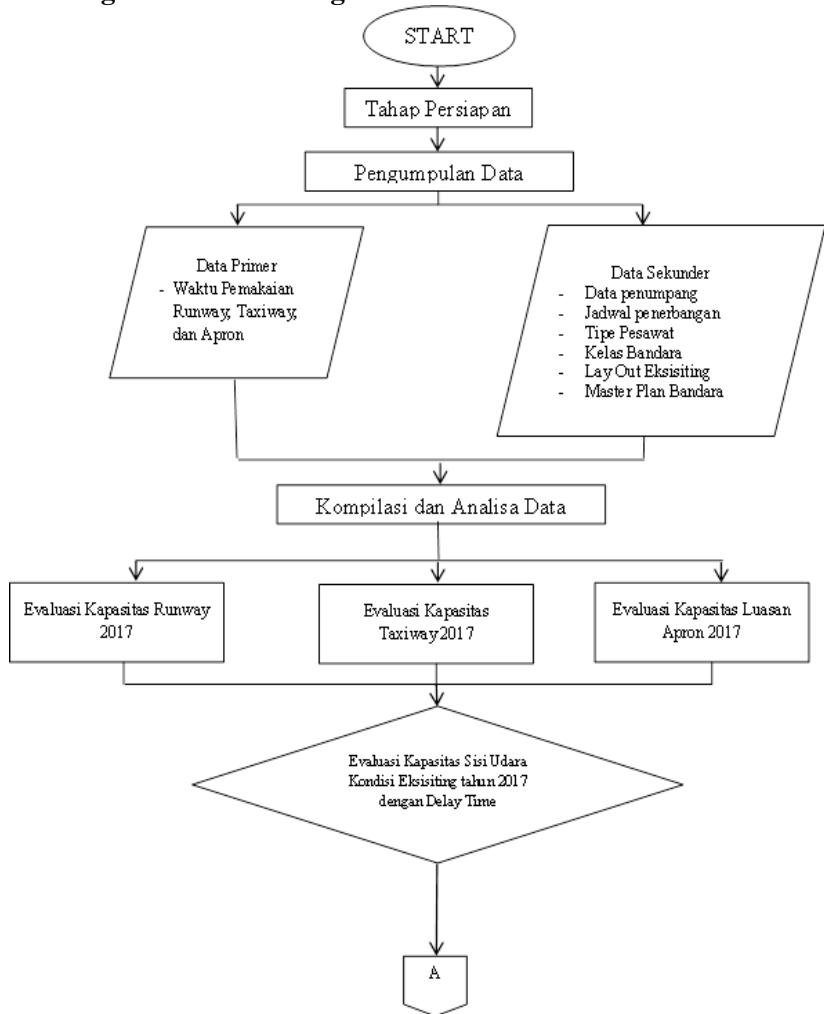
$N \text{ month}$  = Jumlah pergerakan total pesawat di runway saat bulan puncak.

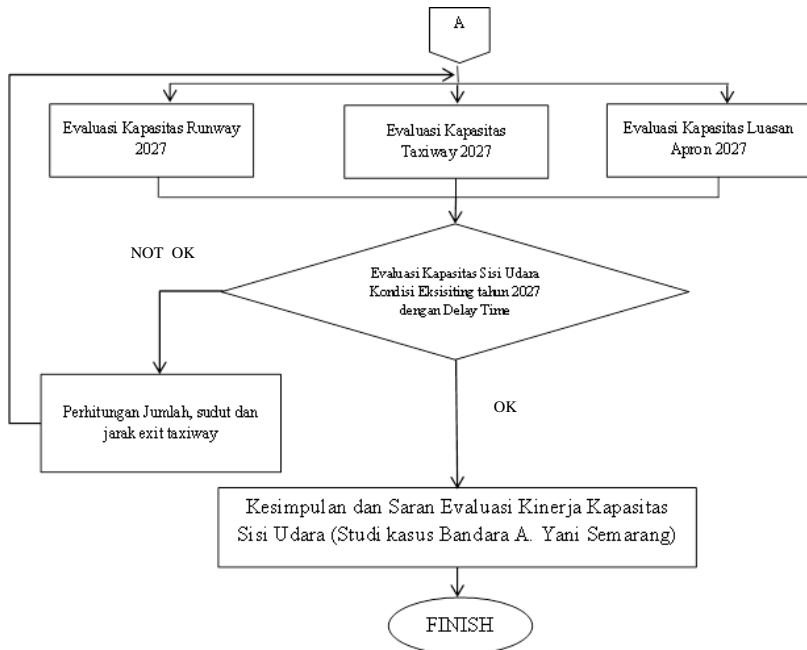
$N \text{ day}$  = Jumlah pergerakan total pesawat di runway dalam 1 hari.

$N \text{ hour}$  = Jumlah pergerakan total pesawat di runway saat jam puncak.

# BAB III METODOLOGI

## 3.1. Bagan Alir Metodologi





### 3.2. Tahap Persiapan

Pekerjaan persiapan untuk penyusunan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi masalah yang terjadi.
2. Mengurus surat-surat yang diperlukan seperti surat pengantar dari Kaprodi Diploma Teknik Sipil ITS.
3. Mencari informasi sekaligus meminta data-data kepada instansi terkait, antara lain: PT. Angkasa Pura I, dan Dinas Perhubungan Udara.
4. Mencari, mengumpulkan dan mempelajari segala bentuk kegiatan yang mendukung dalam penyusunan tugas akhir.

### 3.3. Pengumpulan Data

#### 1. Data Primer

Data primer didapatkan berdasarkan hasil survey lapangan tentang waktu tunggu keberangkatan dan kedatangan; waktu



tunggu pengosongan runway dan taxiway; waktu pemakaian apron di Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang. Survey dilakukan oleh 3 surveyor yaitu dua surveyor untuk mengamati dan mencatat waktu pemakaian *airside* saat keberangkatan dua surveyor mengamati dan mencatat waktu pemakaian *airside* saat kedatangan dengan dua shift yaitu pada 06.00-13.30 WIB dan 13.30-22.00 WIB. Survey dilaksanakan selama 2 hari pada daerah Ruang Apron Movement Control (AMC) agar mencapai nilai rata-rata waktu pemakaian *airside* yang diperlukan. Pada survey, surveyor mengisi form survey yaitu :

FORM SURVEY											
Hari/ Tanggal :											
Periode Waktu :											
Surveyor :											
Lokasi :											
No	Actual Time Jam : Menit	Maskapai Penerbangan	Tipe Pesawat	Kelas Pesawat	T/L	Arah T/L (B/T)	Waktu T/L	Waktu Masuk Taxiway	Waktu Buka Gate- Tutup Gate	Waktu Pemakaian Apron	Waktu Pemakaian Sisi Udara
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

- Kolom 1  
Nomor urut pergerakan.
- Kolom 2  
Waktu (jam dan menit) pesawat mulai bergerak untuk take off atau mulai touchdown untuk landing. Data ini untuk melihat jam take off/ landing pesawat.
- Kolom 3  
Maskapai penerbangan  
Data ini diperlukan untuk mengetahui tipe pesawat yang digunakan.
- Kolom 4  
Tipe pesawat  
Tipe pesawat yang melakukan pergerakan pada saat pengamatan. Tipe pesawat ini dapat diketahui dari jadwal penerbangan maskapai penerbangan.

- Kolom 5  
Kelas Pesawat  
Kelas pesawat merupakan pengelompokan kelas pesawat berdasarkan tipe pesawat dan berat pesawat.
- Kolom 6  
Take Off (T) atau /Landing (L)  
T/L diperlukan untuk mengetahui pergerakan pesawat saat pengamatan.
- Kolom 7  
Arah Take Off / Landing  
Arah pesawat melakukan take off / landing yaitu Barat (B) atau Timur (T). Data ini diperlukan untuk menentukan arah dominan sehingga dapat merencanakan letak exit taxiway.
- Kolom 8  
Waktu Take Off/ Landing merupakan waktu sejak pesawat touch down hingga memasuki taxiway. Dan jika landing, waktu setelah keluar taxiway hingga take off
- Kolom 9  
Waktu Masuk Taxiway  
Waktu Masuk Taxiway merupakan waktu pesawat memasuki taxiway dalam satuan menit dan detik.
- Kolom 10  
Waktu Buka Gate – Tutup Gate  
Waktu Buka –Tutup gate merupakan waktu penumpang memasuki pesawat.
- Kolom 11  
Waktu Pemakaian Apron  
Waktu pemakaian apron merupakan waktu sejak pesawat memasuki apron hingga pesawat bersiap melakukan penerbangan selanjutnya.
- Kolom 12  
Waktu Pemakaian Sisi Udara  
Waktu pemakaian sisi udara merupakan waktu total pesawat menggunakan fasilitas sisi udara (8+9+10+11).

## 2. Data Sekunder

- a Data Sekunder bersumber dari PT. Angkasa Pura I, data yang didapatkan adalah:
  - Data Kelas Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang
  - Jadwal penerbangan Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang.
  - Gambar Lay out eksisting Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang.
  - Data elevasi/ ketinggian dan luasan sisi udara Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang
- b Data sekunder bersumber dari Kantor Cabang Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang, data yang di dapatkan adalah :
  - Data tipe pesawat dan pergerakan pesawat, penumpang dan barang per tahun.
  - Data annual departure pesawat Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang tahun 2010-2015.
  - Gambar lay out master plan 2017 Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang
- c Data sekunder bersumber dari Badan Meteorologi dan Geofisika Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang, data yang di dapatkan adalah :
  - Data suhu Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang tahun 2017

## 3. Kompilasi dan analisa data

Setelah dilakukan pencarian data untuk kondisi eksisting tahun 2017 maka dilanjutkan ke perhitungan jam puncak dan peramalan pertumbuhan lalu-lintas udara pada tahun 2027. Peramalan pertumbuhan lalu lintas udara pada tahun 2027 dibutuhkan untuk mengevaluasi kinerja sisi udara tahun 2027 akibat penambahan jumlah pergerakan pesawat total dimasa yang akan datang.

### **3.4. Evaluasi Kapasitas Sisi Udara**

Berdasarkan data-data yang diperoleh maka dapat dilakukan perhitungan untuk :

1. Evaluasi Kapasitas Eksisting Sisi Udara tahun 2017 yang terdiri dari:
  - a Evaluasi kapasitas eksisting runway yang berhubungan dengan delay (menggunakan metode *Mathematical Formulation of Ultimate Capacity* dan total delay dalam satu jam) sesuai tinjauan pustaka 2.2.2. Hasil kapasitas eksisting runway dibandingkan dengan kapasitas ijin FAA, perkiraan demand dan waktu pelayanan yang ada dibandingkan dengan waktu pelayanan yang dianjurkan FAA.
  - b Evaluasi kapasitas eksisting *taxiway* (menggunakan metode FAA) sesuai tinjauan pustaka 2.3.2.
  - c Evaluasi kapasitas luasan *apron* tahun 2017 (menggunakan metode FAA) sesuai tinjauan pustaka 2.4. Hasil kapasitas, berupa jumlah gate dan luasan apron dibandingkan dengan jumlah gate dan luasan apron yang ada.
2. Evaluasi Kapasitas Sisi Udara akibat penambahan jumlah pergerakan pesawat total tahun 2027 yang terdiri dari:
  - a Evaluasi kapasitas *runway* yang berhubungan dengan delay tahun 2027 (menggunakan metode *Mathematical Formulation of Ultimate Capacity* dan total *delay* dalam satu jam) sesuai tinjauan pustaka 2.2.2. Hasil kapasitas runway tahun 2027 dibandingkan dengan kapasitas ijin FAA, perkiraan demand dan waktu pelayanan yang ada dibandingkan dengan waktu pelayanan yang dianjurkan FAA.
  - b Evaluasi kapasitas *taxiway* tahun 2027 (menggunakan metode FAA) sesuai tinjauan pustaka 2.3.2.
  - c Evaluasi kapasitas luasan apron tahun 2027 (menggunakan metode FAA) sesuai tinjauanpustaka 2.4. Hasil kapasitas, berupa jumlah gate dan luasan apron dibandingkan dengan jumlah gate dan luasan apron yang ada.
3. Apabila kapasitas salah satu dari runway, taxiway dan apron melebihi kapasitas sesuai standart maka perlu diadakan

evaluasi letak, jumlah dan sudut exit taxiway tahun 2027 berdasarkan standart ICAO sesuai tinjauan pustaka 2.3.1.

### **3.5. Kesimpulan dan saran**

Sesuai dengan tahapan-tahapan yang telah dilakukan sebelumnya dapat dilakukan penarikan kesimpulan atas kondisi kapasitas sisi udara eksisting tahun 2017 dan pada tahun 2027 yang akan datang. Demikian juga dapat disusun masukan beserta saran pengembangan sisi udara di masa yang akan datang.

## **BAB IV**

### **PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

Bab pengumpulan dan pengolahan data membahas tentang kumpulan data- data yang akan dipakai serta cara pengolahan baik data primer maupun data sekunder. Data primer yaitu hasil survey pencatatan penggunaan sisi udara (runway, taxiway dan apron) di Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang. Data sekunder yaitu data-data yang didapatkan dari PT. Angkasa Pura I (Persero) meliputi jadwal penerbangan, laporan pergerakan operasional bandara dan gambar-gambar.

#### **4.1. Analisa Pergerakan Eksisting Pesawat**

Data pergerakan eksisting pesawat terbang diperoleh dari PT. Angkasa Pura I (persero) Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang. Data pergerakan menunjukkan peningkatan pergerakan dari tahun ke tahun sehingga akan berpengaruh terhadap kinerja bandara tersebut. Data pergerakan pesawat yang digunakan untuk memberikan gambaran pergerakan pesawat di runway setiap bulan selama setahun dan peramalan volume lalu lintas udara untuk tahun 2027 yaitu data pergerakan tahun 2011 hingga tahun 2016 Bandara Ahmad Yani. Data tersebut terdiri dari jumlah pergerakan kedatangan dan keberangkatan domestik maupun internasional. Pertumbuhan pergerakan pesawat tahun 2011-2016 dapat dilihat dari tabel 4.1. hingga tabel 4.6.

Tabel 4. 1 Pergerakan pesawat tahun 2011

No	Bulan	Pergerakan Tahun 2011						Total
		Domestik (D)			Internasional (I)			
		Arr	Dep	Tot	Arr	Dep	Total	
1	Januari	854	856	1.710	25	24	49	1.759
2	Februari	820	818	1.638	20	20	40	1.678
3	Maret	1.135	1.134	2.269	19	20	39	2.308
4	April	1.150	1.147	2.297	19	19	38	2.335
5	Mei	1.107	1.102	2.209	21	21	42	2.251
6	Juni	989	992	1.981	21	21	42	2.023
7	July	1.166	1.166	2.332	24	23	47	2.379
8	Agustus	989	983	1.972	23	22	45	2.017
9	September	1.131	1.130	2.261	21	22	43	2.304
10	Oktober	1.171	1.165	2.336	24	25	49	2.385
11	Nopember	1.062	1.060	2.122	21	21	42	2.164
12	Desember	1.103	1.104	2.207	23	22	45	2.252
Total		12.677	12.657	25.334	261	260	521	25.855

Sumber: PT. Angkasa Pura I

Tabel 4. 2 Pergerakan pesawat tahun 2012

No	Bulan	Pergerakan Tahun 2012						Total
		Domestik (D)			Internasional (I)			
		Arr	Dep	Tot	Arr	Dep	Total	
1	Januari	1.099	1.094	2.193	20	21	41	2.234
2	Februari	1.108	1.108	2.216	44	44	88	2.304
3	Maret	1.358	1.358	2.716	51	51	102	2.818
4	April	1.432	1.428	2.860	53	52	105	2.965
5	Mei	1.408	1.418	2.826	50	50	100	2.926
6	Juni	1.349	1.335	2.684	50	51	101	2.785
7	July	1.241	1.238	2.479	50	48	98	2.577
8	Agustus	1.405	1.408	2.813	52	50	102	2.915
9	September	1.525	1.524	3.049	50	48	98	3.147
10	Oktober	1.346	1.338	2.684	50	50	100	2.784
11	Nopember	1.308	1.301	2.609	53	53	106	2.715
12	Desember	1.326	1.326	2.652	48	48	96	2.748
Total		15.905	15.876	31.781	571	566	1.137	32.918

Sumber: PT. Angkasa Pura I

Tabel 4. 3 Pergerakan pesawat tahun 2013

No	Bulan	Pergerakan Tahun 2013						
		Domestik (D)			Internasional (I)			Total
		Arr	Dep	Tot	Arr	Dep	Total	
1	Januari	1.347	1.346	2.693	39	38	77	2.770
2	Februari	1.243	1.238	2.481	34	33	67	2.548
3	Maret	1.315	1.313	2.628	39	38	77	2.705
4	April	1.335	1.355	2.690	42	41	83	2.773
5	Mei	1.366	1.348	2.714	38	37	75	2.789
6	Juni	1.315	1.317	2.632	45	46	91	2.723
7	July	1.314	1.309	2.623	50	49	99	2.722
8	Agustus	1.448	1.462	2.910	59	60	119	3.029
9	September	1.477	1.474	2.951	64	63	127	3.078
10	Oktober	1.492	1.478	2.970	57	57	114	3.084
11	Nopember	1.342	1.339	2.681	55	56	111	2.792
12	Desember	1.368	1.385	2.753	66	66	132	2.885
Total		16.362	16.364	32.726	588	584	1.172	33.898

Sumber: PT. Angkasa Pura I

Tabel 4. 4 Pergerakan pesawat tahun 2014

No	Bulan	Pergerakan Tahun 2014						
		Domestik (D)			Internasional (I)			Total
		Arr	Dep	Tot	Arr	Dep	Total	
1	Januari	1.251	1.242	2.493	61	61	122	2.615
2	Februari	1.083	1.079	2.162	48	50	98	2.260
3	Maret	1.471	1.476	2.947	67	67	134	3.081
4	April	1.621	1.611	3.232	62	62	124	3.356
5	Mei	1.777	1.806	3.583	76	77	153	3.736
6	Juni	1.929	1.933	3.862	59	59	118	3.980
7	July	2.179	2.158	4.337	59	60	119	4.456
8	Agustus	2.752	2.740	5.492	49	48	97	5.589
9	September	2.417	2.451	4.868	53	51	104	4.972
10	Oktober	2.832	2.832	5.664	54	55	109	5.773
11	Nopember	3.500	3.499	6.999	48	49	97	7.096
12	Desember	2.685	2.690	5.375	51	53	104	5.479
Total		25.497	25.517	51.014	687	692	1.379	52.393

Sumber: PT. Angkasa Pura I



Tabel 4. 5 Pergerakan pesawat tahun 2015

No	Bulan	Pergerakan Tahun 2015						Total
		Domestik (D)			Internasional (I)			
		Arr	Dep	Tot	Arr	Dep	Total	
1	Januari	2.177	2.201	4.378	52	51	103	4.481
2	Februari	1.668	1.670	3.338	45	45	90	3.428
3	Maret	2.001	2.016	4.017	52	55	107	4.124
4	April	2.207	2.195	4.402	47	50	97	4.499
5	Mei	2.509	2.506	5.015	50	51	101	5.116
6	Juni	2.142	2.148	4.290	50	51	101	4.391
7	July	1.974	1.972	3.946	57	55	112	4.058
8	Agustus	3.035	3.033	6.068	51	53	104	6.172
9	September	2.454	2.474	4.928	47	48	95	5.023
10	Oktober	2.462	2.465	4.927	52	51	103	5.030
11	Nopember	2.672	2.669	5.341	48	48	96	5.437
12	Desember	2.613	2.616	5.229	50	51	101	5.330
Total		27.914	27.965	55.879	601	609	1.210	57.089

Sumber: PT. Angkasa Pura I

Tabel 4. 6 Pergerakan pesawat tahun 2016

No	Bulan	Pergerakan Tahun 2016						Total
		Domestik (D)			Internasional (I)			
		Arr	Dep	Tot	Arr	Dep	Total	
1	Januari	2.408	2.406	4.814	52	53	105	4.919
2	Februari	2.231	2.232	4.463	49	49	98	4.561
3	Maret	2.546	2.549	5.095	48	50	98	5.193
4	April	2.843	2.854	5.697	52	53	105	5.802
5	Mei	2.988	2.996	5.984	60	60	120	6.104
6	Juni	2.023	2.028	4.051	55	54	109	4.160
7	July	1.991	1.990	3.981	57	56	113	4.094
8	Agustus	2.197	2.196	4.393	54	55	109	4.502
9	September	2.545	2.541	5.086	47	47	94	5.180
10	Oktober	3.083	3.082	6.165	56	55	111	6.276
11	Nopember	2.600	2.608	5.208	53	55	108	5.316
12	Desember	2.942	2.932	5.874	52	51	103	5.977
Total		30.397	30.414	60.811	635	638	1.273	62.084

Sumber: PT. Angkasa Pura I



Gambar 4. 1 Grafik Pergerakan Pesawat Tahun 2011-2016

Gambar 4.1 menunjukkan rekap data bahwa data pergerakan pesawat di Bandara Ahmad Yani cenderung tidak stabil namun mayoritas mengalami peningkatan.

#### 4.2. Survey Data Primer

Survey data primer dilakukan untuk mengamati langsung pergerakan pesawat di sisi udara Bandara Ahmad Yani Semarang. Survey dilakukan selama 2 hari yaitu hari dengan pergerakan terbanyak dalam satu minggu (hari sibuk) dan hari dengan pergerakan lain dalam satu minggu pada jam 05.00-22.00 WIB di Ruang Apron Movement Control Bandara Ahmad Yani Semarang. Data-data yang dicatat adalah Maskapai, No.penerbangan, tipe pesawat, arah take off dan landing, waktu take off/landing, waktu memasuki taxiway, waktu masuk apron. Data paling penting dalam survey ini yaitu waktu take off/landing, waktu memasuki taxiway, waktu masuk apron (untuk menghitung kapasitas sisi udara). hasil Survey pada tanggal 17 Maret 2017 dapat dilihat pada tabel 4.7. Data selengkapnya mengenai hasil survey data primer terlampir.

Tabel 4. 7 Hasil Survey 17 Maret 2017

No	Actual Time Jam : Menit	Maskapai Penerbangan	Tipe Pesawat	Kelas Pesawat	T/L	Arah T/L (B/T)	Waktu T/L	Waktu Masuk / Keluar Runway	Waktu Masuk Taxiway	Waktu Keluar Taxiway	Waktu Pemakaian Apron
1	2	3	4	5	6	7	8		9		11
1		WONI802	ATR 72	B	T	31	5:55:15	5:53:15	5:52:00		
2		CTV1116	A320	C	L	13	6:07:58		6:09:48	6:10:40	6:36:29
3		BTK6339	A320	C	T	31	6:11:02	6:09:22	6:08:32		
4		NIH221	B735	C	T	31	6:15:53	6:13:53	6:12:55		
5		BTK6342	A320	C	L	13	6:21:29		6:22:29	6:23:19	6:47:05
6		GIA231	B738	D	T	31	6:25:45	6:23:45	6:22:53		
7		WONI800	ATR 72	B	T	13	6:30:55	6:28:55	6:27:42		
8		GIA230	B738	D	L	13	6:33:51		6:34:54	6:35:48	7:02:09
9		LNI625	B738	D	L	13	6:57:27		6:58:35	6:59:30	7:21:47
10		CTV1117	A320	C	T	31	7:07:48	7:06:08	7:05:18		6:36:29 7:05:18
11		BTK6343	A320	C	T	31	7:16:18	7:14:38	7:13:48		6:47:05 7:13:48
12		GIA233	B738	D	T	31	7:35:14	7:33:14	7:32:19		7:02:09 7:32:19
13		KLS602	E195	B	L	13	7:47:43		7:49:23	7:50:28	8:02:28
14		LNI624	B738	D	T	31	7:50:39	7:48:02	7:44:57		7:21:47 7:44:57
15		PELITA B430		A	L		8:03				
16		WONI807	ATR 72	B	L	13	8:05:34		8:06:54	8:08:07	8:27:24
17		SFY224	B735	C	L	13	8:08:03		8:09:23	8:10:33	8:30:35
18		CTV964	A320	C	L	13	8:14:42		8:15:42	8:16:32	8:52:17
19		KLS603	E195	B	T	13	8:20:33	8:18:33	8:17:28		8:02:28 8:17:28
20		AXM328	A320	C	L	13	8:26:07		8:27:07	8:27:59	8:48:45

Sumber: Hasil Survey

### **4.3. Peramalan Volume Lalu Lintas Udara**

Peramalan volume lalu lintas udara sangat diperlukan untuk mengantisipasi jumlah permintaan pesawat yang ada pada suatu bandara. Hasil peramalan tersebut akan digunakan untuk menganalisa kapasitas sisi udara yang akan dibahas pada bab selanjutnya. Peramalan volume lalu lintas udara eksisting dan 10 tahun mendatang dihitung menggunakan regresi dan ratio. Ratio tersebut terdiri dari ratio bulan puncak, ratio hari tersibuk dan ratio jam puncak.

#### **4.3.1. Perhitungan Jam Puncak**

Volume jam puncak yaitu volume pergerakan pesawat maksimum pada saat tertentu. Perhitungan jam puncak dibutuhkan dalam menghitung ratio jam puncak saat pergerakan maksimum pada sisi udara terjadi. Sebelum menghitung *peak hour ratio* terlebih dulu harus menghitung *peak day ratio* dan *peak month ratio*.

Bulan puncak merupakan bulan dengan total jumlah pergerakan terbanyak dalam satu tahun. Bulan puncak ditentukan untuk mendapatkan *peak month ratio* historis serta perkiraan jumlah pergerakan pada bulan puncak tahun rencana. Data pergerakan bulan puncak berdasarkan laporan tahunan pergerakan lalu lintas udara pada Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang. Tabel 4.8 akan menunjukkan pergerakan pesawat maksimum pada bulan puncak tahun 2011-2016 yaitu 7096 pergerakan.

Tabel 4. 8 Jumlah Pergerakan Bulan Puncak Tahun 2011-2016

No	Bulan	Total Pergerakan					
		2011	2012	2013	2014	2015	2016
1	Januari	1.759	2.234	2.770	2.615	4.481	4.919
2	Februari	1.678	2.304	2.548	2.260	3.428	4.561
3	Maret	2.308	2.818	2.705	3.081	4.124	5.193
4	April	2.335	2.965	2.773	3.356	4.499	5.802
5	Mei	2.251	2.926	2.789	3.736	5.116	6.104
6	Juni	2.023	2.785	2.723	3.980	4.391	4.160
7	July	2.379	2.577	2.722	4.456	4.058	4.094
8	Agustus	2.017	2.915	3.029	5.589	6.172	4.502
9	September	2.304	3.147	3.078	4.972	5.023	5.180
10	Oktober	2.385	2.784	3.084	5.773	5.030	6.276
11	Nopember	2.164	2.715	2.792	7.096	5.437	5.316
12	Desember	2.252	2.748	2.885	5.479	5.330	5.977
Total		25.855	32.918	33.898	52.393	57.089	62.084

Catatan baris yang diarsir merupakan bulan puncak pergerakan

Sumber: PT. Angkasa Pura I

Perhitungan *peak month ratio* diperoleh dari membandingkan pergerakan bulan dengan total pergerakan pesawat tahun tersebut. Contoh perhitungan mendapatkan *peak month ratio* sebagai berikut:

- Jumlah pergerakan bulan Nopember tahun 2014 adalah 7096 dengan total pergerakan 52393.
- Ratio bulan Nopember 2014 adalah jumlah total pergerakan pesawat bulan januari dibagi dengan jumlah total pergerakan pesawat tahun 2014

$$\begin{aligned}
 R_{\text{month}} &= \frac{N_{\text{month}}}{N_{\text{year}}} \dots\dots\dots (28) \\
 &= \frac{7096}{52393} \\
 &= 0,14
 \end{aligned}$$

Perhitungan ratio bulan lain tahun 2011-2016 dilakukan dengan cara yang sama, hasil perhitungan (Seperti tabel 4.9).

Tabel 4. 9 Ratio Pergerakan Bulanan Tiap 1 Tahun

No	Bulan	Total Pergerakan										Ratio				
		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2011	2012	2013	2014	2015	2016			
1	Januari	1759	2234	2770	2615	4481	4919	0.07	0.07	0.08	0.05	0.08	0.08			
2	Februari	1678	2304	2548	2260	3428	4561	0.06	0.07	0.08	0.04	0.06	0.07			
3	Maret	2308	2818	2705	3081	4124	5193	0.09	0.09	0.08	0.06	0.07	0.08			
4	April	2335	2965	2773	3356	4499	5802	0.09	0.09	0.08	0.06	0.08	0.09			
5	Mei	2251	2926	2789	3736	5116	6104	0.09	0.09	0.08	0.07	0.09	0.10			
6	Juni	2023	2785	2723	3980	4391	4160	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07			
7	July	2379	2577	2722	4456	4058	4094	0.09	0.08	0.08	0.09	0.07	0.07			
8	Agustus	2017	2915	3029	5589	6172	4502	0.08	0.09	0.09	0.11	0.11	0.07			
9	September	2304	3147	3078	4972	5023	5180	0.09	0.10	0.09	0.09	0.09	0.08			
10	Oktober	2385	2784	3084	5773	5030	6276	0.09	0.08	0.09	0.11	0.09	0.10			
11	November	2164	2715	2792	7096	5437	5316	0.08	0.08	0.08	0.14	0.10	0.09			
12	Desember	2252	2748	2885	5479	5330	5977	0.09	0.08	0.09	0.10	0.09	0.10			
	Total	25855	32918	33898	52393	57089	62084	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00			

Sumber: Hasil Perhitungan

Tahun 2011 bulan puncak terjadi pada bulan Oktober dengan ratio sebesar 0.09, selanjutnya bulan puncak terjadi bervariasi sehingga untuk *peak month ratio* dipilih dari ratio maksimum.

❖ Ratio maksimum dari hasil perhitungan tabel 4.8. yaitu 0.14

Setelah menghitung *peak month ratio* maka dapat dilakukan perhitungan *peak day ratio*. Hari tersibuk ditentukan untuk mendapatkan *peak day ratio* kondisi eksisting serta perkiraan jumlah pergerakan pada hari tersibuk bulan puncak tahun rencana. Data hari pergerakan pesawat tersibuk dapat dicari dengan menggunakan jadwal penerbangan bulan Januari – Maret 2017 Bandara Ahmad Yani Semarang. Jadwal penerbangan bulan Januari 2017 dapat dilihat pada tabel 4.10 dan 4.11 berikut.

Tabel 4. 10 Jadwal Penerbangan Bulan Januari – Maret 2017

No	ARRIVAL				DEPARTURE			
	FLIGHT NO	TIME	FROM	D.O.S	FLIGHT NO	TIME	TO	
1	XRON				GIA231	6:00	JAKARTA (CGK)	Daily
2	GIA230	6:50	JAKARTA (CGK)	Daily	GIA233	7:40	JAKARTA (CGK)	Daily
3	GIA368	9:40	SUB-MAKASSAR	Daily	GIA364	10:20	SUB-LOMBOK	Daily
4	GIA232	9:05	JAKARTA (CGK)	Daily	GIA235	9:55	JAKARTA (CGK)	Daily
5	GIA234	10:50	JAKARTA (CGK)	Daily	GIA237	11:35	JAKARTA (CGK)	3,5,7
6	GIA7526	12:25	PANGKALANBUN	3,5,7	GIA7527	12:55	PANGKALANBUN	Daily
7	GIA236	13:00	JAKARTA (CGK)	Daily	GIA239	13:50	JAKARTA (CGK)	Daily
8	GIA446	13:30	DENPASAR	Daily	GIA447	14:15	DENPASAR	Daily
9	GIA238	14:40	JAKARTA (CGK)	Daily	GIA241	15:30	JAKARTA (CGK)	Daily
10	GIA240	15:35	JAKARTA (CGK)	Daily	GIA243	16:25	JAKARTA (CGK)	Daily
11	GIA365	16:35	SUB-LOMBOK	Daily	GIA367	17:15	SUB-MAKASSAR	Daily
12	GIA242	16:55	JAKARTA (CGK)	Daily	GIA245	17:45	JAKARTA (CGK)	Daily
13	GIA244	18:35	JAKARTA (CGK)	Daily	GIA247	19:25	JAKARTA (CGK)	Daily
14	GIA246	20:40	JAKARTA (CGK)	Daily	RON			
15	CTV116	6:20	HALIM	Daily	CTV117	6:50	HALIM	Daily
16	CTV964	8:35	JAKARTA (CGK)	Daily	CTV965	9:15	JAKARTA (CGK)	Daily
17	CTV120	12:30	HALIM	Daily	CTV121	13:00	HALIM	Daily
18	CTV9315	16:05	HALIM	Daily	CTV9316	16:35	HALIM	Daily
19	CTV966	18:15	JAKARTA (CGK)	Daily	CTV967	18:50	JAKARTA (CGK)	Daily
20	AXM328	8:30	KUALA LUMPUR	1,3,5,7	AXM329	9:00	KUALA LUMPUR	1,3,5,7
21	AWQ663	15:30	SINGAPURA	1,3,5,7	AWQ662	16:00	SINGAPURA	1,3,5,7
22	SLK102	10:05	SINGAPURA	1,5	SLK101	10:50	SINGAPURA	1,5
23	SLK104	15:05	SINGAPURA	3,7	SLK103	15:50	SINGAPURA	3,7

Sumber: PT. Angkasa Pura I

Tabel 4. 11 Jadwal Penerbangan Bulan Januari – Maret 2017 (lanjutan)

No	ARRIVAL				DEPARTURE			
	FLIGHT NO	TIME	FROM	D.O.S	FLIGHT NO	TIME	TO	
24	SJY224	8:15	JAKARTA (CGK)	Daily	SJY224	8:45	SURABAYA	Daily
25	SJY225	11:35	SURABAYA	Daily	SJY225	12:05	JAKARTA (CGK)	Daily
26	SJY227	19:30	SURABAYA	1,3,5,7	SJY226	20:00	SURABAYA	1,3,5,7
27	XRON				NIH221	6:10	JAKARTA (CGK)	Daily
28	NIH222	14:35	JAKARTA (CGK)	Daily	NIH223	15:05	JAKARTA (CGK)	Daily
29	NIH220	20:45	JAKARTA (CGK)	Daily	RON			
30	XRON				WON1802	6:10	DENPASAR	Daily
31	XRON				WON1800	6:00	SURABAYA	Daily
32	WON1807	7:30	PANGKALANBUN	Daily	WON1806	7:55	PANGKALANBUN	Daily
33	WON1839	9:10	SURABAYA	Daily	WON1838	9:30	SURABAYA	Daily
34	WON1835	11:25	SURABAYA	Daily	WON1834	12:10	SURABAYA	Daily
35	WON1897	15:40	SURABAYA	Daily	WON1897	16:05	BANDUNG	Daily
36	WON1896	18:40	BANDUNG	Daily	WON1896	19:15	SURABAYA	Daily
37	WON1803	19:25	DENPASAR	Daily	RON			
38	WON1801	20:50	SURABAYA	Daily	RON			
39	XRON				BTK6339	6:00	JAKARTA (CGK)	Daily
40	BTK6342	6:40	JAKARTA (CGK)	Daily	BTK6343	7:30	JAKARTA (CGK)	Daily
41	BTK6346	19:05	JAKARTA (CGK)	Daily	BTK6341	20:00	JAKARTA (CGK)	Daily
42	BTK6352	20:50	JAKARTA (CGK)	Daily	RON			
43	LNI625	7:20	BALIKPAPAN	Daily	LNI624	8:00	BALIKPAPAN	Daily
44	LNI504	8:50	JAKARTA (CGK)	Daily	LNI505	9:45	JAKARTA (CGK)	Daily
45	LNI272	11:40	BATAM	Daily	LNI275	12:20	BATAM	Daily
46	LNI506	12:25	JAKARTA (CGK)	Daily	LNI507	13:05	JAKARTA (CGK)	Daily
47	LNI512	14:05	JAKARTA (CGK)	Daily	LNI513	14:50	JAKARTA (CGK)	Daily
48	LNI543	14:25	BANJARMASIN	Daily	LNI542	15:10	BANJARMASIN	Daily
49	LNI516	15:55	JAKARTA (CGK)	Daily	LNI517	16:55	JAKARTA (CGK)	Daily
50	LNI502	16:40	JAKARTA (CGK)	Daily	LNI503	17:55	JAKARTA (CGK)	Daily
51	LNI665	17:00	BALIKPAPAN	Daily	LNI666	17:35	BALIKPAPAN	Daily
52	LNI514	17:55	JAKARTA (CGK)	Daily	LNI515	18:40	JAKARTA (CGK)	Daily
53	TGN701	12:05	PANGKALANBUN	Daily	TGN702	12:35	PANGKALANBUN	Daily
54	KLS602	8:00	PANGKALANBUN	Daily	KLS603	8:25	PANGKALANBUN	Daily
55	KLS933	10:05	KETAPANG	Daily	KLS933	10:30	BANDUNG	Daily
56	KLS934	13:10	BANDUNG	Daily	KLS934	13:40	KETAPANG	Daily
57	KLS621	8:15	PONTIANAK	Daily	KLS967	8:40	SAMPIT	Daily
58	KLS966	18:10	SAMPIT	Daily	KLSS622	18:35	PONTIANAK	Daily

Keterangan:

1= Senin; 2= Selasa; 3= Rabu; 4= Kamis; 5= Jumat; 6= Sabtu;

7=Minggu

Sumber: PT. Angkasa Pura I



Berdasarkan rekap jadwal penerbangan bulan Januari-Maret 2017 (tabel 4.10 dan 4.11) maka didapatkan pergerakan maksimum harian, lihat pada tabel 4.12.

Tabel 4. 12 Pergerakan Pesawat Harian Bulan Januari- Maret

Hari / Tanggal	Pergerakan pesawat harian					
	1	(2-8)	(9-15)	(16-22)	(23-29)	(30-31)
Senin		102	102	102	102	102
Selasa		94	94	94	94	94
Rabu		104	104	104	104	
Kamis		94	94	94	94	
Jumat		104	104	104	104	
Sabtu		94	94	94	94	
Minggu	104	104	104	104	104	
Total	3084					

Catatan baris yang diarsir merupakan hari tersibuk dalam seminggu

Sumber: PT. Angkasa Pura I

Perhitungan *peak day ratio* didapatkan dari membandingkan pergerakan harian dengan total pergerakan pesawat bulan tersebut. Contoh perhitungan mendapatkan *peak day ratio* sebagai berikut:

- Jumlah pergerakan perhari pada hari jumat adalah 104 dengan total pergerakan selama satu bulan adalah 3084.
- Ratio hari jumat adalah jumlah pergerakan pesawat hari jumat dibagi dengan jumlah total pergerakan pesawat bulan Januari.

$$\begin{aligned}
 R_{\text{day}} &= \frac{N_{\text{day}}}{N_{\text{month}}} \dots\dots\dots (29) \\
 &= \frac{104}{3084} \\
 &= 0,034
 \end{aligned}$$

Perhitungan ratio hari lain pada bulan Januari – Maret 2017 dilakukan dengan cara yang sama, hasil perhitungan sesuai tabel 4.13.

Tabel 4. 13 Ratio Pergerakan Harian Bulan Januari 2017

Hari / Tanggal	Pergerakan pesawat harian						Ratio					
	1	(2-8)	(9-15)	(16-22)	(23-29)	(30-31)	1	(2-8)	(9-15)	(16-22)	(23-29)	(30-31)
Senin		102	102	102	102	102		0.033	0.033	0.033	0.033	0.033
Selasa		94	94	94	94	94		0.030	0.030	0.030	0.030	0.030
Rabu		104	104	104	104			0.034	0.034	0.034	0.034	
Kamis		94	94	94	94			0.030	0.030	0.030	0.030	
Jumat		104	104	104	104			0.034	0.034	0.034	0.034	
Sabtu		94	94	94	94			0.030	0.030	0.030	0.030	
Minggu	104	104	104	104	104		0.034	0.034	0.034	0.034	0.034	
Total	3084						1.00					

Sumber: Hasil Perhitungan

❖ Hari tersibuk pada bulan Januari 2017 yaitu hari rabu, jumat dan minggu dengan pergerakan 104 dan ratio 0,034; sehingga ratio tersebut dipilih sebagai *peak day ratio*.

Jam puncak (*peak hour*) merupakan waktu dengan pergerakan terbanyak dalam satu hari. *Peak hour* ditentukan untuk mendapatkan *peak hour ratio* kondisi eksisting serta perkiraan jumlah pergerakan pada jam puncak. Analisa penentuan waktu jam puncak dilakukan berdasarkan survey pergerakan dan waktu pemakaian sisi udara Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang (data sekunder) pada hari Kamis, 16 Maret 2017 dan Jumat tanggal Maret 2017. Berdasarkan hasil diatas, maka data survey yang digunakan untuk menganalisa *peak hour* adalah data pergerakan tanggal 17 Maret 2017. Contoh pergerakan pesawat dalam 1 hari seperti pergerakan tanggal 17 Maret 2017 berikut.

Tabel 4. 14 Pergerakan Pesawat Tanggal 17 Maret 2017

Jam	Pergerakan Hari Jumat						
	Domestik		Internasional		Total		
	Arr	Dep	Arr	Dep	Arr	Dep	Total
5:00-6:00		1			0	1	1
6:00-7:00	4	4			4	4	8
7:00-8:00	1	4			1	4	5
8:00-9:00	4	4	1		5	4	9
9:00-10:00	5	3	1	1	6	4	10
10:00-11:00	2	3			2	3	5
11:00-12:00	2	2		1	2	3	5
12:00-13:00	7	3			7	3	10
13:00-14:00	3	4			3	4	7
14:00-15:00	1	4			1	4	5
15:00-16:00	3	1			3	1	4
16:00-17:00	6	3	1		7	3	10
17:00-18:00	1	5		1	1	6	7
18:00-19:00	3	1			3	1	4
19:00-20:00	4	3			4	3	7
20:00-21:00	3	3			3	3	6
21:00-22:00					0	0	0
22:00-23:00	1				1	0	1
JUMLAH	50	48	3	3	53	51	104

Catatan baris yang diarsir merupakan jam puncak dalam 1 hari

Sumber: Hasil Survey

Perhitungan *peak hour ratio* didapatkan dari membandingkan pergerakan tiap jam dengan total pergerakan pesawat hari tersebut. Contoh perhitungan mendapatkan *peak hour ratio* adalah sebagai berikut:

- Jumlah pergerakan pada jam 12.00-13.00 tanggal 17 Maret 2017 adalah 10 pergerakan dengan total pergerakan harian adalah 104.
- Ratio jam puncak adalah jumlah total pergerakan pesawat perjam dibagi dengan jumlah total pergerakan pesawat per hari

$$\begin{aligned}
 R_{hour} &= \frac{N_{hour}}{N_{day}} \dots\dots\dots (30) \\
 &= \frac{10}{104} \\
 &= 0,0966 = 0,01
 \end{aligned}$$

Perhitungan ratio jam lain dilakukan dengan cara yang sama, hasil perhitungan terdapat dalam tabel 4.15.

Tabel 4. 15 Ratio Pergerakan Perjam dalam 1 Hari

Jam	Jumlah Pergerakan	Ratio
5:00-6:00	1	0.010
6:00-7:00	8	0.077
7:00-8:00	5	0.048
8:00-9:00	9	0.087
9:00-10:00	10	0.096
10:00-11:00	5	0.048
11:00-12:00	5	0.048
12:00-13:00	10	0.096
13:00-14:00	7	0.067
14:00-15:00	5	0.048
15:00-16:00	4	0.038
16:00-17:00	10	0.096
17:00-18:00	7	0.067
18:00-19:00	4	0.038
19:00-20:00	7	0.067
20:00-21:00	6	0.058
21:00-22:00	0	0.000
22:00-23:00	1	0.010
<b>JUMLAH</b>	<b>104</b>	<b>1.00</b>

Sumber: hasil perhitungan

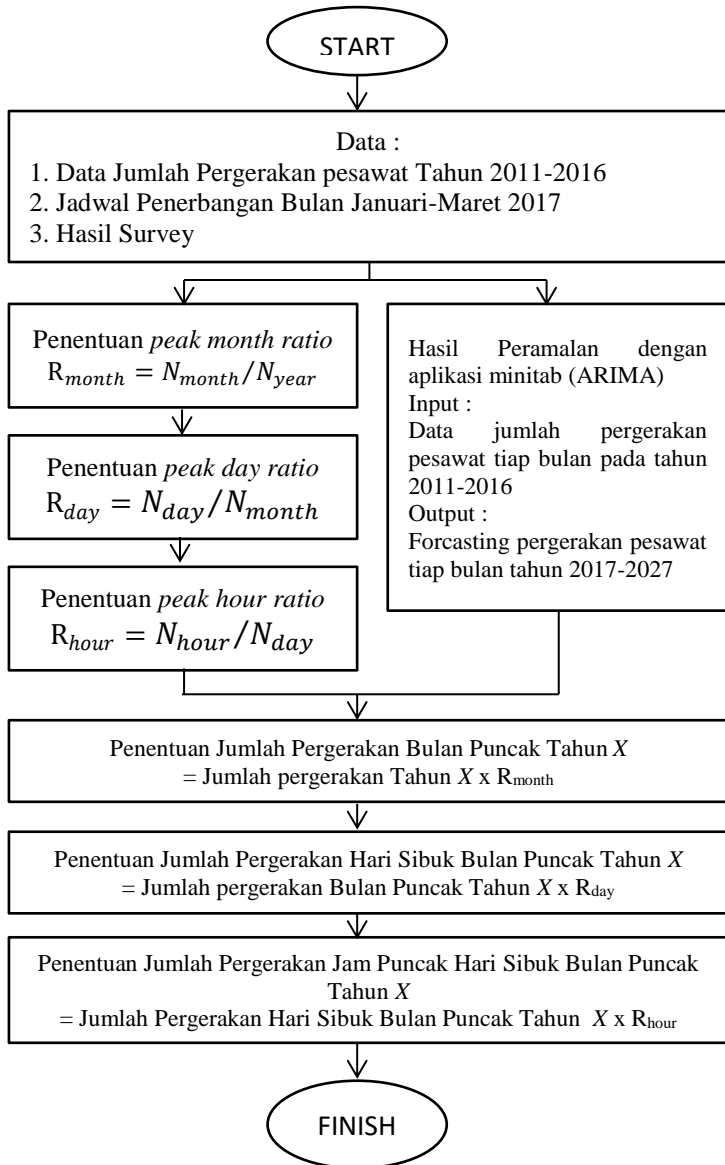
- ❖ *Peak hour* terjadi pada pukul 12:00-13:00 dengan jumlah pergerakan *landing* dan *take off* 10 pergerakan. Sehingga, *Peak day ratio* yang sesuai dengan tabel diatas yaitu 0,096

#### **4.3.2. Perhitungan Regresi Peramalan Volume Lalu lintas Udara**

Peramalan regresi volume lalu lintas udara Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang tahun 2017 dan 2027 dihitung berdasarkan analisa Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) dengan menggunakan data pergerakan 6 tahun terakhir (2011-2016) seperti yang terlihat pada tabel 4.1 hingga tabel 4.6.

Metode ARIMA menggunakan pendekatan iteratif dalam mengidentifikasi suatu model yang paling tepat dari berbagai model yang ada. Model sementara terpilih diuji lagi dengan data historis hingga model memadai. Model dianggap memadai apabila selisih hasil peramalan dengan data historis terdistribusi secara acak, kecil dan independen satu sama lain. Model ARIMA dipilih karena pola pergerakan pesawat menunjukkan adanya hubungan dengan peubah waktu.

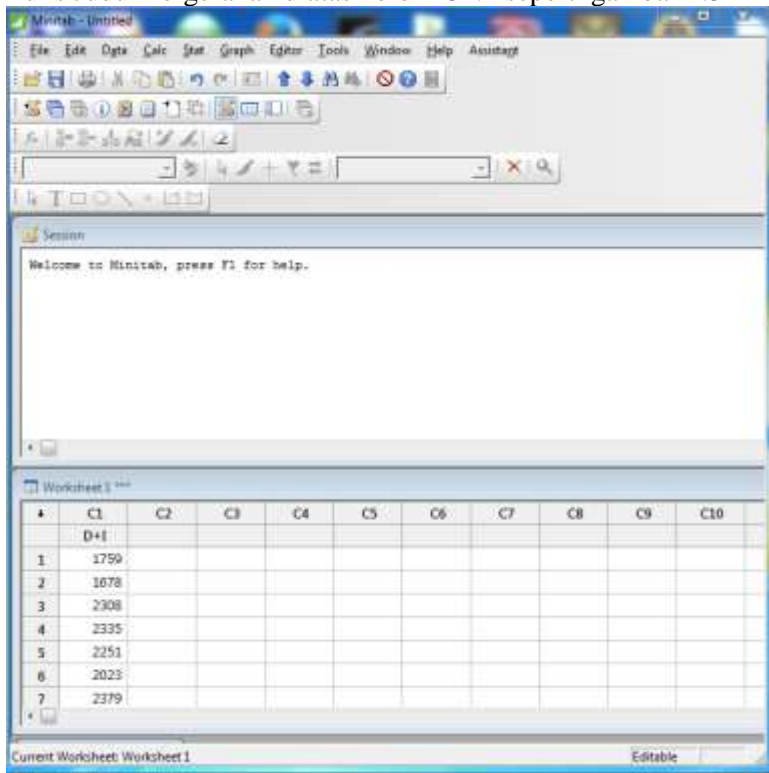
Setelah merekap data total pergerakan pesawat bulanan maka dilakukan forecasting (peramalan) menggunakan metode peramalan terpilih yaitu Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA). Diagram alir peramalan dengan metode ARIMA dapat dilihat pada gambar 4.2 berikut.



Gambar 4. 2 Diagram Alir Forecasting Tipe ARIMA

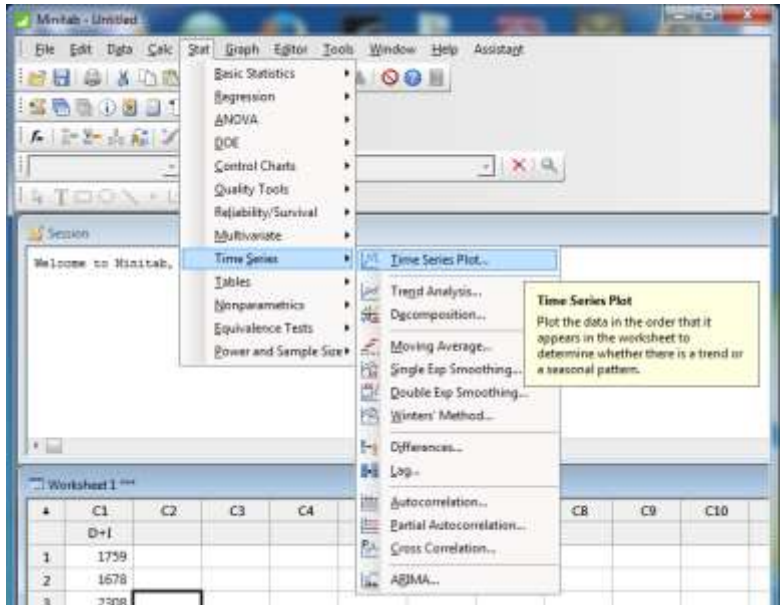
Perhitungan peramalan menggunakan program bantu *Minitab* (*ARIMA*) dengan data jumlah total pergerakan pesawat tahun 2011-2016 untuk jumlah kedatangan, keberangkatan, dan total pergerakan keduanya pada penerbangan domestik maupun internasional. Peramalan volume lalu lintas udara tersebut dapat dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

1. Memasukkan data pergerakan pesawat tahun 2011-2016 dalam lembar kerja *minitab* sesuai dengan tabel 4.1 sampai tabel 4.6. Tulis Judul Pergerakan diatas kolom C1.1 seperti gambar 4.3



Gambar 4. 3 Input Data Pergerakan  
Sumber: Dokumen Pribadi

2. Plot data pergerakan dalam grafik dengan memilih menu *Stat* > *Time Series* > *Time Series Plot* > Pilih model yang simple > OK

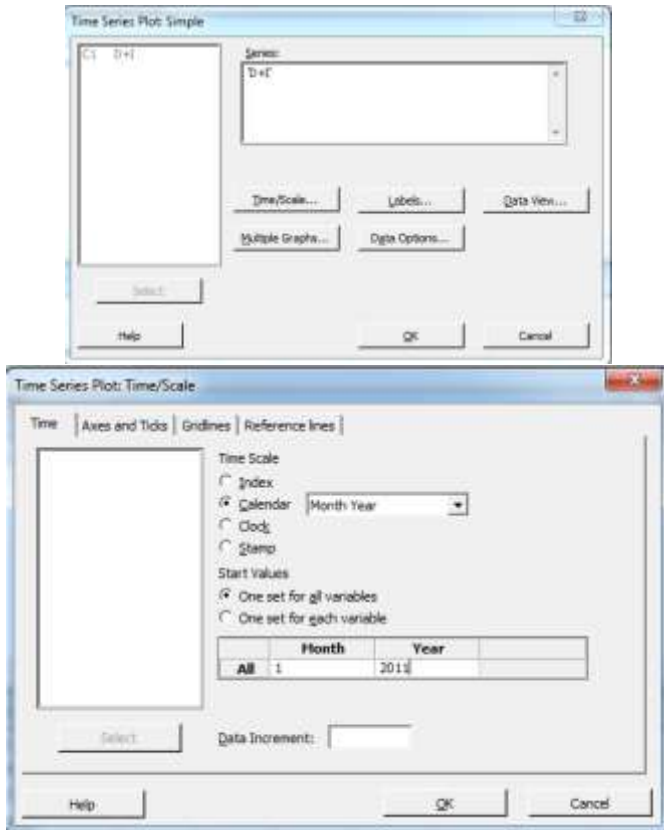


Gambar 4. 4 Plot Data Pergerakan

Sumber: Dokumen Pribadi

3. Box akan muncul dan arahkan kursor pada kolom *Series* > Pilih tulisan *c1* (seperti gambar 4.5(a)) > Pilih *Time/Scale* > *Calendar* > Ubah *day* menjadi *Month Year* > Tulis Tahun data pertama pada kolom dibawah *Year* dan angka 1 pada kolom dibawah *month* (Jika data dimulai dari bulan januari) seperti gambar 4.5(b)) > OK > OK

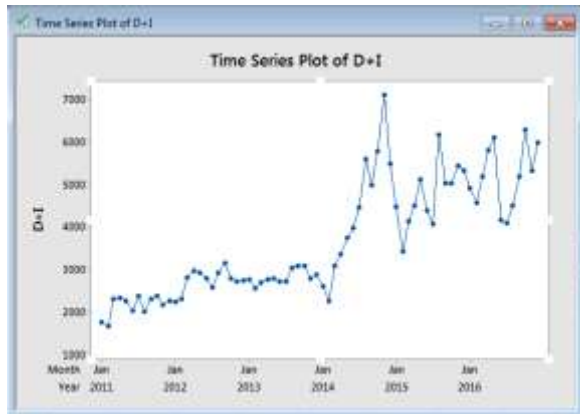




Gambar 4. 5 Detail Time Series Plot

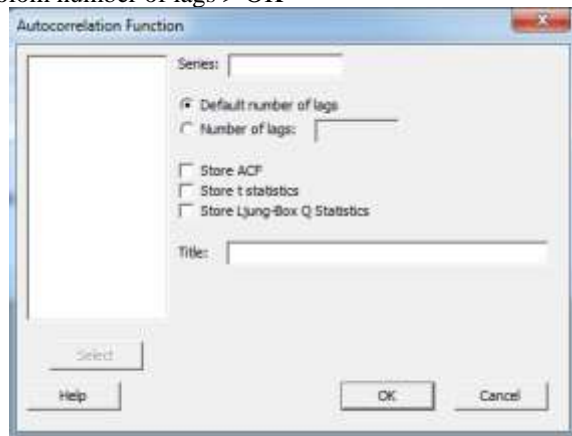
Sumber: Dokumen Pribadi

4. Grafik data pergerakan setelah melakukan hal itu maka akan muncul (seperti gambar 4.6) . Grafik tersebut menunjukkan data pergerakan ada yang merupakan pergerakan *sessional* (musiman) karena terdapat penurunan maupun kenaikan yang jaraknya sama.



Gambar 4. 6 Grafik Plot Data Pergerakan Tahun 2011-2016  
Sumber: Dokumen Pribadi

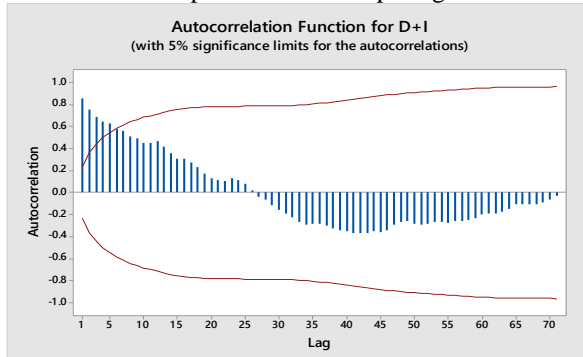
5. Stationerkan data terhadap rata-rata dengan memilih menu *Stat* > *Time Series* > *Autocorrelation* > Muncul box seperti gambar 4.7 > Arahkan kursor pada kolom Series kemudian pilih c1 > Isi angka 100 pada kolom number of lags > OK



Gambar 4. 7 Box Autocorrelation Function  
Sumber: Dokumen Pribadi

6. Jika garis biru pertama yang keluar garis merah lebih dari 3 (seperti gambar 4.8) maka dilakukan *diferential* dengan cara pilih menu

*Stat* > *Time Series* > *Differences* > Arahkan cursor pada kolom series pilih c1 > Isi c2 pada kolom store differences in > OK. Hasil *differential* akan muncul pada kolom c2 seperti gambar 4.9



Gambar 4. 8 Diagram Autocorrelation

Sumber: Dokumen Pribadi

Worksheet 1 ***		
	C1	C2
	D+I	
1	1759	*
2	1678	-81
3	2308	630
4	2335	27
5	2251	-84
6	2023	-228
7	2379	356

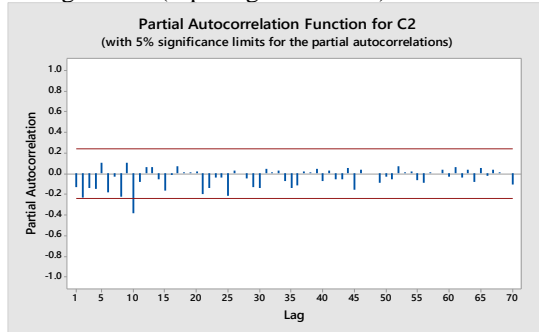
urrent Worksheet: Worksheet 1

Gambar 4. 9 Hasil Differential

Sumber: Dokumen Pribadi

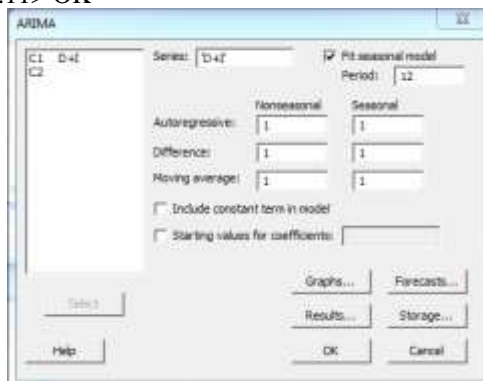
7. Check Stationer terhadap rata-rata lagi dengan cara yang sama yaitu *Stat* > *Time Series* > *Autocorrelation* > Arahkan cursor pada kolom Series kemudian pilih c2 > Isi angka 100 pada kolom number of lags > OK. Jika garis biru pertama yang keluar garis merah masih lebih dari 3 maka dilakukan *differential* lagi dengan cara yang sama. Jika tidak check Partial Autocorrelation pada data yang telah diturunkan

8. Pilih *Stat* > *Time Series* > *Partial Autocorrelation* > Arahkan kursor pada kolom *Series* kemudian pilih *c2* > Isi angka 100 pada kolom *number of lags* > OK (seperti gambar 4.10).



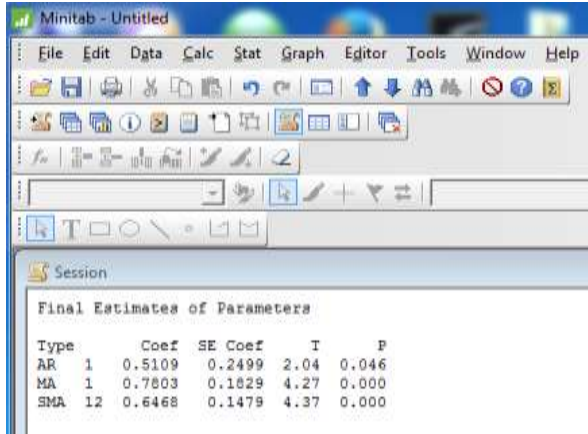
Gambar 4. 10 Grafik Partial Autocorrelation  
Sumber: Dokumen Pribadi

9. Pilih *Stat* > *Time Series* > *ARIMA* > Arahkan kursor pada kolom *Series* kemudian pilih *c1* > Centang *Fit Seasonal model* (jika data merupakan data musiman) > Coba isi *Autoregressive*, *Moving Average Seasonal* dan *Non Seasonal* dengan angka 1 > Isi *Difference Seasonal* dan *Non Seasonal* sesuai dengan *n* kali diturunkan (Jika 1 kali di *difference* tulis 1, Jika 2 kali di *difference* tulis 2, dst) seperti gambar 4.11 > OK



Gambar 4. 11 ARIMA  
Sumber: Dokumen Pribadi

10. Periksa hasil P pada *Final Estimate of Parameters* AR, MA, SAR dan SMA. Apabila semua  $p \leq 0.05$  maka data siap digunakan untuk *forecasting* sebaliknya apabila tidak lakukan *trial* pengisian *Autoregressive, Moving Average Seasonal* dan *Non Seasonal* dengan angka 0-5 hingga hasil  $p \leq 0.05$  (Antara *Autoregressive, Moving Average* tidak boleh 0 semuanya) seperti gambar 4.12.

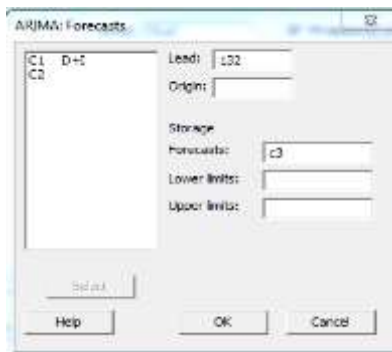


The screenshot shows the Minitab interface with a window titled 'Session'. The window displays the 'Final Estimates of Parameters' table, which contains the following data:

Type	Coef	SE Coef	T	P
AR 1	0.5109	0.2499	2.04	0.046
MA 1	0.7803	0.1829	4.27	0.000
SMA 12	0.6468	0.1479	4.37	0.000

Gambar 4. 12 Hasil P Arima  
Sumber: Dokumen Pribadi

11. Jika data telah siap di *forecast* maka pilih menu *Stat> Time Series> ARIMA> Forecast>* Isi Kolom *Lead* sesuai dengan jumlah bulan pada tahun rencana> Isi kolom *Storage Forecast* sesuai dengan tempat yang diinginkan (misal: c3) seperti gambar 4.13> OK> OK. Hasil Forecast hingga tahun 2027 dapat diperoleh dan dapat dipindahkan ke *Microsoft Excel* untuk diolah.



Gambar 4. 13 Forecasting hingga tahun 2027

Sumber: Dokumen Pribadi

Peramalan volume lalu lintas udara untuk kategori lain dapat dilakukan dengan cara yang sama, hasil peramalan tersaji dalam tabel 4.16.

Tabel 4. 16 Hasil Forecasting hingga tahun 2027

Tahun ke	Tahun	Domestik			International			Total
		Arr	Dep	Total	Arr	Dep	Total	
		Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	
1	2.011	12.677	12.657	25.334	261	260	521	25.855
2	2.012	15.905	15.876	31.781	571	566	1.137	32.918
3	2.013	16.362	16.364	32.726	588	584	1.172	33.898
4	2.014	25.497	25.517	51.014	687	692	1.379	52.393
5	2.015	27.914	27.965	55.879	601	609	1.210	57.089
6	2.016	30.397	30.414	60.811	635	638	1.273	62.084
7	2.017	33.628	33.597	67.221	627	662	1.323	68.518
8	2.018	36.445	36.409	72.852	648	697	1.391	74.222
9	2.019	39.380	39.333	78.714	643	723	1.444	80.157
10	2.020	42.314	42.257	84.576	659	758	1.516	86.089
11	2.021	45.251	45.184	90.435	663	785	1.572	92.025
12	2.022	48.185	48.109	96.300	672	817	1.633	97.957
13	2.023	51.121	51.033	102.158	675	851	1.699	103.887
14	2.024	54.055	53.957	108.021	685	880	1.758	109.824
15	2.025	56.988	56.884	113.881	691	907	1.817	115.754
16	2.026	59.926	59.807	119.742	699	939	1.881	121.692
17	2.027	62.861	62.729	125.604	705	972	1.942	127.622

Sumber: Hasil Perhitungan

- ❖ Jumlah pergerakan pesawat untuk tahun 2017 dan 2027 sesuai dengan tabel 4.16 masing-masing adalah 68.518 dan 127.622 pergerakan.

#### 4.3.3. Perhitungan Volume Lalu lintas Udara

Perhitungan volume lalu lintas udara dilakukan setelah mendapatkan ratio bulan puncak, ratio hari tersibuk, ratio jam puncak, peramalan regresi volume lalu lintas udara tahun 2017 dan 2027 dengan langkah perhitungan sebagai berikut.

##### 1. Tahun Rencana (2017)

- Jumlah pergerakan pesawat pada **bulan puncak** tahun 2017 ( $N_{\text{month}}$ )

$$\begin{aligned} N_{\text{month}} &= N_{\text{year}} \times R_{\text{month}} \\ &= 68518 \times 0.14 \\ &= 9280 \text{ pesawat} \end{aligned}$$

- Jumlah pergerakan pesawat **hari sibuk pada bulan puncak** 2017 ( $N_{\text{day}}$ )

$$\begin{aligned} N_{\text{day}} &= N_{\text{month}} \times R_{\text{day}} \\ &= 9280 \times 0.034 \\ &= 313 \text{ pesawat} \end{aligned}$$

- Jumlah pergerakan pesawat kondisi **jam puncak pada hari sibuk bulan puncak** 2017 ( $N_{\text{hour}}$ )

$$\begin{aligned} N_{\text{hour}} &= N_{\text{day}} \times R_{\text{hour}} \\ &= 313 \times 0.10 \\ &= 31 \text{ pesawat} \end{aligned}$$

##### 2. Tahun Rencana (2027)

- Jumlah pergerakan pesawat pada **bulan puncak** tahun 2027 ( $N_{\text{month}}$ )

$$\begin{aligned} N_{\text{month}} &= N_{\text{year}} \times R_{\text{month}} \\ &= 127622 \times 0.14 \\ &= 17285 \text{ pesawat} \end{aligned}$$

- Jumlah pergerakan pesawat **hari sibuk pada bulan puncak** 2027 ( $N_{\text{day}}$ )

$$\begin{aligned} N_{\text{day}} &= N_{\text{month}} \times R_{\text{day}} \\ &= 17285 \times 0.034 \end{aligned}$$

$$= 583 \text{ pesawat}$$

- Jumlah pergerakan pesawat kondisi **jam puncak pada hari sibuk bulan puncak 2027** ( $N_{\text{hour}}$ )

$$\begin{aligned} N_{\text{hour}} &= N_{\text{day}} \times R_{\text{hour}} \\ &= 583 \times 0.10 \\ &= 57 \text{ pesawat} \end{aligned}$$

#### 4.4. Perhitungan Data Temperature

Perhitungan koreksi temperatur memerlukan Airport Reference Temperature sebagai Temperatur yang paling maksimum di bandara tersebut. Data temperature maksimum pada tahun 2001-2004 adalah  $T_a = 30.43^\circ\text{C}$  dan  $T_m = 33.62^\circ\text{C}$  seperti yang ada di tabel berikut.

Tabel 4. 17 Data Suhu Tahun 2001-2004

Tahun	Suhu	
	Rata-rata	Maksimum
2001	29.042	33.10
2002	28.992	33.30
2003	30.430	33.62
2004	29.480	30.57

Sumber: BMKG

Perhitungan *Airport Reference Temperature* dapat dilakukan dengan mengetahui temperatur paling tinggi dalam 4 tahun yaitu sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Airport Refrence Temp} &= T_a + \frac{T_m - T_a}{3} \\ &= 30.43^\circ\text{C} + \frac{33.62^\circ\text{C} - 30.43^\circ\text{C}}{3} \\ &= 30.43^\circ\text{C} + 1.06^\circ\text{C} \\ &= 31.49^\circ\text{C} \end{aligned}$$

- ❖ Hasil perhitungan diatas menunjukkan temperatur yang dipakai sebagai Airport Reference Temperature adalah  $31.5^\circ\text{C}$ .



## 4.5. Jenis Pesawat

### 4.5.1. Pengelompokan Jenis Pesawat

Perhitungan kapasitas *taxiway* dan *runway* memerlukan pengelompokan jenis pesawat yang ada di Bandara Ahmad Yani Semarang. Pengelompokan tersebut berdasarkan data *landing speed* dan berat dari FAA. Pengelompokan pesawat berdasarkan *landing speed* diperlukan dalam perhitungan kapasitas *runway* dan pengelompokan berdasarkan berat diperlukan dalam perhitungan delay serta kapasitas *taxiway*. Hasil pengelompokan dan jenis pesawat yang beroperasi di Bandara Internasional Ahmad Yani seperti pada tabel 4.20 dan 4.21 berikut.

Tabel 4. 18 Pengelompokan Berdasarkan Kecepatan

Category	Speed in Knots
A	50-90
B	91-120
C	121-140
D	141-165
E	Speed Over 165

Sumber: FAA

Tabel 4. 19 Pengelompokan Berdasarkan Berat

Category	Weight in Pounds	Jenis Pesawat
A	$x < 12.500$	Small single-engine aircraft
B	$x < 12.500$	Small twin-engine aircraft
C	$12.500 \leq x \leq 300.000$	Large aircraft
D	$x > 300000$	Heavy aircraft

Sumber: FAA

Tabel 4. 20 Historis Pengelompokan Pesawat di Bandara A. Yani

No	Jenis Pesawat	Approach (knot)	Landing (knot)	Kelas Pesawat speed	No	Jenis Pesawat	Approach (knot)	Landing (knot)	Kelas Pesawat speed
1	A319	230	130	C	15	C172	110	65	A
2	A320	250	137	C	16	C402	150	110	B
3	B739	250	150	D	17	C208	120	75	A
4	B738	250	147	D	18	C212	170	90	A
5	B735	250	128	C	19	DHC6	130	70	A
6	B734	250	139	C	20	F50	220	120	B
7	B733	250	132	C	21	P180	250	120	B
8	B732	250	131	C	22	BE40	200	120	B
9	CRJ1000	250	135	C	23	BE20	180	100	B
10	E195	230	131	C	24	BAE146	250	125	C
11	E135	210	130	C	25	MD82	250	136	C
12	ATR72	200	120	B	26	MD90	250	138	C
13	CL60	210	130	C	27	TB10	120	65	A
14	C130	150	130	C					

Sumber : Hasil Pengelompokan Berdasarkan Landing Speed

Tabel 4. 21 Historis Pengelompokan Pesawat di Bandara A. Yani

No	Jenis Pesawat	High gross Berat Pesawat (lb)	Kelas Pesawat	No	Jenis Pesawat	High gross Berat Pesawat (lb)	Kelas Pesawat
1	A319	166450	C	15	C172	2550	A
2	A320	172800	C	16	C402	6300	B
3	B739	174200	C	17	C208	8807	A
4	B738	174200	C	18	C212	7700	B
5	B735	133500	C	19	DHC6	63250	C
6	B734	150000	C	20	F50	45900	C
7	B733	138500	C	21	P180	11552	B
8	B732	129500	C	22	BE40	16100	C
9	CRJ1000	53000	C	23	BE20	12500	C
10	E195	108003	C	24	BAE146	97500	C
11	E135	46517	C	25	MD82	149500	C
12	ATR72	49064	C	26	MD90	172500	C
13	CL60	40400	C	27	TB10	2425	A
14	C130	155000	C				

Sumber : Hasil Pengelompokan Berdasarkan Berat Pesawat

#### 4.5.2. Prediksi Prosentase Pesawat

Hasil pengelompokan historis perpesawat tersebut digunakan untuk mengelompokan jumlah pergerakan sesuai dengan kategori masing-masing. Data historis jumlah pergerakan pesawat pada saat *take off* dan *landing* berdasarkan kategori yang tercatat dari tahun 2011 hingga 2016 adalah sebagai berikut.

Tabel 4. 22 Data Historis Pesawat Berdasarkan Speed

Tahun	Kategori									
	A		B		C		D		Total	
	$Y_{AL}$	$Y_{AT}$	$Y_{BL}$	$Y_{BT}$	$Y_{CL}$	$Y_{CT}$	$Y_{DL}$	$Y_{DT}$	$Y_{TL}$	$Y_{TT}$
2011	1.121	1.120	1.587	1.586	3.946	3.947	4.355	4.353	11.009	11.006
2012	2.510	2.493	2.235	2.237	3.927	3.927	6.067	6.066	14.739	14.723
2013	2.042	2.035	2.367	2.366	4.139	4.139	6.662	6.663	15.210	15.203
2014	3.508	3.486	2.441	2.438	4.455	4.453	6.965	6.966	17.369	17.343
2015	3.086	3.108	3.347	3.349	4.788	4.786	7.550	7.551	18.771	18.794
2016	2.554	2.573	3.754	3.754	6.091	6.090	7.317	7.317	19.716	19.734

Keterangan :

$Y_{AL}$  = Jumlah Pesawat golongan A *Landing* (A,B,C,D)

$Y_{AT}$  = Jumlah Pesawat golongan A *Take Off* (A,B,C,D)

Sumber : PT. Angkasa Pura I (Persero)

Tabel 4.22 menunjukkan bahwa adanya peningkatan jumlah pergerakan perkategori setiap tahunnya.

Peramalan pertumbuhan jumlah pesawat Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang tahun 2017 dan 2027 dihitung berdasarkan analisa regresi power dengan menggunakan data pergerakan *take off* dan *landing* tiap kategori selama 6 tahun terakhir (2011-2016). Hasil prediksi jumlah pesawat tiap kategori terlihat pada tabel 4.23 berikut.

Tabel 4. 23 Hasil Prediksi Jumlah Pesawat Perkategori Berdasarkan Speed

Tahun ke	Tahun	Kategori									
		A		B		C		D		Total	
		$Y_{AL}$	$Y_{AT}$	$Y_{BL}$	$Y_{BT}$	$Y_{CL}$	$Y_{CT}$	$Y_{DL}$	$Y_{DT}$	$Y_{TL}$	$Y_{TT}$
1	2011	1.121	1.120	1.587	1.586	3.946	3.947	4.355	4.353	11.009	11.006
2	2012	2.510	2.493	2.235	2.237	3.927	3.927	6.067	6.066	14.739	14.723
3	2013	2.042	2.035	2.367	2.366	4.139	4.139	6.662	6.663	15.210	15.203
4	2014	3.508	3.486	2.441	2.438	4.455	4.453	6.965	6.966	17.369	17.343
5	2015	3.086	3.108	3.347	3.349	4.788	4.786	7.550	7.551	18.771	18.794
6	2016	2.554	2.573	3.754	3.754	6.091	6.090	7.317	7.317	19.716	19.734
7	2017	3.558	3.572	3.668	3.667	5.339	5.330	8.193	8.206	20.758	20.775
8	2018	3.803	3.821	3.890	3.889	5.484	5.474	8.521	8.536	21.698	21.720
9	2019	4.034	4.055	4.098	4.097	5.614	5.603	8.822	8.838	22.568	22.593
10	2020	4.252	4.276	4.293	4.291	5.734	5.722	9.099	9.117	23.378	23.406
11	2021	4.460	4.487	4.477	4.476	5.844	5.832	9.358	9.377	24.139	24.172
12	2022	4.658	4.689	4.652	4.651	5.947	5.934	9.600	9.620	24.857	24.894
13	2023	4.848	4.882	4.819	4.818	6.043	6.029	9.829	9.850	25.539	25.579
14	2024	5.031	5.068	4.979	4.978	6.133	6.118	10.045	10.068	26.188	26.232
15	2025	5.208	5.248	5.133	5.131	6.218	6.203	10.251	10.275	26.810	26.857
16	2026	5.378	5.422	5.281	5.280	6.299	6.283	10.447	10.472	27.405	27.457
17	2027	5.544	5.590	5.424	5.423	6.376	6.359	10.635	10.661	27.979	28.033

Keterangan :

$Y_{AL}$  = Jumlah Pesawat golongan A *Landing* (A,B,C,D)

$Y_{AT}$  = Jumlah Pesawat golongan A *Take Off* (A,B,C,D)

Sumber : Hasil Perhitungan

Hasil Prediksi yang sesuai dengan tabel 4.23 dapat dibuat prosentase jumlah pergerakan *take off* dan *landing*. Prosentase tersebut diperlukan dalam menentukan *probability* perhitungan kapasitas *runway* pada bab V. Hasil prosentase pesawat berdasarkan kategori tahun 2017 dan 2027 dapat dilihat pada tabel 4.24.

Tabel 4. 24 Hasil Prediksi Prosentase Pesawat Berdasarkan speed Perkategori

Tahun ke	Tahun	Prosentase (%/100)									
		Landing					Take Off				
		A	B	C	D	Total	A	B	C	D	Total
1	2011	0.10	0.14	0.36	0.40	1.00	0.10	0.14	0.36	0.40	1.00
2	2012	0.17	0.15	0.27	0.41	1.00	0.17	0.15	0.27	0.41	1.00
3	2013	0.13	0.16	0.27	0.44	1.00	0.13	0.16	0.27	0.44	1.00
4	2014	0.20	0.14	0.26	0.40	1.00	0.20	0.14	0.26	0.40	1.00
5	2015	0.16	0.18	0.26	0.40	1.00	0.17	0.18	0.25	0.40	1.00
6	2016	0.13	0.19	0.31	0.37	1.00	0.13	0.19	0.31	0.37	1.00
7	2017	0.17	0.18	0.26	0.39	1.00	0.17	0.18	0.26	0.39	1.00
8	2018	0.18	0.18	0.25	0.39	1.00	0.18	0.18	0.25	0.39	1.00
9	2019	0.18	0.18	0.25	0.39	1.00	0.18	0.18	0.25	0.39	1.00
10	2020	0.18	0.18	0.25	0.39	1.00	0.18	0.18	0.24	0.39	1.00
11	2021	0.18	0.19	0.24	0.39	1.00	0.19	0.19	0.24	0.39	1.00
12	2022	0.19	0.19	0.24	0.39	1.00	0.19	0.19	0.24	0.39	1.00
13	2023	0.19	0.19	0.24	0.38	1.00	0.19	0.19	0.24	0.39	1.00
14	2024	0.19	0.19	0.23	0.38	1.00	0.19	0.19	0.23	0.38	1.00
15	2025	0.19	0.19	0.23	0.38	1.00	0.20	0.19	0.23	0.38	1.00
16	2026	0.20	0.19	0.23	0.38	1.00	0.20	0.19	0.23	0.38	1.00
17	2027	0.20	0.19	0.23	0.38	1.00	0.20	0.19	0.23	0.38	1.00

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4. 25 Hasil Prediksi Prosentase Pesawat Berdasarkan Berat Perkategori

Tahun ke	Tahun	Kategori				Persen Kategori			
		A	B	C	Total	A	B	C	Total
		Y <sub>A</sub>	Y <sub>B</sub>	Y <sub>C</sub>		P <sub>A</sub>	P <sub>B</sub>	P <sub>C</sub>	
1	2011	2.185	56	19.346	21.587	0.10	0.00	0.90	1.00
2	2012	4.837	166	24.459	29.462	0.16	0.01	0.83	1.00
3	2013	3.586	491	26.336	30.413	0.12	0.02	0.87	1.00
4	2014	6.421	587	27.704	34.712	0.18	0.02	0.80	1.00
5	2015	5.629	985	30.951	37.565	0.15	0.03	0.82	1.00
6	2016	4.565	114	34.771	39.450	0.12	0.00	0.88	1.00
7	2017	6.296	609	34.593	41.498	0.15	0.01	0.83	1.00
8	2018	6.686	697	36.007	43.390	0.15	0.02	0.83	1.00
9	2019	7.051	784	37.302	45.137	0.16	0.02	0.83	1.00
10	2020	7.394	872	38.500	46.766	0.16	0.02	0.82	1.00
11	2021	7.719	960	39.617	48.296	0.16	0.02	0.82	1.00
12	2022	8.028	1.048	40.664	49.740	0.16	0.02	0.82	1.00
13	2023	8.323	1.136	41.653	51.112	0.16	0.02	0.81	1.00
14	2024	8.606	1.224	42.589	52.419	0.16	0.02	0.81	1.00
15	2025	8.878	1.312	43.480	53.670	0.17	0.02	0.81	1.00
16	2026	9.140	1.400	44.330	54.870	0.17	0.03	0.81	1.00
17	2027	9.393	1.488	45.143	56.024	0.17	0.03	0.81	1.00

Sumber : Hasil Perhitungan

## **BAB V**

### **KAPASITAS SISI UDARA**

Kapasitas bandara tergantung pada sejumlah kondisi yang berlaku termasuk *ceiling*, *visibility*, *air traffic control*, campuran pesawat, dan jenis operasi. FAA (*Federal Aviation Administration*) mengembangkan model *airside* baru untuk mengakomodasi teknologi pesawat terbang yang lebih maju. Kapasitas terdefiniskan sebagai “Jumlah operasi pesawat udara maksimum (kedatangan dan keberangkatan) yang dapat diakomodasi pada komponen *airside* bandara dalam satu jam”. Kapasitas komponen *airside* bandara meliputi kapasitas *runway*, kapasitas *taxiway*, dan jumlah *gate-apron group*, tidak bergantung pada komponen lainnya dan dihitung secara terpisah. Kapasitas yang tidak memadai menyebabkan meningkatnya penundaan pada bandara. *Delay* adalah faktor terpenting pada analisis keuntungan-kerugian. Sehingga, kapasitas sangat penting dalam kinerja bandara. Bab ini akan membahas perhitungan kapasitas komponen *airside* beserta perkiraan jumlah *delay time* dalam satu jam.

#### **5.1. Kapasitas Sisi Udara Tahun 2017**

##### **5.1.1. Kapasitas *Runway***

Menghitung kapasitas *runway* membutuhkan data kecepatan landing pesawat, prosentase campuran pesawat dan waktu pemakaian *runway*. Data-data tersebut kemudian dikelompokkan menjadi 4 kelas sesuai dengan *landing speed*nya. Campuran pesawat berdasarkan karakteristiknya dapat dilihat pada tabel 5.1 berikut:

Tabel 5. 1 Campuran Pesawat 2017 dan Karakteristiknya

Kategori Pesawat	V <sub>pesawat</sub> (knot)	Waktu Pemakaian Runway (s)	Campuran (%)	
			ARR	DEP
A	65	45	17	17
B	120	103	18	18
C	139	77	26	26
D	150	78	39	39

Sumber: Hasil rekapitulasi

### 1) Kedatangan Saja

Perhitungan kapasitas *runway* dilakukan dengan beberapa kondisi. Kondisi pertama yaitu dengan menganggap bahwa *runway* hanya menerima pesawat yang akan *landing* saja. Sesuai dengan Tinjauan Pustaka, Sub bab 2.2.2.1 maka keadaan kedatangan saja dibagi menjadi

#### a Keadaan Bebas Kesalahan

Berdasarkan aturan yang dikeluarkan oleh FAA mengenai pemisahan jarak pesawat, jarak pisah minimum pesawat yang di dekat landasan ( $\delta_{ij}$ ) adalah 3 nmi dan jalur pintu masuk rata-rata sebesar 6 nmi.

#### – Keadaan Merapat ( $V_i \leq V_j$ )

Keadaan kecepatan pesawat didepan (*leading*)  $V_i$ , lebih lambat dari pesawat yang di belakang (*trailing*)  $V_j$ .

$$T_{ij} = T_j - T_i = \frac{\delta_{ij}}{V_j}$$

- Untuk pesawat kategori A di depan pesawat kategori B, maka  $\delta_{AB} = 3$  nmi;  $V_A = 65$  knot;  $V_B = 120$  Knot, didapat

$$T_{AB} = \frac{3}{120} (3600) = 90 \text{ detik}$$

- Untuk pesawat kategori A di depan pesawat kategori C, maka  $\delta_{AC} = 3$  nmi;  $V_A = 65$  knot;  $V_C = 139$  Knot, didapat

$$T_{AC} = \frac{3}{139}(3600) = 77.7 \text{ detik}$$

- Untuk pesawat kategori A di depan pesawat kategori D, maka  $\delta_{AD} = 3$  nmi;  $V_A = 65$  knot;  $V_D = 150$  Knot, didapat  $T_{AD} = \frac{3}{150}(3600) = 72$  detik
- Untuk pesawat kategori C di depan pesawat kategori D, maka  $\delta_{CD} = 3$  nmi;  $V_C = 139$  knot;  $V_D = 150$  Knot, didapat  $T_{CD} = \frac{3}{150}(3600) = 72$  detik
- Untuk pesawat kategori B di depan pesawat kategori C, maka  $\delta_{BC} = 3$  nmi;  $V_B = 120$  knot;  $V_C = 139$  Knot, didapat  $T_{BC} = \frac{3}{139}(3600) = 77.7$  detik
- Untuk pesawat kategori B di depan pesawat kategori D, maka  $\delta_{BD} = 3$  nmi;  $V_B = 120$  knot;  $V_D = 150$  Knot, didapat  $T_{BD} = \frac{3}{150}(3600) = 72$  detik

– Keadaan Merenggang ( $V_i > V_j$ )

Keadaan kecepatan pesawat didepan (*leading*)  $V_i$ , lebih cepat dari pesawat yang di belakang (*trailing*)  $V_j$ .

$$\Delta T_{ij} = T_j - T_i = \frac{\delta_{ij}}{V_i} + \gamma \left( \frac{1}{V_j} - \frac{1}{V_i} \right)$$

- Untuk pesawat kategori D di depan pesawat kategori C, maka  $\gamma = 6$  nmi;  $\delta_{DC} = 3$  nmi;  $V_D = 150$  knot;  $V_C = 139$  Knot, didapat  $\Delta T_{DC} = T_C - T_D = \frac{3(3600)}{150} + 6 \left( \frac{1}{139} - \frac{1}{150} \right) = 72$  detik
- Untuk pesawat kategori D di depan pesawat kategori B, maka  $\gamma = 6$  nmi;  $\delta_{DB} = 3$  nmi;  $V_D = 150$  knot;  $V_B = 120$  Knot, didapat  $\Delta T_{DB} = T_B - T_D = \frac{3(3600)}{150} + 6 \left( \frac{1}{120} - \frac{1}{150} \right) = 72$  detik
- Untuk pesawat kategori D di depan pesawat kategori A, maka  $\gamma = 6$  nmi;  $\delta_{DA} = 3$  nmi;  $V_D = 150$  knot;  $V_A = 65$  Knot, didapat



$$\Delta T_{DA} = T_A - T_D = \frac{3(3600)}{150} + 6 \left( \frac{1}{65} - \frac{1}{150} \right) = 72 \text{ detik}$$

- Untuk pesawat kategori C di depan pesawat kategori B, maka  $\Upsilon = 6$  nmi;  $\delta_{CB} = 3$  nmi;  $V_C = 139$  knot;  $V_B = 120$  Knot, didapat

$$\Delta T_{CB} = T_B - T_C = \frac{3(3600)}{139} + 6 \left( \frac{1}{120} - \frac{1}{139} \right) = 77.7 \text{ detik}$$

- Untuk pesawat kategori C di depan pesawat kategori A, maka  $\Upsilon = 6$  nmi;  $\delta_{CA} = 3$  nmi;  $V_C = 139$  knot;  $V_A = 65$  Knot, didapat

$$\Delta T_{CA} = T_A - T_C = \frac{3(3600)}{139} + 6 \left( \frac{1}{65} - \frac{1}{139} \right) = 77.7 \text{ detik}$$

- Untuk pesawat kategori B di depan pesawat kategori A, maka  $\Upsilon = 6$  nmi;  $\delta_{BA} = 3$  nmi;  $V_B = 120$  knot;  $V_A = 65$  Knot, didapat

$$\Delta T_{BA} = T_A - T_B = \frac{3(3600)}{120} + 6 \left( \frac{1}{65} - \frac{1}{120} \right) = 90 \text{ detik}$$

- Keadaan Sama Besar ( $V_i = V_j$ )

Keadaan kecepatan pesawat di depan  $i$  dan dibelakang  $j$  sama besar.

$$T_{ij} = T_j - T_i = \frac{\delta_{ij}}{V_j}$$

- Untuk pesawat kategori A di depan pesawat kategori A, maka  $\delta_{AA'} = 3$  nmi;  $V_A = 65$  knot;  $V_A = 65$  Knot, didapat

$$T_{AA'} = \frac{3}{65}(3600) = 166.2 \text{ detik}$$

- Untuk pesawat kategori B di depan pesawat kategori B, maka  $\delta_{BB'} = 3$  nmi;  $V_B = 120$  knot;  $V_B = 120$  Knot, didapat

$$T_{BB'} = \frac{3}{120}(3600) = 90 \text{ detik}$$

- Untuk pesawat kategori C di depan pesawat kategori C, maka  $\delta_{CC'} = 3$  nmi;  $V_C = 139$  knot;  $V_C = 139$  Knot, didapat

$$T_{CC'} = \frac{3}{139}(3600) = 77.7 \text{ detik}$$

- Untuk pesawat kategori D di depan pesawat kategori D, maka  $\delta_{DD'} = 3$  nmi;  $V_D = 150$  knot;  $V_D = 150$  Knot, didapat

$$T_{DD'} = \frac{3}{150}(3600) = 72 \text{ detik}$$

Apabila hasil perhitungan interval waktu  $T_{ij}$  disusun kedalam matriks bebas kesalahan  $[M_{ij}]$  maka akan dihasilkan interval waktu minimum diambang *runway* untuk keadaan merapat, merenggang dan sama besar. Matriks tersebut seperti pada tabel 5.2.

Tabel 5. 2 Matriks Bebas Kesalahan  $[M_{ij}]$  2017

		Leading			
		A	B	C	D
Trailing	A	166.2	90	77.7	72
	B	90	90	77.7	72
	C	77.7	77.7	77.7	72
	D	72	72	72	72

Sumber: Hasil perhitungan

Sesuai dengan tabel 5.1 campuran pesawat kategori A memiliki prosentase 17%, kategori B 18%, kategori C 26%, kategori D 39%. Kombinasi matrix bebas kesalahan  $\{M_{ij}\}$  dengan prosentase kombinasi pesawat  $[P_{ij}]$  dapat dilihat pada tabel 5.3

Tabel 5. 3 Matriks Kombinasi Bebas Kesalahan 2017

		Leading				Probability
		A	B	C	D	
Trailing	A	166.2	90	77.7	72	0.17
	B	90	90	77.7	72	0.18
	C	77.7	77.7	77.7	72	0.26
	D	72	72	72	72	0.39
Probability		0.17	0.18	0.26	0.39	

Sumber: Hasil perhitungan

Waktu pelayanan rata-rata dapat diperoleh dengan

$$E[T_{ij}] = \sum p_{ij} M_{ij} = \sum p_{ij} T_{ij}$$

$$\begin{aligned}
 E[T_{ij}] &= [(0.17 \times 166.2) + (0.18 \times 90) + (0.26 \times 77.7) + (0.39 \times 72)] \cdot 0.17 + \\
 &\quad [(0.17 \times 90) + (0.18 \times 90) + (0.26 \times 77.7) + (0.39 \times 72)] \cdot 0.18 + \\
 &\quad [(0.17 \times 77.7) + (0.18 \times 77.7) + (0.26 \times 77.7) + (0.39 \times 72)] \cdot 0.26 \\
 &\quad + [(0.17 \times 72) + (0.18 \times 72) + (0.26 \times 72) + (0.39 \times 72)] \cdot 0.39 \\
 &= 77.82 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Sehingga, dengan menggunakan persamaan (3) pada bab II kapasitas *runway* keadaan bebas kesalahan untuk melayani kedatangan saja yaitu :

$$C_a = \frac{1}{E(\Delta T_{ij})}$$

$$C_a = \frac{1}{77.82} (3600) = 46 \text{ Operasi / Jam}$$

❖ Kapasitas *runway* keadaan bebas kesalahan untuk melayani kedatangan saja yaitu 46 operasi/jam

#### b Keadaan Mempertimbangkan Kesalahan Posisi

Perhitungan dengan keadaan mempertimbangkan kesalahan posisi membutuhkan standart deviasi terjadinya *error* dan *probability of violation*. Standart deviasi sesuai dengan hasil survey yaitu 30.9 detik dengan *probability of violation* 5 persen. Dengan *probability of violation* 5 persen, nilai  $q_v$  yaitu 1,65.

– Keadaan Merapat ( $V_i \leq V_j$ )

Keadaan kecepatan pesawat didepan (*leading*)  $V_i$ , lebih lambat dari pesawat yang di belakang (*trailing*)  $V_j$ .

$$B_{ij} = \sigma_0 q_v$$

$$B_{ij} = B_{AB} = B_{AC} = B_{AD} = B_{BC} = B_{BD} = B_{CD} = 30.9 (1.65) = 51 \text{ detik}$$

– Keadaan Merenggang ( $V_i > V_j$ )

Keadaan kecepatan pesawat didepan (*leading*)  $V_i$ , lebih cepat dari pesawat yang di belakang (*trailing*)  $V_j$ .

$$B_{ij} = \sigma_0 q_v - \delta_{ij} \left( \frac{1}{V_j} - \frac{1}{V_i} \right)$$

• Untuk pesawat kategori D di depan pesawat kategori C, maka  $\gamma = 6$  nmi;  $\delta_{DC} = 3$  nmi;  $V_D = 150$  knot;  $V_C = 139$  Knot, didapat

$$B_{DC} = (30.9 \times 1.65) - 3 \left( \frac{1}{139} - \frac{1}{150} \right) (3600)$$

$$= 45.3 \text{ detik}$$

- Untuk pesawat kategori D di depan pesawat kategori B, maka  $\Upsilon = 6 \text{ nmi}$ ;  $\delta_{DB} = 3 \text{ nmi}$ ;  $V_D = 150 \text{ knot}$ ;  $V_B = 120 \text{ Knot}$ , didapat

$$B_{DB} = (30.9 \times 1.65) - 3 \left( \frac{1}{120} - \frac{1}{150} \right) (3600) \\ = 32.98 \text{ detik}$$

- Untuk pesawat kategori D di depan pesawat kategori A, maka  $\Upsilon = 6 \text{ nmi}$ ;  $\delta_{DA} = 3 \text{ nmi}$ ;  $V_D = 150 \text{ knot}$ ;  $V_A = 65 \text{ Knot}$ , didapat

$$B_{DA} = (30.9 \times 1.65) - 3 \left( \frac{1}{65} - \frac{1}{150} \right) (3600) \\ = -43.2 \text{ detik}$$

- Untuk pesawat kategori C di depan pesawat kategori B, maka  $\Upsilon = 6 \text{ nmi}$ ;  $\delta_{CB} = 3 \text{ nmi}$ ;  $V_C = 139 \text{ knot}$ ;  $V_B = 120 \text{ Knot}$ , didapat

$$B_{CB} = (30.9 \times 1.65) - 3 \left( \frac{1}{120} - \frac{1}{139} \right) (3600) \\ = 38.7 \text{ detik}$$

- Untuk pesawat kategori C di depan pesawat kategori A, maka  $\Upsilon = 6 \text{ nmi}$ ;  $\delta_{CA} = 3 \text{ nmi}$ ;  $V_C = 139 \text{ knot}$ ;  $V_A = 65 \text{ Knot}$ , didapat

$$B_{CA} = (30.9 \times 1.65) - 3 \left( \frac{1}{65} - \frac{1}{139} \right) (3600) \\ = -37.5 \text{ detik}$$

- Untuk pesawat kategori B di depan pesawat kategori A, maka  $\Upsilon = 6 \text{ nmi}$ ;  $\delta_{BA} = 3 \text{ nmi}$ ;  $V_B = 120 \text{ knot}$ ;  $V_A = 65 \text{ Knot}$ , didapat

$$B_{BA} = (30.9 \times 1.65) - 3 \left( \frac{1}{65} - \frac{1}{120} \right) (3600) \\ = -25.2 \text{ detik}$$

– Keadaan Sama Besar ( $V_i = V_j$ )

Keadaan kecepatan yang diperbolehkan pesawat di depan  $i$  dan dibelakang  $j$  sama besar. Nilai keadaan ini sama seperti perhitungan keadaan merapat yaitu

$$B_{ij} = B_{AA'} = B_{BB'} = B_{CC'} = B_{DD'} = 51 \text{ detik}$$

Apabila nilai interval waktu  $B_{ij}$  disusun kedalam matriks kesalahan posisi  $[B_{ij}]$  maka akan dihasilkan interval waktu minimum diambang *runway* untuk keadaan merapat, merenggang dan sama besar. Matriks tersebut seperti pada tabel 5.4.

Tabel 5. 4 Matriks Kesalahan Posisi  $[B_{ij}]$  2017

		Leading			
		A	B	C	D
Trailing	A	50.981	0	0	0
	B	50.981	50.981	38.679	32.981
	C	50.981	50.981	50.981	45.283
	D	50.981	50.981	50.981	50.981

Keterangan: Nilai buffer time yang negatif tidak diperbolehkan dan nilai positif minimum adalah nol, sehingga apabila nilai buffer time negatif dianggap nol.

Sumber: Hasil perhitungan

Jarak waktu antar kedatangan pesawat di runway threshold didapatkan dari perkalian probabilitas kategori pesawat dengan jumlah matrik  $[M_{ij}] + [B_{ij}]$  (sesuai dengan tabel 5.5 dan 5.6).

Tabel 5. 5 Matriks  $[M_{ij} + [B_{ij}]$  2017

		Leading			
		A	B	C	D
Trailing	A	217.13	90.042	77.747	72.052
	B	140.98	140.98	116.38	104.99
	C	128.68	128.68	128.68	117.29
	D	122.98	122.98	122.98	122.98

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel 5. 6 Matriks Kombinasi Error Position 2017

		Leading				Probability
		A	B	C	D	
Trailing	A	217.13	90	77.75	72	0.17
	B	141	141	116.38	105	0.18
	C	128.68	128.68	128.68	117.29	0.26
	D	123	123	123	123	0.39
Probability		0.17	0.18	0.26	0.39	

Sumber: Hasil perhitungan

Waktu pelayanan rata-rata dapat diperoleh dengan

$$E[T_{ij}] = \sum p_{ij}[M_{ij} + B_{ij}]$$

$$\begin{aligned}
 E[T_{ij}] &= [(0.17 \times 217.13) + (0.18 \times 90) + (0.26 \times 77.7) + \\
 &\quad (0.39 \times 72)] \times 0.17 + [(0.17 \times 142) + (0.18 \times 141) + (0.26 \times 116.4) + \\
 &\quad (0.39 \times 105)] \times 0.18 + [(0.17 \times 128.7) + (0.18 \times 128.7) + \\
 &\quad (0.26 \times 128.7) + (0.39 \times 117.29)] \times 0.26 + [(0.17 \times 123) + \\
 &\quad (0.18 \times 123) + (0.26 \times 123) + (0.39 \times 123)] \times 0.39 \\
 &= 119.172 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Sehingga, kapasitas *runway* keadaan mempertimbangkan kesalahan untuk melayani kedatangan saja yaitu :

$$C_a = \frac{1}{E(\Delta T_{ij})}$$

$$C_a = \frac{1}{119.72} (3600) = 30 \text{ Operasi / Jam}$$

❖ Kapasitas *runway* keadaan mempertimbangkan kesalahan untuk melayani kedatangan saja yaitu 30 operasi/jam

## 2) Kedatangan Saja

Kondisi kedua yaitu dengan menganggap bahwa *runway* hanya menerima pesawat yang akan *Landing* saja. Sesuai dengan Tinjauan Pustaka, Sub bab 2.2.2.1 maka keadaan kedatangan saja dapat diperoleh. Jarak pisah minimum antar keberangkatan didapatkan sebesar 120 detik (standart FAA).

Berdasarkan persamaan (12), (11) pada BAB II dan prosentase tabel 5.1, dapat dihitung besar pelayanan antar keberangkatan di *runway threshold* adalah sebagai berikut:

$$E(t_d) = \sum [p_{ij}] [t_d]$$

$$E(t_d) = 0.17 (120) + 0.18 (120) + 0.26 (120) + 0.39 (120)$$

$$= 120 \text{ detik.}$$

Sehingga, Kapasitas *runway* untuk melayani kedatangan saja yaitu :

$$C_d = \frac{3600}{E(t_d)}$$

$$C_d = \frac{3600}{120} = 30 \text{ operasi/jam}$$

❖ Kapasitas *runway* keadaan untuk melayani kedatangan saja yaitu 30 operasi/jam

### 3) Operasi Campuran

Kondisi terakhir yaitu dengan menemukan kapasitas *runway* dalam operasi campuran (satu keberangkatan diantara dua kedatangan). Perhitungan kondisi ini memerlukan waktu pemakaian *runway* rata-rata  $E[R_i]$ , Waktu yang diharapkan pesawat yang datang menempuh jarak 2 nmi terakhir ke *runway threshold*  $E[\delta_d/V_j]$ , Nilai yang diharapkan dari waktu antar kedatangan pesawat campuran di *runway threshold*  $E(t_d)$  dan  $E(B_{ij})$ .

– Waktu pemakaian *runway* rata-rata, merupakan jumlah perkalian dari prosentase tiap kategori dengan waktu pemakaian *runway* tiap kategori pesawat (tabel 5.1). Nilai waktu pemakaian *runway* rata-rata adalah

$$E[R_i] = 0.17 (45) + 0.18 (103) + 0.26 (77) + 0.39 (78)$$

$$= 76.4 \text{ detik}$$

– Waktu yang diharapkan pesawat yang datang menempuh jarak 2 nmi terakhir ke *runway threshold* merupakan perkalian prosentase tiap kategori dengan 2nmi/ kecepatan pesawat tiap kategori. Nilainya adalah

$$E \left[ \frac{\delta_d}{V_j} \right] = \left[ \left( 0.17 \frac{2}{65} \right) + \left( 0.18 \frac{2}{120} \right) + 0.26 \left( \frac{2}{139} \right) + \left( 0.39 \frac{2}{150} \right) \right] 3600$$

= 61.9 detik

- Nilai yang diharapkan dari waktu antar kedatangan pesawat campuran di *runway threshold*  $E(t_d)$  adalah 120 detik.
- $E(B_{ij})$  merupakan perkalian matriks kesalahan posisi  $[B_{ij}]$  (tabel 5.4) dengan prosentasenya. Nilai dari  $E(B_{ij})$  adalah
 
$$E(B_{ij}) = 50.981 (10/16) + 0 (3/16) + 38.68 (1/16) + 45.3 (1/16) + 32.98 (1/16) = 39.172 \text{ detik}$$

Maka kemungkinan suatu operasi keberangkatan dapat dilakukan diantara dua operasi kedatangan adalah

$$E[T_{ij}] \geq E[R_i] + E\left[\frac{\delta_d}{v_j}\right] + E(B_{ij}) + (n - 1)E(t_d)$$

$$E[T_{ij}] \geq 76.4 + 61.9 + 39.172 + (n - 1) 120$$

$$E[T_{ij}] \geq 177.45 + (n - 1) 120$$

Waktu antar kedatangan untuk satu keberangkatan diantara dua kedatangan yaitu 177.45 detik. Waktu antar kedatangan untuk dua keberangkatan diantara dua kedatangan yaitu 297.45 detik. Waktu antar kedatangan untuk tiga keberangkatan diantara dua kedatangan yaitu 417.45 detik. Oleh karena itu, satu kali keberangkatan dapat dilakukan di sembarang waktu jika waktu antar kedatangan 177.45 detik dan kurang dari 297.75 detik. Dua kali keberangkatan dapat dilakukan di sembarang waktu jika waktu antar kedatangan 297.75 detik dan kurang dari 417.45 detik, dan seterusnya.

Nilai matriks waktu antar kedatangan  $[M_{ij} + B_{ij}]$  akan diganti dengan 177.45 detik apabila kurang dari 177.45 detik agar dapat melakukan satu buah keberangkatan diantara dua kedatangan. Sehingga, matrik  $[M_{ij} + B_{ij}]$  menjadi seperti tabel 5.7 berikut.



Tabel 5. 7 Matriks  $[M_{ij} + B_{ij}]$  Operasi Campuran 2017

		Leading			
		A	B	C	D
Trailing	A	217.13	177.45	177.45	177.45
	B	177.45	177.45	177.45	177.45
	C	177.45	177.45	177.45	177.45
	D	177.45	177.45	177.45	177.45

Sumber: Hasil perhitungan

Waktu pelayanan rata-rata dapat diperoleh dengan

$$E[T_{ij}] = \sum p_{ij} [M_{ij} + B_{ij}]$$

$$\begin{aligned}
 E[T_{ij}] &= [(0.17 \times 217.13) + (0.18 \times 177.45) + (0.26 \times 177.45) + \\
 &\quad (0.39 \times 177.45)] 0.17 + [(0.17 \times 177.45) + (0.18 \times 177.45) + \\
 &\quad (0.26 \times 177.45) + (0.39 \times 177.45)] 0.18 + [(0.17 \times 177.45) + \\
 &\quad (0.18 \times 177.45) + (0.26 \times 177.45) + (0.39 \times 177.45)] 0.26 + \\
 &\quad [(0.17 \times 177.45) + (0.18 \times 177.45) + (0.26 \times 177.45) + \\
 &\quad (0.39 \times 177.45)] 0.39 \\
 &= 178.61 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Kapasitas *runway* keadaan untuk melayani pesawat campuran satu keberangkatan antara dua kedatangan yaitu :

$$C_m = \frac{1}{E(\Delta T_{ij})}$$

$$C_m = \frac{1}{178.61} (3600) = 21 \text{ Operasi / Jam}$$

- ❖ Kapasitas *runway* keadaan untuk melayani pesawat campuran satu keberangkatan antara dua kedatangan yaitu 21 operasi/jam. Sehingga kapasitas eksisting *runway* berdasarkan perhitungan yaitu 21 operasi/jam. Menurut Grafik FAA (tabel 2.1) kapasitas ijin *runway* untuk single *runway* dengan mix index 81-120 yaitu 53 op/jam sehingga kapasitas *runway* masih dapat memenuhi. Jika kapasitas dibandingkan dengan *demand* tahun 2017 yaitu 31 op/jam kapasitas tahun 2017 tidak mencukupi. Menurut lampiran B waktu pelayanan runway yaitu 108.2 detik, waktu pelayanan tersebut sesuai standart FAA yaitu 120 detik. Berdasarkan waktu pelayanan

rata-rata perhitungan yaitu 178.61 detik, waktu pelayanan melebihi standart FAA yaitu 120 detik.

### 5.1.2. Delay Pesawat

Perhitungan *delay* pesawat dilakukan dengan mengikuti prosedur sesuai dengan Bab Tinjauan Pustaka sub bab 2.2.2.4.

#### 1) Ratio D/C

Menghitung ratio D/C yaitu membagi banyaknya permintaan dengan kapasitas yang ada. Banyaknya permintaan didapat dari perkiraan volume lalu lintas udara tahun 2017 sedangkan kapasitas didapat dari hasil perhitungan pada sub bab sebelumnya (5.1.1). Sesuai dengan hasil tersebut *demand* pada tahun 2017 adalah 31 operasional/jam sedangkan kapasitasnya 21 operational/jam. Ratio D/C dari nilai tersebut adalah

$$\frac{D}{C} = \frac{31}{21} = 1.48$$

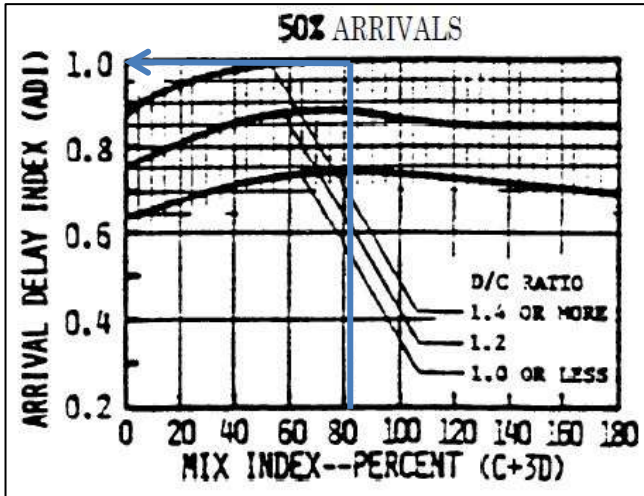
#### 2) ADI dan DDI

ADI (*Arrival Delay Index*) dan DDI (*Departure Delay Index*) merupakan indeks penundaan yang diberikan dari penelitian FAA terhadap beberapa variasi kondisi. *Index* tersebut bergantung kepada nilai D/C dan juga *mix index* suatu bandara. *Mix index* merupakan hasil penjumlahan prosentase pesawat berbobot antara 12500 lb-300000 lb dan tiga kali prosentase pesawat berbobot lebih dari 300000 lb.

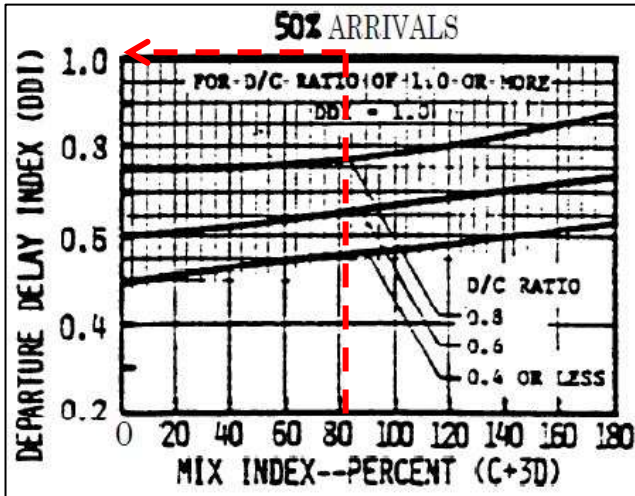
Pesawat yang berada di Bandara Ahmad Yani Semarang tahun 2017 memiliki prosentase berdasarkan bobot kelas A = 15%, kategori B = 2%, kategori C = 83%. Berdasarkan prosentase tersebut maka *mix index* adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned} \text{Mix Index} &= \%C + 3 \times \%D \\ &= 83 + 3(0) = 83 \end{aligned}$$

Pada gambar 5.1 dan 5.2 dengan memasukkan prosentase *arrival* bandara = 50% , *mix index* = 83 dan D/C = 1.48 maka akan didapat ADI sebesar 1 dan DDI sebesar 1.



Gambar 5. 1 Arrival Delay Index  
Sumber: FAA



Gambar 5. 2 Departure Delay Index 2017  
Sumber: FAA

## 3) ADF dan DDF

*Arrival Delay Factor* (ADF) dan *Departure Delay Factor* (DDF) didapatkan dari

$$\text{ADF} = \text{ADI} \times [\text{D/C}]$$

$$\text{ADF} = 1 \times 1.48 = 1.48$$

$$\text{DDF} = \text{DDI} \times [\text{D/C}]$$

$$\text{DDF} = 1 \times 1.48 = 1.48$$

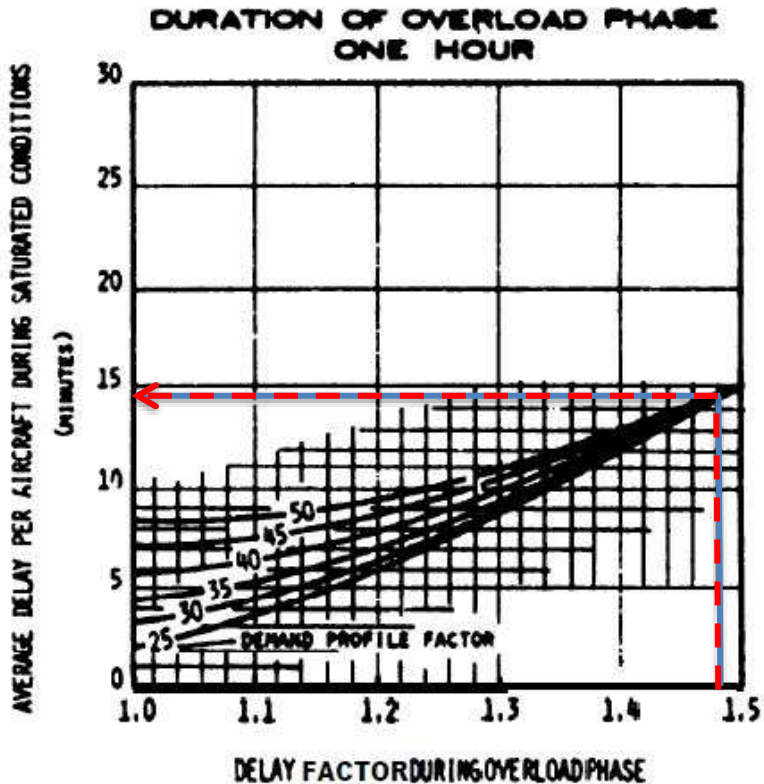
## 4) Demand Profile Factor

*Demand Profile Factor* merupakan perbandingan 15 permintaan terbanyak dengan permintaan perjam. *Peak 15 minutes demand* didapat dari mempresentase jumlah pesawat 15 menit tersibuk hasil survey kemudian pengalihan dengan hasil perkiraan volume lalu lintas tahun 2017. *Hourly demand* merupakan perkiraan jumlah permintaan pada jam tersibuk. Sehingga demand profile factornya

$$\begin{aligned} \text{Demand Profile Factor} &= \frac{\text{Peak 15 minutes demand}}{\text{Hourly demand}} \times 100\% \\ &= 10/31 (100\%) \\ &= 32 \end{aligned}$$

## 5) DAHA dan DAHD

DAHA (*Delay Average Hourly Arrival*) dan DAHD (*Delay Average Hourly Departure*) merupakan estimasi besarnya delay rata-rata per pesawat pada kedatangan dan keberangkatan. Nilai dari DAHA dan DAHD didapatkan dari grafik FAA dengan input *delay factor* dan *demand profile factor*. Berdasarkan gambar 5.3 DAHA sebesar 14.5 menit dan DAHD sebesar 14.5 menit.



Gambar 5. 3 Average Delay per Aircraft 2017 untuk delay factor lebih dari 1

Sumber: FAA

6) DTH

DTH (*Delay Total Hour*) adalah total rata-rata *delay* pesawat perjam. Nilai dari DTH yaitu

$$DTH = HD \{ [PA \times DAHA] + [(1-PA) \times DAHD] \}$$

$$DTH = 31 \{ [0.5 \times 14.5] + [(1-0.5) \times 14.5] \} = 449.5 \text{ menit} \\ = 7.49 \text{ jam}$$

❖ Total Delay rata-rata dalam satu jam adalah 7.49 jam

### 5.1.3. Kapasitas Taxiway

Perhitungan kapasitas landas hubung (*taxiway*) memerlukan data *mix index*, kapasitas *runway* per jam, jarak *taxiway* dari *departure end of runway*. *Mix index* merupakan hasil penjumlahan prosentase pesawat berbobot antara 12.500 lb-300.000 lb dan tiga kali prosentase pesawat berbobot lebih dari 300.000 lb.

Pesawat yang berada di Bandara Ahmad Yani Semarang tahun 2017 memiliki prosentase berdasarkan bobot kelas A = 15%, kategori B = 2%, kategori C = 83%. Berdasarkan prosentase tersebut maka *mix index* adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned} \text{Mix Index} &= \%C + 3 \times \%D \\ &= 83 + 3(0) = 83 \end{aligned}$$

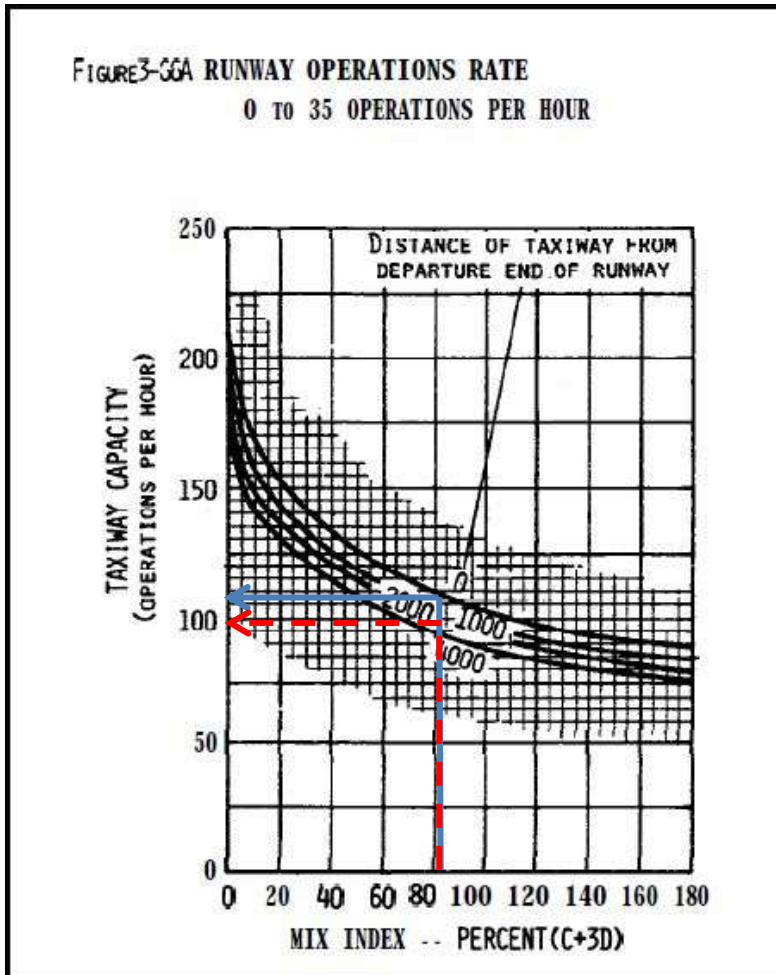
Kapasitas runway perjam berdasarkan hasil 5.1.1 adalah 21 operasi perjam. Jarak *taxiway* dari *departure end of runway* 13 adalah 250 m dan dari *runway* 31 adalah 2.310 m. Berdasarkan data tersebut maka dapat dicari kapasitas *taxiway* sesuai gambar 5.4 adalah sebagai berikut

Tabel 5. 8 Kapasitas Taxiway 2017

Tahun	Kapasitas Taxiway (operasi/jam)	
	Take Off dari RW 13	Take Off dari RW 31
2017	105	95

Sumber: Hasil Analisis

- ❖ Kapasitas taxiway dari runway 13 adalah 105 operasi/jam sedangkan untuk runwaynya adlah 95



Gambar 5. 4 Grafik Taxiway Capacity 2017  
Sumber: FAA

#### 5.1.4. Kapasitas Apron

Perhitungan kapasitas *apron*, bertujuan untuk mengetahui kemampuan *apron* saat ini dalam menampung jumlah pesawat yang beroperasi. Sama seperti kapasitas *runway*, perhitungan

kapasitas *apron* juga mengklasifikasikan jenis pesawat. Perhitungan kapasitas *apron* membutuhkan data *gate occupancy time*, Jumlah pergerakan jam sibuk, *wing span* pesawat, *wheel base* dan panjang pesawat.

*Gate occupancy time* merupakan rata-rata waktu total yang diperlukan setiap pesawat untuk berada di sebuah *apron* mulai penumpang naik, turun dari pesawat sekaligus bongkar muat bagasi dan pengisian bahan bakar. Hasil rekap *gate occupancy time* berdasarkan hasil survey terdapat pada tabel 5.9. Jumlah pergerakan pada jam sibuk tiap jenis pesawat diperoleh dari mengalikan jumlah pergerakan pada hari sibuk dengan prosentase setiap jenis pesawat pada hari sibuk dan *ratio* jam puncak, sehingga didapatkan jumlah pergerakan seperti pada tabel 5.9. *Wheel base*, *wing span* dan panjang pesawat diperoleh dari spesifikasi tiap jenis pesawat (tabel 5.10).

Tabel 5. 9 Gate Occupancy Time rata-rata tiap pesawat dan jumlah pergerakannya 2017

No	Jenis Pesawat	Jumlah Pergerakan per jam Sibuk	Gate Occupancy Time Rata-Rata
1	A320	7	0:25:48
2	B738	9	0:25:12
3	B739	4	0:21:29
4	B735	6	0:19:03
5	B734	2	0:16:54
6	CRJ1000	1	0:25:02
7	E195	1	0:13:30
8	ATR72	1	0:20:20

Sumber: Hasil Perhitungan



Tabel 5. 10 Karakteristik Pesawat 2017

No	Jenis Pesawat	Wing Span (m)	Wheel Base (m)	Panjang Pesawat (m)
1	A320	35.79	12.6	37.57
2	B738	35.79	15.6	39.47
3	B739	35.79	17.7	40.67
4	B735	28.88	11.07	35.23
5	B734	28.88	14.27	29.79
6	CRJ1000	26.2	9.56	39.1
7	E195	28.72	11	38.65
8	ATR72	27.05	10.8	27.170

Sumber: Hasil Rekapitulasi

#### 1) Perencanaan Jumlah Gate

Konfigurasi akhir antar muka sisi udara bergantung pada besarnya jumlah gate pesawat. Maka jumlah gate dapat dicari

$$G = \frac{V \cdot T}{\mu}$$

Contoh perhitungan mendapatkan jumlah gate tiap jenis pesawat adalah sebagai berikut:

Untuk pesawat B739

$$G = \frac{4 \times [(21+29/60)/60]}{0.7} = 2 \text{ buah}$$

Dengan cara yang sama untuk menghitung jumlah gate tiap jenis pesawat hasil dapat dilihat pada tabel 5.11

Tabel 5. 11 Perhitungan Jumlah Gate 2017

No	Jenis Pesawat	Jumlah Pergerakan per jam Sibuk	Gate Occupacy Time Rata-Rata	Jumlah Gate
1	A320	7	0:25:48	4
2	B738	9	0:25:12	5
3	B739	4	0:21:29	2
4	B735	6	0:19:03	3
5	B734	2	0:16:54	1
6	CRJ1000	1	0:25:02	0
7	E195	1	0:13:30	0
8	ATR72	1	0:20:20	0
			Σ	15

Sumber: Hasil Perhitungan

## 2) Perencanaan Panjang Apron

Konsep Apron yang digunakan di Bandara Ahmad Yani adalah konsep linier. Konsep linier merupakan konsep parkir pesawat yang sejajar berderet dengan konfigurasi nose in (posisi pesawat tegak lurus terminal). Panjang apron dibutuhkan agar saat parkir sayap pesawat tidak bersentuhan dengan pesawat lain. Contoh perhitungan mencari panjang apron tiap jenis pesawat adalah sebagai berikut.

- Radius Putaran pesawat B739 adalah

$$R = \frac{\text{Wingspan}}{2} + \frac{\text{Wheel base}}{\text{tg } 60^\circ}$$

$$= \frac{35.79}{2} + \frac{17.7}{\text{tg } 60^\circ} = 28.11 \text{ (m)}$$

- Panjang apron yang dibutuhkan untuk pesawat B739 adalah

$$\text{Panjang Apron(m)} = G . 2R + G . C$$

$$\text{Panjang Apron B739} = (2 \times 2 \times 28.11) + (2 \times 9.144)$$

$$= 329.64 \text{ m}$$

Dengan cara yang sama untuk menghitung panjang apron tiap jenis pesawat hasil dapat dilihat pada tabel 5.12

Tabel 5. 12 Perhitungan Panjang Apron 2017

No	Jenis Pesawat	Jumlah Pergerakan per jam Sibuk	Jumlah Gate	R (m)	Panjang Apron (m)
1	A320	7	4	25.17	263.93
2	B738	9	5	26.90	329.64
3	B739	4	2	28.11	120.76
4	B735	6	3	20.83	138.71
5	B734	2	1	22.68	46.20
6	CRJ1000	1	0	18.62	16.64
7	E195	1	0	20.71	19.57
8	ATR72	1	0	19.76	14.18
				$\Sigma$	949.63

Sumber: Hasil Perhitungan

### 3) Perencanaan Lebar Apron

Lebar apron berhubungan dengan panjang badan pesawat.

Lebar apron tidak boleh kurang dari panjang pesawat.

$$\text{Lebar Apron (m)} = L + W + C$$

$$\text{Lebar Apron B739} = 40.67 + 88.392 + 9.144 = 138.206 \text{ m}$$

Dengan cara yang sama untuk menghitung lebar apron tiap jenis pesawat hasil dapat dilihat pada tabel 5.13

Tabel 5. 13 Lebar Apron 2017

No	Jenis Pesawat	Panjang Pesawat (m)	Wing Span (m)	Lebar Apron (m)
1	A320	37.57	35.79	135.106
2	B738	39.47	35.79	137.006

3	B739	40.67	35.79	138.206
4	B735	35.23	28.88	132.766
5	B734	29.79	28.88	127.326
6	CRJ1000	39.1	26.2	136.636
7	E195	38.65	28.72	136.186
8	ATR72	27.170	27.05	124.706

Sumber: Hasil Perhitungan

- ❖ Kapasitas apron 2017 memiliki jumlah gate 15 buah, panjang apron = 950 m, lebar yang dipakai untuk lebar apron adalah 150 m. Menurut jumlah gate dan luasan apron yang tersedia yaitu 8 buah dan 29008 m<sup>2</sup> kapasitas tersebut tidak memenuhi.

## 5.2. Kapasitas Sisi Udara 2027

### 5.2.1. Kapasitas Runway

Menghitung kapasitas *runway* membutuhkan data kecepatan landing pesawat, prosentase campuran pesawat dan waktu pemakaian *runway*. Data-data tersebut kemudian dikelompokkan menjadi 4 kelas sesuai dengan *landing speednya*. Campuran pesawat berdasarkan karakteristiknya dapat dilihat pada tabel 5.14 berikut:

Tabel 5. 14 Campuran Pesawat 2027 dan Karakteristiknya

Kategori Pesawat	V <sub>pesawat</sub> (knot)	Waktu Pemakaian Runway (s)	Campuran (%)	
			ARR	DEP
A	65	45	20	20
B	120	103	19	19
C	139	77	23	23
D	150	78	38	38

Sumber: Hasil rekapitulasi

## 1) Kedatangan Saja

Perhitungan kapasitas *runway* dilakukan dengan beberapa kondisi. Kondisi pertama yaitu dengan menganggap bahwa *runway* hanya menerima pesawat yang akan *landing* saja. Sesuai dengan Tinjauan Pustaka, Sub bab 2.2.2.1 maka keadaan kedatangan saja dibagi menjadi

## a Keadaan Bebas Kesalahan

Berdasarkan aturan yang dikeluarkan oleh FAA mengenai pemisahan jarak pesawat, jarak pisah minimum pesawat yang di dekat landasan ( $\delta_{ij}$ ) adalah 3 nmi dan jalur pintu masuk rata-rata sebesar 6 nmi.

– Keadaan Merapat ( $V_i \leq V_j$ )

Keadaan kecepatan pesawat didepan (*leading*)  $V_i$ , lebih lambat dari pesawat yang di belakang (*trailing*)  $V_j$ .

$$T_{ij} = T_j - T_i = \frac{\delta_{ij}}{V_j}$$

- Untuk pesawat kategori A di depan pesawat kategori B, maka  $\delta_{AB} = 3$  nmi;  $V_A = 65$  knot;  $V_B = 120$  Knot, didapat

$$T_{AB} = \frac{3}{120}(3600) = 90 \text{ detik}$$

- Untuk pesawat kategori A di depan pesawat kategori C, maka  $\delta_{AC} = 3$  nmi;  $V_A = 65$  knot;  $V_C = 139$  Knot, didapat

$$T_{AC} = \frac{3}{139}(3600) = 77.7 \text{ detik}$$

- Untuk pesawat kategori A di depan pesawat kategori D, maka  $\delta_{AD} = 3$  nmi;  $V_A = 65$  knot;  $V_D = 150$  Knot, didapat

$$T_{AD} = \frac{3}{150}(3600) = 72 \text{ detik}$$

- Untuk pesawat kategori C di depan pesawat kategori D, maka  $\delta_{CD} = 3$  nmi;  $V_C = 139$  knot;  $V_D = 150$  Knot, didapat

$$T_{CD} = \frac{3}{150}(3600) = 72 \text{ detik}$$

- Untuk pesawat kategori B di depan pesawat kategori C, maka  $\delta_{BC} = 3$  nmi;  $V_B = 120$  knot;  $V_C = 139$  Knot, didapat

$$T_{BC} = \frac{3}{139}(3600) = 77.7 \text{ detik}$$

- Untuk pesawat kategori B di depan pesawat kategori D, maka  $\delta_{AB} = 3$  nmi;  $V_B = 120$  knot;  $V_D = 150$  Knot, didapat  $T_{BD} = \frac{3}{150}(3600) = 72$  detik
- Keadaan Merenggang ( $V_i > V_j$ )  
Keadaan kecepatan pesawat didepan (*leading*)  $V_i$ , lebih cepat dari pesawat yang di belakang (*trailing*)  $V_j$ .  
$$\Delta T_{ij} = T_j - T_i = \frac{\delta_{ij}}{V_i} + \gamma \left( \frac{1}{V_j} - \frac{1}{V_i} \right)$$
  - Untuk pesawat kategori D di depan pesawat kategori C, maka  $\gamma = 6$  nmi;  $\delta_{DC} = 3$  nmi;  $V_D = 150$  knot;  $V_C = 139$  Knot, didapat 
$$\Delta T_{DC} = T_C - T_D = \frac{3(3600)}{150} + 6 \left( \frac{1}{139} - \frac{1}{150} \right) = 72 \text{ detik}$$
  - Untuk pesawat kategori D di depan pesawat kategori B, maka  $\gamma = 6$  nmi;  $\delta_{DB} = 3$  nmi;  $V_D = 150$  knot;  $V_B = 120$  Knot, didapat 
$$\Delta T_{DB} = T_B - T_D = \frac{3(3600)}{150} + 6 \left( \frac{1}{120} - \frac{1}{150} \right) = 72 \text{ detik}$$
  - Untuk pesawat kategori D di depan pesawat kategori A, maka  $\gamma = 6$  nmi;  $\delta_{DA} = 3$  nmi;  $V_D = 150$  knot;  $V_A = 65$  Knot, didapat 
$$\Delta T_{DA} = T_A - T_D = \frac{3(3600)}{150} + 6 \left( \frac{1}{65} - \frac{1}{150} \right) = 72 \text{ detik}$$
  - Untuk pesawat kategori C di depan pesawat kategori B, maka  $\gamma = 6$  nmi;  $\delta_{CB} = 3$  nmi;  $V_C = 139$  knot;  $V_B = 120$  Knot, didapat 
$$\Delta T_{CB} = T_B - T_C = \frac{3(3600)}{139} + 6 \left( \frac{1}{120} - \frac{1}{139} \right) = 77.7 \text{ detik}$$
  - Untuk pesawat kategori C di depan pesawat kategori A, maka  $\gamma = 6$  nmi;  $\delta_{CA} = 3$  nmi;  $V_C = 139$  knot;  $V_A = 65$  Knot, didapat 
$$\Delta T_{CA} = T_A - T_C = \frac{3(3600)}{139} + 6 \left( \frac{1}{65} - \frac{1}{139} \right) = 77.7 \text{ detik}$$

- Untuk pesawat kategori B di depan pesawat kategori A, maka  $\gamma = 6$  nmi;  $\delta_{BA} = 3$  nmi;  $V_B = 120$  knot;  $V_A = 65$  Knot, didapat

$$\Delta T_{BA} = T_A - T_B = \frac{3(3600)}{120} + 6 \left( \frac{1}{65} - \frac{1}{120} \right) = 90 \text{ detik}$$

- Keadaan Sama Besar ( $V_i = V_j$ )  
Keadaan kecepatan pesawat di depan  $i$  dan dibelakang  $j$  sama besar.

$$T_{ij} = T_j - T_i = \frac{\delta_{ij}}{V_j}$$

- Untuk pesawat kategori A di depan pesawat kategori A, maka  $\delta_{AA'} = 3$  nmi;  $V_A = 65$  knot;  $V_A = 65$  Knot, didapat

$$T_{AA'} = \frac{3}{65}(3600) = 166.2 \text{ detik}$$

- Untuk pesawat kategori B di depan pesawat kategori B, maka  $\delta_{BB'} = 3$  nmi;  $V_B = 120$  knot;  $V_B = 120$  Knot, didapat

$$T_{BB'} = \frac{3}{120}(3600) = 90 \text{ detik}$$

- Untuk pesawat kategori C di depan pesawat kategori C, maka  $\delta_{CC'} = 3$  nmi;  $V_C = 139$  knot;  $V_C = 139$  Knot, didapat

$$T_{CC'} = \frac{3}{139}(3600) = 77.7 \text{ detik}$$

- Untuk pesawat kategori D di depan pesawat kategori D, maka  $\delta_{DD'} = 3$  nmi;  $V_D = 150$  knot;  $V_D = 150$  Knot, didapat

$$T_{DD'} = \frac{3}{150}(3600) = 72 \text{ detik}$$

Apabila hasil perhitungan interval waktu  $T_{ij}$  disusun kedalam matriks bebas kesalahan  $[M_{ij}]$  maka akan dihasilkan interval waktu minimum diambang *runway* untuk keadaan merapat, merenggang dan sama besar. Matriks tersebut seperti pada tabel 5.15.

Tabel 5. 15 Matriks Bebas Kesalahan  $[M_{ij}]$  2027

		Leading			
		A	B	C	D
Trailing	A	166.2	90	77.7	72
	B	90	90	77.7	72
	C	77.7	77.7	77.7	72
	D	72	72	72	72

Sumber: Hasil Perhitungan

Sesuai dengan tabel 5.14 campuran pesawat kategori A memiliki prosentase 20%, kategori B 19%, kategori C 23%, kategori D 38%. Kombinasi matrix bebas kesalahan  $\{M_{ij}\}$  dengan prosentase kombinasi pesawat  $[P_{ij}]$  dapat dilihat pada tabel 5.16

Tabel 5. 16 Matriks Kombinasi Bebas Kesalahan 2027

		Leading				Probability
		A	B	C	D	
Trailing	A	166.2	90	77.7	72.	0.20
	B	90	90	77.7	72	0.19
	C	77.7	77.7	77.7	72	0.23
	D	72	72	72	72	0.38
Probability		0.20	0.19	0.23	0.38	

Sumber: Hasil Perhitungan

Waktu pelayanan rata-rata dapat diperoleh dengan

$$E[T_{ij}] = \sum p_{ij} M_{ij} = \sum p_{ij} T_{ij}$$

$$\begin{aligned}
 E[T_{ij}] &= [(0.17 \times 166.2) + (0.18 \times 90) + (0.26 \times 77.7) + (0.39 \times 72)] 0.17 + \\
 & [(90 \times 0.17) + (90 \times 0.18) + (0.26 \times 77.7) + (0.39 \times 72)] 0.18 + \\
 & [(0.17 \times 77.7) + (0.18 \times 77.7) + (0.26 \times 77.7) + (0.39 \times 72)] 0.26 + \\
 & [(0.17 \times 72) + (0.18 \times 72) + (0.26 \times 72) + (0.39 \times 72)] 0.39 \\
 & = 79.08 \text{ detik}
 \end{aligned}$$



Sehingga, Kapasitas *runway* keadaan bebas kesalahan untuk melayani kedatangan saja yaitu :

$$C_a = \frac{1}{E(\Delta T_{ij})}$$

$$C_a = \frac{1}{79.08} (3600) = 46 \text{ Operasi / Jam}$$

❖ Kapasitas *runway* keadaan bebas kesalahan untuk melayani kedatangan saja yaitu 46 operasi/jam

b Keadaan Mempertimbangkan Kesalahan Posisi

Perhitungan dengan keadaan mempertimbangkan kesalahan posisi membutuhkan standart deviasi terjadinya *error* dan *probability of violation*. Standart deviasi sesuai dengan hasil survey yaitu 30.9 detik dengan *probability of violation* 5 persen. Dengan *probability of violation* 5 persen, nilai  $q_v$  yaitu 1,65.

– Keadaan Merapat ( $V_i \leq V_j$ )

Keadaan kecepatan pesawat didepan (*leading*)  $V_i$ , lebih lambat dari pesawat yang di belakang (*trailing*)  $V_j$ .

$$B_{ij} = \sigma_0 q_v$$

$$B_{ij} = B_{AB} = B_{AC} = B_{AD} = B_{BC} = B_{BD} = B_{CD} = 30.9 (1.65) = 51 \text{ detik}$$

– Keadaan Merenggang ( $V_i > V_j$ )

Keadaan kecepatan pesawat didepan (*leading*)  $V_i$ , lebih cepat dari pesawat yang di belakang (*trailing*)  $V_j$ .

$$B_{ij} = \sigma_0 q_v - \delta_{ij} \left( \frac{1}{V_j} - \frac{1}{V_i} \right)$$

- Untuk pesawat kategori D di depan pesawat kategori C, maka  $\Upsilon = 6$  nmi;  $\delta_{DC} = 3$  nmi;  $V_D = 150$  knot;  $V_C = 139$  Knot, didapat

$$\begin{aligned} B_{DC} &= (30.9 \times 1.65) - 3 \left( \frac{1}{139} - \frac{1}{150} \right) (3600) \\ &= 45.3 \text{ detik} \end{aligned}$$

- Untuk pesawat kategori D di depan pesawat kategori B, maka  $\Upsilon = 6$  nmi;  $\delta_{DB} = 3$  nmi;  $V_D = 150$  knot;  $V_B = 120$  Knot, didapat

$$\begin{aligned} B_{DB} &= (30.9 \times 1.65) - 3 \left( \frac{1}{120} - \frac{1}{150} \right) (3600) \\ &= 32.98 \text{ detik} \end{aligned}$$

- Untuk pesawat kategori D di depan pesawat kategori A, maka  $\Upsilon = 6$  nmi;  $\delta_{DA} = 3$  nmi;  $V_D = 150$  knot;  $V_A = 65$  Knot, didapat

$$B_{DA} = (30.9 \times 1.65) - 3 \left( \frac{1}{65} - \frac{1}{150} \right) (3600)$$

$$= -43.2 \text{ detik}$$

- Untuk pesawat kategori C di depan pesawat kategori B, maka  $\Upsilon = 6$  nmi;  $\delta_{CB} = 3$  nmi;  $V_C = 139$  knot;  $V_B = 120$  Knot, didapat

$$B_{CB} = (30.9 \times 1.65) - 3 \left( \frac{1}{120} - \frac{1}{139} \right) (3600)$$

$$= 38.7 \text{ detik}$$

- Untuk pesawat kategori C di depan pesawat kategori A, maka  $\Upsilon = 6$  nmi;  $\delta_{CA} = 3$  nmi;  $V_C = 139$  knot;  $V_A = 65$  Knot, didapat

$$B_{CA} = (30.9 \times 1.65) - 3 \left( \frac{1}{65} - \frac{1}{139} \right) (3600)$$

$$= -37.5 \text{ detik}$$

- Untuk pesawat kategori B di depan pesawat kategori A, maka  $\Upsilon = 6$  nmi;  $\delta_{BA} = 3$  nmi;  $V_B = 120$  knot;  $V_A = 65$  Knot, didapat

$$B_{BA} = (30.9 \times 1.65) - 3 \left( \frac{1}{65} - \frac{1}{120} \right) (3600)$$

$$= -25.2 \text{ detik}$$

– Keadaan Sama Besar ( $V_i = V_j$ )

Keadaan kecepatan yang diperbolehkan pesawat di depan  $i$  dan dibelakang  $j$  sama besar. Nilai keadaan ini sama seperti perhitungan keadaan merapat yaitu

$$B_{ij} = B_{AA} = B_{BB} = B_{CC} = B_{DD} = 51 \text{ detik}$$

Apabila nilai interval waktu  $B_{ij}$  disusun kedalam matriks kesalahan posisi  $[B_{ij}]$  maka akan dihasilkan interval waktu minimum diambang *runway* untuk keadaan merapat, merenggang dan sama besar. Matriks tersebut seperti pada tabel 5.17

Tabel 5. 17 Matriks Kesalahan Posisi  $[B_{ij}]$  2027

		Leading			
		A	B	C	D
Trailing	A	50.981	0	0	0
	B	50.981	50.981	38.679	32.981
	C	50.981	50.981	50.981	45.283
	D	50.981	50.981	50.981	50.981

Keterangan: Nilai buffer time yang negatif tidak diperbolehkan dan nilai positif minimum adalah nol, sehingga apabila nilai buffer time negatif dianggap nol.

Sumber: Hasil Perhitungan

Sesuai dengan persamaan (7) jarak waktu antar kedatangan pesawat di runway threshold didapatkan dari perkalian probabilitas kategori pesawat dengan jumlah matrik  $[M_{ij}] + [B_{ij}]$  (sesuai dengan tabel 5.18 dan 5.19).

Tabel 5. 18 Matriks  $[M_{ij}] + [B_{ij}]$  2027

		Leading			
		A	B	C	D
Trailing	A	217.13	90.042	77.747	72.052
	B	140.98	140.98	116.38	104.99
	C	128.68	128.68	128.68	117.29
	D	122.98	122.98	122.98	122.98

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 5. 19 Matriks Kombinasi dengan Error Position 2027

		Leading				Probability
		A	B	C	D	
Trailing	A	217.13	90	77.75	72	0.20
	B	141	141	116.38	105	0.19
	C	128.68	128.68	128.68	117.29	0.23
	D	123	123	123	123	0.38
Probability		0.20	0.19	0.23	0.38	

Sumber: Hasil Perhitungan

Waktu pelayanan rata-rata dapat diperoleh dengan

$$E[T_{ij}] = \sum p_{ij} [M_{ij} + B_{ij}]$$

$$E[T_{ij}] = [(0.17 \times 217.13) + (0.18 \times 90) + (0.26 \times 77.7) + (0.39 \times 72)] 0.17$$

$$+ [(0.17 \times 142) + (0.18 \times 141) + (0.26 \times 116.4) + (0.39 \times 105)] 0.18$$

$$+ [(0.17 \times 128.7) + (0.18 \times 128.7) + (0.26 \times 128.7) + (0.39 \times 117.29)] 0.26$$

$$+ [(0.17 \times 123) + (0.18 \times 123) + (0.26 \times 123) + (0.39 \times 123)] 0.39$$

$$= 119.6 \text{ detik}$$

Sehingga, Kapasitas *runway* keadaan mempertimbangkan kesalahan untuk melayani kedatangan saja yaitu :

$$C_a = \frac{1}{E(\Delta T_{ij})}$$

$$C_a = \frac{1}{119.6} (3600) = 30 \text{ Operasi / Jam}$$

❖ Kapasitas *runway* keadaan mempertimbangkan kesalahan untuk melayani kedatangan saja yaitu 30 operasi/jam

## 2) Kedatangan Saja

Kondisi kedua yaitu dengan menganggap bahwa *runway* hanya menerima pesawat yang akan *Landing* saja. Sesuai dengan Tinjauan Pustaka, Sub bab 2.2.2.1 maka keadaan kedatangan saja dapat diperoleh. Jarak pisah minimum antar keberangkatan didapatkan sebesar 120 detik (standart FAA).

Berdasarkan persamaan (12), (11) pada BAB II dan prosentase tabel 5.14, dapat dihitung besar pelayanan antar keberangkatan di *runway threshold* adalah sebagai berikut:

$$E(t_d) = \sum [p_{ij}] [t_d]$$

$$E(t_d) = 0.20 (120) + 0.19 (120) + 0.23 (120) + 0.38 (120) \\ = 120 \text{ detik.}$$

Sehingga, Kapasitas *runway* untuk melayani kedatangan saja yaitu :

$$C_d = \frac{3600}{E(t_d)}$$

$$C_d = \frac{3600}{120} = 30 \text{ operasi/jam}$$

❖ Kapasitas *runway* keadaan untuk melayani kedatangan saja yaitu 30 operasi/jam

### 3) Operasi Campuran

Kondisi terakhir yaitu dengan menemukan kapasitas *runway* dalam operasi campuran (satu keberangkatan diantara dua kedatangan). Perhitungan kondisi ini memerlukan waktu pemakaian *runway* rata-rata  $E[R_i]$ , Waktu yang diharapkan pesawat yang datang menempuh jarak 2 nmi terakhir ke *runway threshold*  $E[\delta_d/V_j]$ , Nilai yang diharapkan dari waktu antar kedatangan pesawat campuran di *runway threshold*  $E(t_d)$  dan  $E(B_{ij})$ .

– Waktu pemakaian *runway* rata-rata, merupakan jumlah perkalian dari prosentase tiap kategori dengan waktu pemakaian *runway* tiap kategori pesawat (tabel 5.14). Nilai waktu pemakaian *runway* rata-rata adalah

$$E[R_i] = 0.20 (45) + 0.19 (103) + 0.23 (77) + 0.38 (78) \\ = 75.98 \text{ detik}$$

– Waktu yang diharapkan pesawat yang datang menempuh jarak 2 nmi terakhir ke *runway threshold* merupakan perkalian prosentase tiap kategori dengan 2nmi/ kecepatan pesawat tiap kategori. Nilainya adalah

$$E \left[ \frac{\delta_d}{V_j} \right] = \left[ \left( 0.20 \frac{2}{65} \right) + \left( 0.19 \frac{2}{120} \right) + 0.23 \left( \frac{2}{139} \right) + \left( 0.38 \frac{2}{150} \right) \right] 3600$$

= 63.63 detik

- Nilai yang diharapkan dari waktu antar kedatangan pesawat campuran di *runway threshold*  $E(t_d)$  adalah 120 detik.
- $E(B_{ij})$  merupakan perkalian matriks kesalahan posisi  $[B_{ij}]$  (tabel 5.17) dengan prosentasenya. Nilai dari  $E(B_{ij})$  adalah
 
$$E(B_{ij}) = 50.981 (10/16) + 0 (3/16) + 38.68 (1/16) + 45.3 (1/16) + 32.98 (1/16) = 39.172 \text{ detik}$$

Maka kemungkinan suatu operasi keberangkatan dapat dilakukan diantara dua operasi kedatangan (sesuai persamaan (13)) adalah

$$E[T_{ij}] \geq E[R_i] + E\left[\frac{\delta_d}{v_j}\right] + E(B_{ij}) + (n - 1)E(t_d)$$

$$E[T_{ij}] \geq 75.98 + 63.63 + 39.172 + (n - 1) 120$$

$$E[T_{ij}] \geq 178.79 + (n - 1) 120$$

Waktu antar kedatangan untuk satu keberangkatan diantara dua kedatangan yaitu 178.79 detik. Waktu antar kedatangan untuk dua keberangkatan diantara dua kedatangan yaitu 298.79 detik. Waktu antar kedatangan untuk tiga keberangkatan diantara dua kedatangan yaitu 418.79 detik. Oleh karena itu, satu kali keberangkatan dapat dilakukan di sembarang waktu jika waktu antar kedatangan 178.79 detik dan kurang dari 298.79detik. Dua kali keberangkatan dapat dilakukan di sembarang waktu jika waktu antar kedatangan 298.79detik dan kurang dari 418.79 detik, dan seterusnya.

Nilai matriks waktu antar kedatangan  $[M_{ij} + B_{ij}]$  akan diganti dengan 178.79 detik apabila kurang dari 178.79 detik agar dapat melakukan satu buah keberangkatan diantara dua kedatangan. Sehingga, matrik  $[M_{ij} + B_{ij}]$  menjadi seperti tabel 5.20 berikut.

Tabel 5. 20 Matriks  $[M_{ij} + B_{ij}]$  Operasi campuran 2027

		Leading			
		A	B	C	D
Trailing	A	217.13	178.79	178.79	178.79
	B	178.79	178.79	178.79	178.79
	C	178.79	178.79	178.79	178.79
	D	178.79	178.79	178.79	178.79

Sumber: Hasil Perhitungan

Waktu pelayanan rata-rata dapat diperoleh dengan

$$E[T_{ij}] = \sum p_{ij}[M_{ij} + B_{ij}]$$

$$\begin{aligned}
 E[T_{ij}] &= [(0.17 \times 217.13) + (0.18 \times 178.79) + (0.26 \times 178.79) + \\
 &\quad (0.39 \times 178.79)]0.17 + [(0.17 \times 178.79) + (0.18 \times 178.79) + \\
 &\quad (0.26 \times 178.79) + (0.39 \times 178.79)]0.18 + [(0.17 \times 178.79) + \\
 &\quad (0.18 \times 178.79) + (0.26 \times 178.79) + (0.39 \times 178.79)]0.26 + \\
 &\quad [(0.17 \times 178.79) + (0.18 \times 178.79) + (0.26 \times 178.79) + \\
 &\quad (0.39 \times 178.79)]0.39 \\
 &= 180.29 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Sehingga, dengan menggunakan persamaan (14) kapasitas *runway* keadaan keadaan untuk melayani pesawat campuran satu keberangkatan yaitu :

$$C_m = \frac{1}{E(\Delta T_{ij})}$$

$$C_m = \frac{1}{180.29} (3600) = 21 \text{ Operasi / Jam}$$

- ❖ Kapasitas *runway* keadaan untuk melayani pesawat campuran satu keberangkatan antara dua kedatangan yaitu 21 operasi/jam. Sehingga kapasitas tahun 2027 *runway* berdasarkan perhitungan yaitu 21 operasi/jam. Menurut Grafik FAA (tabel 2.1) kapasitas ijin *runway* untuk single *runway* dengan mix index 81-120 yaitu 53 op/jam sehingga kapasitas *runway* masih dapat memenuhi. Jika kapasitas dibandingkan dengan *demand* tahun 2027 yaitu 57 op/jam kapasitas tahun 2027 tidak mencukupi. Menurut lampiran B waktu pelayanan

runway yaitu 108.2 detik, waktu pelayanan tersebut sesuai standart FAA yaitu 120 detik. Berdasarkan waktu pelayanan rata-rata perhitungan yaitu 178.61 detik, waktu pelayanan melebihi standart FAA yaitu 120 detik.

### 5.2.2. Delay Pesawat

Perhitungan *delay* pesawat dilakukan dengan mengikuti prosedur sesuai dengan Bab Tinjauan Pustaka sub bab 2.2.2.4.

#### 1) Ratio D/C

Menghitung ratio D/C yaitu membagi banyaknya permintaan dengan kapasitas yang ada. Banyaknya permintaan didapat dari perkiraan volume lalu lintas udara tahun 2027 sedangkan kapasitas didapat dari hasil perhitungan pada sub bab sebelumnya (5.2.1). Sesuai dengan hasil tersebut *demand* pada tahun 2027 adalah 57 operasional/jam sedangkan kapasitasnya 21operasional/jam. Ratio D/C dari nilai tersebut adalah

$$\frac{D}{C} = \frac{57}{21} = 2.71$$

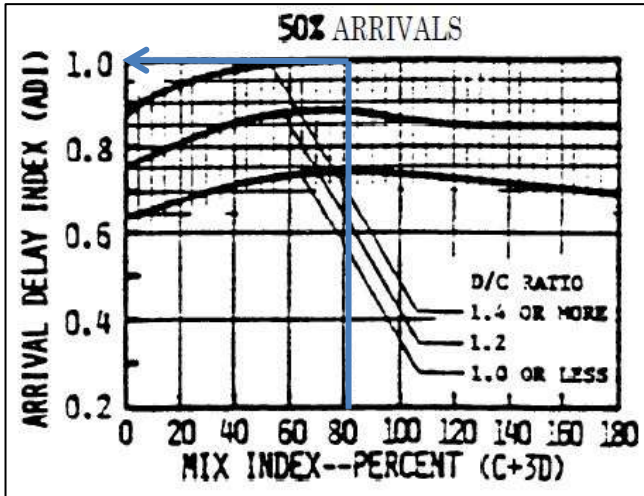
#### 2) ADI dan DDI

ADI (*Arrival Delay Index*) dan DDI (*Departure Delay Index*) merupakan indeks penundaan yang diberikan dari penelitian FAA terhadap beberapa variasi kondisi. *Index* tersebut bergantung kepada nilai D/C dan juga *mix index* suatu bandara. *Mix index* merupakan hasil penjumlahan prosentase pesawat berbobot antara 12.500 lb-300.000 lb dan tiga kali prosentase pesawat berbobot lebih dari 300000 lb.

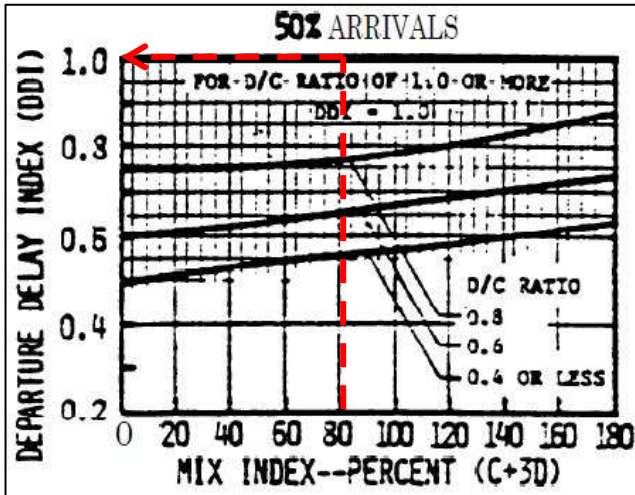
Pesawat yang berada di Bandara Ahmad Yani Semarang tahun 2017 memiliki prosentase berdasarkan bobot kelas A = 17%, kategori B = 3%, kategori C = 81%. Berdasarkan prosentase tersebut maka *mix index* adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned} \text{Mix Index} &= \%C + 3 \times \%D \\ &= 81 + 3(0) = 81 \end{aligned}$$





Gambar 5. 5 Arrival Delay Index 2027  
 Sumber: FAA



Gambar 5. 6 Departure Delay Index 2027  
 Sumber: FAA

Pada gambar 5.5 dan 5.6 dengan memasukkan prosentase *arrival* bandara = 50% , *mix index* = 81 dan *D/C* = 2.71 maka akan didapat *ADI* sebesar 1 dan *DDI* sebesar 1.

### 3) ADF dan DDF

*Arrival Delay Factor* (ADF) dan *Departure Delay Factor* (DDF) didapatkan dari persamaan (15) dan (16)

$$ADF = ADI \times [D/C]$$

$$ADF = 1 \times 2.71 = 2.71$$

$$DDF = DDI \times [D/C]$$

$$DDF = 1 \times 2.71 = 2.71$$

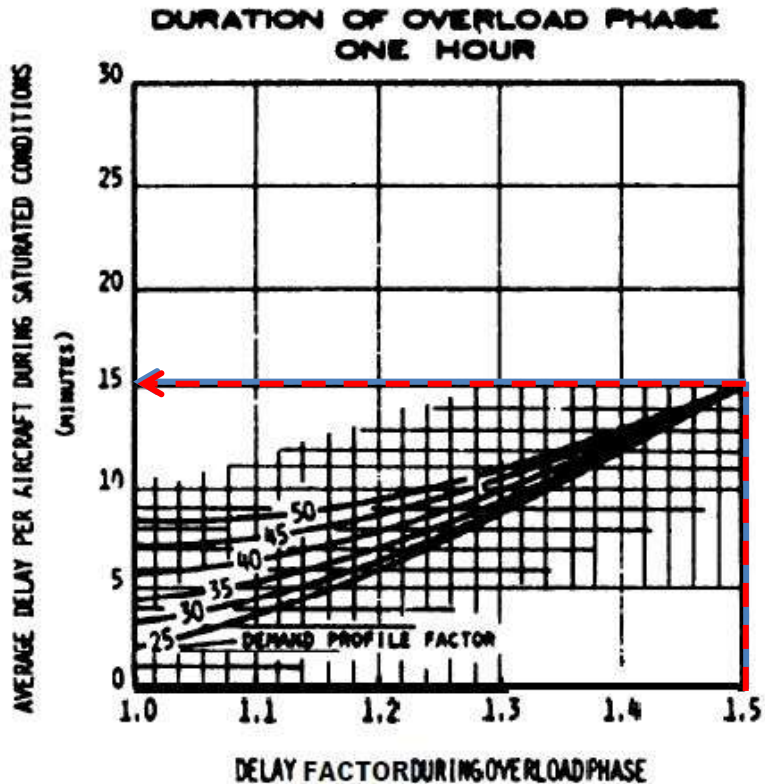
### 4) Demand Profile Factor

*Demand Profile Factor* merupakan perbandingan 15 permintaan terbanyak dengan permintaan perjam. *Peak 15 minutes demand* didapat dari memprosentase jumlah pesawat 15 menit tersibuk hasil survey kemudian pengalikan dengan hasil perkiraan volume lalu lintas tahun 2027. *Hourly demand* merupakan perkiraan jumlah permintaan pada jam tersibuk. Sehingga demand profile factorynya

$$\begin{aligned} \text{Demand Profile Factor} &= \frac{\text{Peak 15 minutes demand}}{\text{Hourly demand}} \times 100\% \\ &= 18/57 (100\%) \\ &= 32 \end{aligned}$$

### 5) DAHA dan DAHD

DAHA (*Delay Average Hourly Arrival*) dan DAHD (*Delay Average Hourly Departure*) merupakan estimasi besarnya delay rata-rata per pesawat pada kedatangan dan keberangkatan. Nilai dari DAHA dan DAHD didapatkan dari grafik FAA dengan input *delay factor* dan *demand profile factor*. Berdasarkan gambar 5.7 , DAHA sebesar 15 menit dan DAHD sebesar 15 menit.



Gambar 5. 7 Average Delay per Aircraft 2027 untuk delay factor lebih dari 1  
Sumber: FAA

6) DTH

DTH (*Delay Total Hour*) adalah total rata-rata *delay* pesawat perjam. Nilai dari DTH yaitu

$$DTH = HD \{ [PA \times DAHA] + [(1-PA) \times DAHD] \}$$

$$DTH = 57 \{ [0.5 \times 15] + [(1-0.5) \times 15] \} = 855 \text{ menit} \\ = 14.25 \text{ jam}$$

❖ Total Delay rata-rata dalam satu jam adalah 14.25 jam

### 5.2.3. Kapasitas Taxiway

Perhitungan kapasitas landas hubung (*taxiway*) memerlukan data *mix index*, kapasitas *runway* per jam, jarak *taxiway* dari *departure end of runway*. *Mix index* merupakan hasil penjumlahan prosentase pesawat berbobot antara 12.500lb-300.000 lb dan tiga kali prosentase pesawat berbobot lebih dari 300.000 lb.

Pesawat yang berada di Bandara Ahmad Yani Semarang tahun 2027 memiliki prosentase berdasarkan bobot kelas A = 17%, kategori B = 3%, kategori C = 81%. Berdasarkan prosentase tersebut maka *mix index* adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned} \text{Mix Index} &= \%C + 3 \times \%D \\ &= 81 + 3(0) = 81 \end{aligned}$$

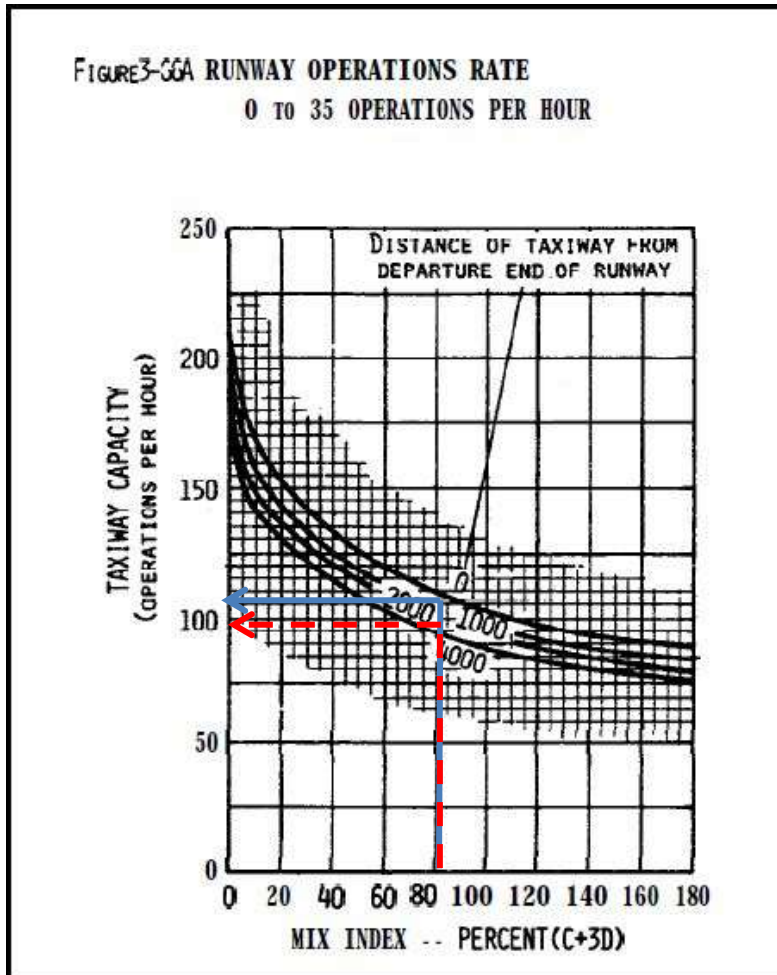
Kapasitas runway perjam berdasarkan hasil 5.2.1 adalah 21 operasi perjam. Jarak *taxiway* dari *departure end of runway* 13 adalah 250 m dan dari *runway* 31 adalah 2.310 m. Berdasarkan data tersebut maka dapat dicari kapasitas *taxiway* sesuai gambar 5.9 adalah sebagai berikut

Tabel 5. 21 Kapasitas Taxiway 2027

Tahun	Kapasitas Taxiway (operasi/jam)	
	Take Off dari RW 13	Take Off dari RW 31
2027	105	95

Sumber: Hasil analisis

- ❖ Kapasitas taxiway dari runway 13 adalah 105 operasi/jam sedangkan untuk runwaynya adalah 95



Gambar 5. 8 Grafik Taxiway Capacity 2027  
Sumber: FAA

#### 5.2.4. Kapasitas Apron

Perhitungan kapasitas *apron*, bertujuan untuk mengetahui kemampuan *apron* saat ini dalam menampung jumlah pesawat yang beroperasi. Sama seperti kapasitas *runway*, perhitungan

kapasitas *apron* juga mengklasifikasikan jenis pesawat. Perhitungan kapasitas *apron* membutuhkan data *gate occupancy time*, Jumlah pergerakan jam sibuk, *wing span* pesawat, *wheel base* dan panjang pesawat.

*Gate occupancy time* merupakan rata-rata waktu total yang diperlukan setiap pesawat untuk berada di sebuah *apron* mulai waktu penumpang naik, turun dari pesawat sekaligus bongkar muat bagasi dan pengisian bahan bakar. Hasil rekap *gate occupancy time* berdasarkan hasil survey terdapat pada tabel 5.22. Jumlah pergerakan pada jam sibuk tiap jenis pesawat diperoleh dari mengalikan jumlah pergerakan pada hari sibuk dengan prosentase setiap jenis pesawat pada hari sibuk dan *ratio* jam puncak, sehingga didapatkan jumlah pergerakan seperti pada tabel 5.22. *Wheel base*, *wing span* dan panjang pesawat diperoleh dari spesifikasi tiap jenis pesawat (tabel 5.23).

Tabel 5. 22 Gate Occupancy Time rata-rata tiap pesawat dan jumlah pergerakannya 2027

No	Jenis Pesawat	Jumlah Pergerakan per jam Sibuk	Gate Occupancy Time Rata-Rata
1	A320	13	0:25:48
2	B738	16	0:25:12
3	B739	7	0:21:29
4	B735	11	0:19:03
5	B734	4	0:16:54
6	CRJ1000	1	0:25:02
7	E195	2	0:13:30
8	ATR72	1	0:20:20

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 5. 23 Karakteristik Pesawat

No	Jenis Pesawat	Wing Span (m)	Wheel Base (m)	Panjang Pesawat (m)
1	A320	35.79	12.6	37.57
2	B738	35.79	15.6	39.47
3	B739	35.79	17.7	40.67
4	B735	28.88	11.07	35.23
5	B734	28.88	14.27	29.79
6	CRJ1000	26.2	9.56	39.1
7	E195	28.72	11	38.65
8	ATR72	27.05	10.8	27.170

Sumber: Hasil Rekapitulasi

#### 4) Perencanaan Jumlah Gate

Konfigurasi akhir antar muka sisi udara bergantung pada besarnya jumlah gate pesawat. Maka jumlah gate dapat dicari

$$G = \frac{V \cdot T}{\mu}$$

Contoh perhitungan mendapatkan jumlah gate tiap jenis pesawat adalah sebagai berikut:

Untuk pesawat B739

$$G = \frac{7 \times [(21+29/60)/60]}{0.7} = 3 \text{ buah}$$

Dengan cara yang sama untuk menghitung jumlah gate tiap jenis pesawat hasil dapat dilihat pada tabel 5.24

Tabel 5. 24 Perhitungan Jumlah Gate 2027

No	Jenis Pesawat	Jumlah Pergerakan per jam Sibuk	Gate Occupacy Time Rata-Rata	Jumlah Gate
1	A320	13	0:25:48	8
2	B738	16	0:25:12	10
3	B739	7	0:21:29	3
4	B735	11	0:19:03	5
5	B734	4	0:16:54	2
6	CRJ1000	1	0:25:02	1
7	E195	2	0:13:30	1
8	ATR72	1	0:20:20	1
			Σ	30

Sumber: Hasil Perhitungan

#### 5) Perencanaan Panjang Apron

Konsep Apron yang digunakan di Bandara Ahmad Yani adalah konsep linier. Konsep linier merupakan konsep parkir pesawat yang sejajar berderet dengan konfigurasi nose in (posisi pesawat tegak lurus terminal). Panjang apron dibutuhkan agar saat parkir sayap pesawat tidak bersentuhan dengan pesawat lain. Contoh perhitungan mencari panjang apron tiap jenis pesawat adalah sebagai berikut.

- Radius Putaran pesawat B739 adalah

$$R = \frac{\text{Wingspan}}{2} + \frac{\text{Wheel base}}{\text{tg } 60^\circ}$$

$$= \frac{35.79}{2} + \frac{17.7}{\text{tg } 60^\circ} = 28.11 \text{ (m)}$$

- Panjang apron yang dibutuhkan untuk pesawat A B739 adalah

$$\text{Panjang Apron(m)} = G \cdot 2R + G \cdot C$$

$$\text{Panjang Apron B739} = (10 \times 2 \times 28.11) + (10 \times 9.144)$$



$$= 613.99 \text{ m}$$

Dengan cara yang sama untuk menghitung panjang apron tiap jenis pesawat hasil dapat dilihat pada tabel 5.25

Tabel 5. 25 Perhitungan Panjang Apron 2027

No	Jenis Pesawat	Jumlah Pergerakan per jam Sibuk	Jumlah Gate	R (m)	Panjang Apron (m)
1	A320	13	8	25.17	491.60
2	B738	16	10	26.90	613.99
3	B739	7	3	28.11	224.94
4	B735	11	5	20.83	258.36
5	B734	4	2	22.68	86.06
6	CRJ1000	1	1	18.62	31.00
7	E195	2	1	20.71	36.65
8	ATR72	1	1	19.76	26.41
Sumber: Hasil Perhitungan				$\Sigma$	1769

#### 6) Perencanaan Lebar Apron

Lebar apron berhubungan dengan panjang badan pesawat. Lebar apron tidak boleh kurang dari panjang pesawat.

$$\text{Lebar Apron (m)} = L + W + C$$

$$\text{Lebar Apron B739} = 40.67 + 88.392 + 9.144 = 138.206 \text{ m}$$

Dengan cara yang sama untuk menghitung lebar apron tiap jenis pesawat hasil dapat dilihat pada tabel 5.26

Tabel 5. 26 Lebar Apron 2027

No	Jenis Pesawat	Panjang Pesawat (m)	Wing Span (m)	Lebar Apron (m)
1	A320	37.57	35.79	135.106
2	B738	39.47	35.79	137.006
3	B739	40.67	35.79	138.206

4	B735	35.23	28.88	132.766
5	B734	29.79	28.88	127.326
6	CRJ1000	39.1	26.2	136.636
7	E195	38.65	28.72	136.186
8	ATR72	27.170	27.05	124.706

Sumber: Hasil Perhitungan

- ❖ Kapasitas apron 2027 memiliki jumlah gate 30 buah, panjang apron = 1770 m, lebar yang dipakai untuk lebar apron adalah 150 m. Menurut jumlah gate dan luasan apron yang tersedia yaitu 8 buah dan 29008 m<sup>2</sup> kapasitas tersebut tidak memenuhi.

### 5.3. Perbandingan Kapasitas Sisi Udara

Berdasarkan hasil perhitungan kapasitas sisi udara tahun 2017 dan 2027 (sub bab 5.1 dan 5.2) didapatkan rekapitulasi sebagai berikut

Tabel 5. 27 Rekapitulasi Hasil Perhitungan

No	Kapasitas	Tahun 2017	Tahun 2027
1	Kapasitas Runway		
	a. Kedatangan Saja		
	- Tanpa Kesalahan Posisi	46 op/jam	46 op/jam
	- Memperhitungkan Error Analysis	30 op/jam	30 op/jam
	b. Keberangkatan Saja	30 op/jam	30 op/jam
	c. Campuran	21 op/jam	21 op/jam
	d. Total rata-rata delay dalam satu jam	7.49 jam	14.25 jam
2	Kapasitas Taxiway		
	a. Dari Runway 31	95 op/jam	95 op/jam
	b. Dari Runway 13	105 op/jam	105 op/jam

3	Kapasitas Apron		
	a. Jumlah gate yang dibutuhkan	15 buah	30 buah
	b. Luasan yang dibutuhkan	950 x 150 m <sup>2</sup>	1770 x 150 m <sup>2</sup>

Sumber: Hasil Rekapitulasi

Tabel 5.27 menunjukkan bahwa hasil kapasitas *runway* tahun 2016 dan 2017 adalah sama yaitu 21 operasi/ jam. Kapasitas *taxiway* Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang adalah 95 operasi/jam untuk runway 31 dan 105 operasi/jam untuk runway 13. Sedangkan kapasitas *apron* 2017 dan 2027 menunjukkan perbedaan sesuai dengan kebutuhan pertumbuhan pesawat yaitu 15 buah gate dengan luasan 950 x 150 m<sup>2</sup> dan 30 buah gate dengan luasan 1170 x 150 m<sup>2</sup>.

Hasil tersebut menunjukan kapasitas *runway* dan *apron* tidak dapat memenuhi kebutuhan permintaan tahun 2017 dan 2027. Oleh karena itu, perlu adanya perbaikan untuk menambah kapasitas yang dapat ditampung Bandara Internasional Ahmad Yani. Salah satu perbaikan yang dapat dilakukan adalah mengevaluasi jumlah, sudut dan letak *exit taxiway* sehingga mempersingkat waktu pemakaian sisi udara.

#### 5.4. Exit Taxiway

Letak *exit taxiway* pada *runway* dibuat sedemikian rupa sehingga pesawat yang landing secepat mungkin keluar dari *runway* tersebut. Letak *exit taxiway* tergantung pada beberapa faktor yaitu jarak dari *threshold* untuk *touchdown* ( $D_1$ ), kecepatan *touchdown* ( $V_{td}$ ), kecepatan awal keluar *runway* ( $V_e$ ), perlambatan rata-rata ( $a_2$ ).

Tabel 5. 28 Kecepatan touchdown dan Kecepatan runway

Kategori Pesawat	$V_{td}$ (ft/s)	$V_{td}$ (m/s)	$V_e$ (mph)			$V_e$ (m/s)		
			30°	45°	90°	30°	45°	90°
A	145	44.20	60	40	15	26.82	17.88	6.71
B	164	49.99	60	40	15	26.82	17.88	6.71
C	202	61.57	60	40	15	26.82	17.88	6.71
D	237	72.24	60	40	15	26.82	17.88	6.71

Sumber: Asford

Berdasarkan pesawat terbesar ( B739 ER dan B738) yang ada di Bandara Ahmad Yani Semarang kategori speed pesawat tersebut termasuk golongan D sehingga

- Kecepatan *touchdown* ( $V_{td}$ ) = 72.24 m/s
- Kecepatan awal ketika di titik exit taxiway / keluar runway ( $V_e$ )
  - Untuk  $V_e 30^0 = 26.82$  m/s
  - Untuk  $V_e 45^0 = 17.88$  m/s
  - Untuk  $V_e 90^0 = 6.71$  m/s
- Perlambatan di darat ( $a_2$ ) = 1.52 m/s

Jarak minimum dari titik *touchdown* ke *exit taxiway* dengan rencana sudut *exit taxiway*  $30^0$  dapat dicari dengan menggunakan persamaan (18)

$$D_2 = \frac{V_{td}^2 - V_e^2}{2a_2}$$

$$D_2 = \frac{72.24^2 - 26.82^2}{2 \times 1.52} = 1476 \text{ m}$$

Dengan cara yang sama untuk menghitung jarak minimum dari titik *touchdown* ke *exit taxiway* dengan rencana sudut *exit taxiway*  $45^0$  dan  $90^0$  dapat dilihat pada tabel 5.29

Tabel 5. 29 Jarak minimum dari titik touchdown ke exit taxiway

Kategori Pesawat	D2		
	30°	45°	90°
D	1476	1607	1697

Sumber: Hasil Perhitungan

Menurut Basuki, 1986 . Jarak titik *touchdown* ke *exit taxiway* harus ditambahkan dengan faktor koreksi elevasi dan faktor koreksi temperatur dengan beberapa ketentuan berikut.

- Untuk setiap penambahan ketinggian 300 m dari MSL perpanjangan sebesar 3%. Elevasi taxiway Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang berada pada ketinggian 3m diatas MSL

$$Faktor\ koreksi = 1 + (0.03 \left( \frac{h}{300} \right))$$

$$Faktor\ koreksi = 1 + (0.03 \left( \frac{3}{300} \right)) = 1.0003$$

- Untuk setiap kenaikan suhu 5.6° dari 15°C.. suhu di taxiway adalah 31.49°

$$Faktor\ koreksi = 1 + (0.01 \left( \frac{Suhu - 15}{5.6} \right))$$

$$Faktor\ koreksi = 1 + (0.01 \left( \frac{31.49 - 15}{5.6} \right)) = 1.0294$$

Sehingga jarak titik *touchdown* ke *exit taxiway* terkoreksi ( $D_2$  terkoreksi) untuk rencana sudut exit 30° adalah

$$\begin{aligned} D_2\ sudut\ 30^\circ\ terkoreksi &= D_2\ sudut\ 30^\circ \times 1.0003 \times 1.0294 \\ &= 1476 \times 1.003 \times 1.0294 \\ &= 1520\ m \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama untuk menghitung jarak minimum dari titik *touchdown* ke *exit taxiway* terkoreksi dengan rencana sudut *exit taxiway* 45° dan 90° dapat dilihat pada tabel 5.31. Jarak dari ujung runway ke titik touchdown sesuai SNI dengan panjang runway lebih dari 2400 m adalah 400m (lihat tabel 5.30)

Tabel 5. 30 Jarak Ujung runway ke titik touchdown

Lokasi dan Dimensi	Panjang <i>Runway</i> Kurang dari 800 m	Panjang <i>Runway</i> 800 m sampai dengan 1199 m	Panjang <i>Runway</i> 1200 m sampai dengan 2399 m	Panjang <i>Runway</i> 2400 m atau lebih
Jarak dari <i>Threshold</i> (a)	150 m	250 m	300 m	400 m
Panjang <i>Stripe</i> (panjang b)	30 m – 45 m	30 m – 45 m	45 m – 60 m	45 m – 60 m
Lebar (c)				
Jarak spasi antar <i>stripe</i> bagian dalam (d)	4 m	6 m	6 m – 10 m	6 m – 10 m
	6 m	9 m	16 m – 22,5 m	16 m – 22,5 m

Sumber: SNI 03-7095-2005

Tabel 5. 31 jarak minimum dari titik touchdown ke exit taxiway terkoreksi dan D1

Kategori Pesawat	D1	D2		
		30°	45°	90°
D	400	1520	1655	1748

Sumber: Hasil Perhitungan

Sehingga jarak total dari ujung runway ke exit taxiway untuk rencana sudut exit 30° adalah

$$S = D_1 + D_2 \text{ terkoreksi}$$

$$S = 400 + 1520 = 1920 \text{ m}$$

Dengan cara yang sama untuk menghitung jarak total minimum dari titik *touchdown* ke *exit taxiway* terkoreksi dengan rencana sudut *exit taxiway* 45° dan 90° dapat dilihat pada tabel 5.32.

Tabel 5. 32 Jarak Total minimum dari Ujung Runway ke Lokasi Exit Taxiway (S)

Kategori Pesawat	D2		
	30°	45°	90°
D	1920	2055	2148

Sumber: Hasil Perhitungan

- ❖ Hasil evaluasi *exit taxiway* menunjukkan bahwa jarak dan jumlah *exit* kurang ideal sehingga perlu adanya redesign untuk menambah kapasitas sisi udara. Jarak total minimum *exit taxiway* yang seharusnya digunakan yaitu 1920 m bersudut  $30^0$  dari runway 31 dan runway 13. Selain itu jumlah *exit* seharusnya tidak hanya 1 sehingga perlu ditambah dengan *holding apron* yang bersudut  $90^0$  pada kedua ujung *runway*. Pemilihan sudut  $30^0$  (*rapid*) didasari dengan pemikiran mengurangi waktu pemakaian *runway* sehingga meningkatkan jumlah operasi pergerakan pesawat menggunakan *runway*.

## **BAB VI PENUTUP**

### **6.1. Kesimpulan**

Sesuai dengan hasil perhitungan dalam Tugas Akhir ini, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

- 1) Kondisi penerbangan di Bandara Ahmad Yani Semarang eksisting (2017) memiliki kapasitas sisi udara pada jam puncak (*peak hour*) yang terdiri dari kedatangan dan keberangkatan adalah sebagai berikut:
  - a Jumlah permintaan adalah 31 operasi perjam
  - b Kapasitas runway sebesar 21 operasi perjam. Menurut Grafik FAA (tabel 2.1) kapasitas ijin *runway* yaitu 53 op/jam, kapasitas runway masih dapat memenuhi. Jika kapasitas dibandingkan dengan *demand* tahun 2017 yaitu 31 op/jam kapasitas tahun 2017 tidak mencukupi. Menurut lampiran B waktu pelayanan runway yaitu 108.2 detik, waktu pelayanan tersebut sesuai standart FAA yaitu 120 detik. Berdasarkan waktu pelayanan rata-rata perhitungan yaitu 178.61 detik, waktu pelayanan melebihi standart FAA yaitu 120 detik.
  - c Kapasitas *taxiway* adalah 105 operasi/jam dari *runway* 13 dan 95 operasi/jam dari *runway* 31
  - d Jumlah *gate* yang dibutuhkan adalah 15 buah dengan luasan *apron* 950 x 150 m<sup>2</sup>. Menurut jumlah *gate* dan luasan *apron* yang tersedia yaitu 8 buah dan 29008 m<sup>2</sup> kapasitas tersebut tidak memenuhi.
  - e Total *delay* rata-rata dalam satu jam adalah 7.49 jam
- 2) Kondisi penerbangan di Bandara Ahmad Yani Semarang 10 tahun mendatang (2027) memiliki kapasitas sisi udara pada jam puncak (*peak hour*) yang terdiri dari kedatangan dan keberangkatan adalah sebagai berikut:
  - a Jumlah permintaan adalah 57 operasi perjam
  - b Kapasitas runway sebesar 21 operasi perjam. Menurut Grafik FAA (tabel 2.1) kapasitas ijin *runway* untuk single



*runway* dengan mix index 81-120 yaitu 53 op/jam sehingga kapasitas *runway* masih dapat memenuhi. Jika kapasitas dibandingkan dengan *demand* tahun 2027 yaitu 57 op/jam kapasitas tahun 2027 tidak mencukupi. Menurut lampiran B waktu pelayanan *runway* yaitu 108.2 detik, waktu pelayanan tersebut sesuai standart FAA yaitu 120 detik. Berdasarkan waktu pelayanan rata-rata perhitungan yaitu 178.61 detik, waktu pelayanan melebihi standart FAA yaitu 120 detik.

- c Kapasitas *taxiway* adalah 105 operasi/jam dari *runway* 13 dan 95 operasi/jam dari *runway* 31
  - d Jumlah *gate* yang dibutuhkan adalah 30 buah dengan luasan *apron* 1770 x 150 m<sup>2</sup>. Menurut jumlah *gate* dan luasan *apron* yang tersedia yaitu 8 buah dan 29008 m<sup>2</sup> kapasitas tersebut tidak memenuhi.
  - e Total *delay* rata-rata dalam satu jam adalah 14.25 jam
- 3) Hasil evaluasi *exit taxiway* menunjukkan bahwa jarak *exit taxiway* tidak sehingga perlu dilakukan redisgn.

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa kapasitas *taxiway* masih mampu melayani lalu lintas udara pada jam sibuk untuk tahun 2017 dan 2027. Namun, kapasitas *runway* dan kapasitas *apron* (baik jumlah *gate* maupun luasan) tidak mampu untuk melayani lalu lintas udara tahun 2017 dan 2027. Kapasitas sisi udara merupakan suatu kesatuan yang tidak dapat terpisah antara *runway*, *apron* dan *exit taxiway* sehingga kapasitas sisi udara tahun 2017 dan 2027 tidak mampu melayani lalu lintas udara.

## 6.2. Saran

Berdasarkan hasil perhitungan Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang perlu meningkatkan pelayanan yang lebih baik, oleh kaarena itu penulis menyarankan:

- 1) Perlu dilakukan *design* ulang letak *exit taxiway* eksisting dengan jarak minimum 1920 m dari *runway* 13 bersudut 30<sup>0</sup>. Selain itu juga perlu penambahan *exit taxiway* pada jarak minimum 1920 m dari *runway* 31 bersudut 30<sup>0</sup> dan dua buah *holding apron* bersudut 90<sup>0</sup> pada kedua ujung *runway* yang

disertai pemindahan lokasi apron sebelah tengah utara runway. Namun jika saran ini dilakukan harus menonaktifkan runway militer dan jika tidak memungkinkan maka dilakukan perpanjangan runway.

- 2) Pengaturan jadwal penerbangan dengan memindah beberapa penerbangan pada jam puncak ke jam-jam tertentu yang masih jarang jumlah penerbangannya.
- 3) Menambah jumlah *gate* dan luasan *apron*.
- 4) Mengganti pesawat dengan kapasitas yang lebih besar sehingga dapat mengangkut penumpang lebih banyak dan mengurangi jumlah pesawat pada jadwal.
- 5) Berdasarkan Check list pembandingan antar Bandara Internasional (lampiran D), Bandara Internasional Ahmad Yani memiliki jumlah *exit taxiway* dan jumlah *gate position* yang paling sedikit. Selain itu bandara, tidak memiliki *holding apron*. Sehingga , perlu adanya perbaikan untuk meningkatkan pelayanan sebagai Bandara Internasional.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ashford, N., and H.P. Wright. 1984. **Airport Engineering**, Second Edition. United States of America. John Wiley & Sons, Inc.
- Ashford, N., and H.P. Wright. 2011. **Airport Engineering**, Fourth Edition. United States of America. John Wiley & Sons, Inc.
- Basuki, Ir. Heru. 2006. **Merancang Merencana Lapangan Terbang**, cetakan III. Bandung. PT. Alumni.
- Bayuaji, Ridho. 2013. **Bahan Ajar Statistika Terapan DIV Teknik Sipil FTSP ITS**
- Eka R., Yoanita. 2012. **Perencanaan Sisi Udara Pengembangan Bandara Internasional Juanda**
- Horonjeff, R., and F.X. McKelvey. 1988. **Perencanaan dan Perancangan Bandar Udara (Terjemahan)**, Edisi Ketiga jilid I. Jakarta. Penerbit Erlangga.
- Horonjeff, R., and F.X. McKelvey. 2008. **Planning & Design Of Airports**, Fifth edition. United States of America. McGraw-Hill Companies.
- Kazda, A., and Robert E. Caves. 2007. **Airport Design And Operation**, Second Edition. United Kingdom. Elsevier.
- \_\_\_\_\_. Federal Aviation Asosiasi (FAA), RD 74 124
- \_\_\_\_\_. Standar Nasional Indonesia. 03- 7095-2005
- \_\_\_\_\_. SKEP 77-VI-2005. Persyaratan Teknis Pengoperasian Fasilitas Teknik Bandar Udara

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampira A  
Lampiran B  
Lampiran C  
Lampiran D





Data Hasil Survey Tanggal 16 Maret 2017

No	Actual Time Jam : Menit	Maskapai Penerbangan	Tipe Pesawat	Kelas Pesawat	Nomer Penerbangan	Reg. Number	T/L	Arah T/L (B/T)	Waktu T/L	Waktu Masuk / Keluar Runway	Waktu Masuk Taxiway	Waktu Kluar Taxiway	Waktu Buka Gate-Tutup Gate	Waktu Pemakaian Apron
1	2	3	4	5			6	7	8		9		10	11
		Batik	A320	C	BTK6339	PKLAY	T	31	6:00:07	5:58:27	5:57:32		5:36-5:50	
6		Citilink	A320	C	CTV116	PKGQS	L	13	6:00:45		6:01:53	6:02:45		6:02:45 6:25:31
5		Wings	ATR 72	B	WON1802	PKWFM	T	31	6:11:45	6:09:45	6:08:30		5:44-5:56	
4		Nam Air	B735	C	NIH221	PKNAL	T	31	6:17:17	6:15:17	6:14:17		5:52-6:05	
3		Garuda	B738	D	GIA231	PKGNT	T	13	6:22:50	6:20:50	6:19:53		6:00-6:12	
2		Wings	ATR 72	B	WON1800	PKWGV	T	31	6:27:38	6:25:38	6:24:23		6:06-6:15	
7		Garuda	B738	D	GIA230	PKGMD	L	13	6:49:36		6:51:36	6:52:36		6:52:36 7:18:21
8		Citilink	A320	C	CTV117	PKGQS	T	13	6:52:12	6:50:12	6:49:17		6:32-6:42	6:25:31 6:49:17
9		Lion	B738	D	LN1625	PKLKT	L	31	7:04:08		7:05:18	7:06:18		7:06:18 7:28:03
10		Garuda	B738	D	GIA233	PKGMD	T	13	7:47:12	7:45:12	7:44:14		7:20-7:36	7:18:21 7:44:14
11		Lion	B738	D	LN1624	PKLKT	T	31	7:53:48	7:51:48	7:50:48		7:29-7:43	7:28:03 7:50:48
12		Kalstar	E195	B	KLS602	PKKDA	L	31	7:55:20		7:56:35	7:57:47		7:57:47 8:15:09
14		Wings	ATR 72	B	WON1807	PKWFI	L	13	8:02:06		8:03:31	8:04:33		8:04:33 8:29:21
13		Citilink	A320	C	CTV964	PKGQC	L	31	8:11:12		8:12:17	8:13:10		8:13:10 8:40:45
16		Batik	A320	C	BTK6342	PKLAT	L	13	8:34:51		8:36:51	8:37:43		8:37:43 8:58:23
15		Kalstar	E195	B	KLS603	PKKDA	T	13	8:38:05	8:36:00	8:34:12		8:16-8:29	8:15:09 8:34:12
20		Lion	B739	D	LN1504	PKLJZ	L	13	8:55:50		8:57:40	8:58:30		8:58:30 9:22:12
17		Wings	ATR 72	B	WON1806	PKWFI	T	13	8:59:11	8:56:51	8:54:31		8:29-8:44	8:29:21 8:54:31
21		Wings	ATR 72	B	WON1839	PKWGV	L	13	9:09:55		9:12:02	9:13:15		9:13:15 9:31:06
18		Citilink	A320	C	CTV965	PKGQC	T	13	9:13:02	9:11:02	9:09:12		8:52-9:03	8:40:45 9:09:12
22		Garuda	B738	D	GIA232	PKGNT	L	13	9:20:57		9:23:07	9:23:57		9:23:57 9:45:13
19		Batik	A320	C	BTK6343	PKLAT	T	13	9:24:39	9:22:04	9:20:12		9:03-9:12	8:58:23 9:20:12
25		Garuda	CRJ1000	B	GIA368	PKGRO	L	13	9:31:12		9:32:37	9:33:29		9:33:29 9:56:29
23		Lion	B739	D	LN1505	PKLJZ	T	13	9:49:22	9:47:22	9:46:28		9:23-9:40	9:22:12 9:46:28
24		Wings	ATR 72	B	WON1838	PKWGV	T	13	9:52:51	9:50:51	9:49:36		9:37-9:42	9:31:06 9:49:36



26		Garuda	B738	D	GIA235	PKGNT	T	13	10:11:23	10:09:23	10:08:28		9:54-10:04	9:45:13	10:08:28
27		Garuda	CRJ1000	B	GIA364	PKGRO	T	13	10:23:37	10:21:37	10:20:29		9:59-10:13	9:56:29	10:20:29
28		Garuda	B738	D	GIA234	PKGMM	L	13	10:33:33		10:34:33	10:35:27		10:35:27	11:03:07
29		Sriwijaya	B738	D	SJY224	PKCMF	L	13	10:40:17		10:41:22	10:42:17		10:42:17	11:01:45
30		Sriwijaya	B738	D	SJY224	PKCMF	T	13	11:24:40	11:22:40	11:21:47		11:02-11:14	11:01:45	11:21:47
31		Garuda	B738	D	GIA237	PKGMM	T	13	11:33:59	11:31:59	11:31:07		11:13-11:25	11:03:07	11:31:07
32		Trigana	B734	C	TGN701	PKYSF	L	13	12:01:44		12:02:59	12:03:59		12:03:59	12:22:36
33		Lion	B739	D	LNI506	PKLFJ	L	13	12:07:16		12:08:26	12:09:21		12:09:21	12:41:59
35		Wings	ATR 72	B	WON1835	PKWFP	L	31	12:20:04		12:21:27	12:22:39		12:22:39	12:45:22
36		Citilink	A320	C	CTV120	PKGQT	L	13	12:41:56		12:43:56	12:44:53		12:44:53	13:07:26
34		Trigana	B734	C	TGN702	PKYSF	T	31	12:45:18	12:43:13	12:41:13		12:23-12:38	12:22:36	12:41:13
40		Garuda	B738	D	GIA236	PKGML	L	13	13:02:25		13:03:30	13:04:25		13:04:25	13:36:14
38		Wings	ATR 72	B	WON1834	PKWFP	T	31	13:14:17	13:12:17	13:11:05		12:49-13:00	12:45:22	13:11:05
37		Lion	B739	D	LNI507	PKLFJ	T	13	13:19:24	13:17:19	13:16:24		12:50-13:05	12:41:59	13:16:24
41		Garuda	B738	D	GIA446	PKGFN	L	13	13:31:56		13:33:56	13:34:48		13:34:48	14:01:20
39		Citilink	A320	C	CTV121	PKGQT	T	31	13:35:13	13:33:03	13:30:06		13:08-13:22	13:07:26	13:30:06
42		Sriwijaya	B738	D	SJY225	PKCMF	L	31	13:41:33		13:42:43	13:43:38		13:43:38	14:12:23
43		Wings	ATR 72	B	WON1287		L	13	13:58:21		13:59:44	14:00:56		14:00:56	14:38:34
45		Lion	B738	D	LNI512	PKLBQ	L	31	14:03:21		14:04:28	14:05:23		14:05:23	14:27:13
44		Garuda	B738	D	GIA239	PKGML	T	13	14:12:04	14:10:04	14:09:10		13:40-13:58	13:36:14	14:09:10
49		Nam Air	B735	C	NIH222	PKCLU	L	31	14:27:58		14:30:03	14:31:03		14:31:03	14:48:19
46		Garuda	B738	D	GIA447	PKGFN	T	31	14:31:26	14:29:26	14:28:34		14:03-14:20	14:01:20	14:28:34
50		Garuda	B738	D	GIA238	PKGMM	L	31	14:40:54		14:42:54	14:43:47		14:43:47	15:08:01
47		Sriwijaya	B738	D	SJY225	PKCMF	T	31	14:44:08	14:42:08	14:41:18		14:18-14:29	14:12:23	14:41:18
48		Lion	B738	D	LNI513	PKLBQ	T	13	14:53:25	14:51:25	14:50:30		14:29-14:44	14:27:13	14:50:30
51		Nam Air	B735	C	NIH223	PKCLU	T	13	15:15:37	15:13:37	15:12:35		14:50-15:00	14:48:19	15:12:35
81		P3101	AS65	A		P3101	L	31	15:20:00						
53		Wings	ATR 72	B	WON1287		T	31	15:22:25	15:20:25	15:19:13		14:42-15:01	14:38:34	15:19:13
52		Garuda	B738	D	GIA241	PKGMM	T	13	15:37:08	15:35:08	15:34:15		15:11-15:25	15:08:01	15:34:15
54		Garuda	B738	D	GIA240	PKGMR	L	13	15:41:27		15:42:32	15:43:27		15:43:27	16:11:25
55		Citilink	A320	C	CTV9315	PKGQS	L	13	15:49:15		15:50:15	15:51:05		15:51:05	16:12:07
82		P3101	AS66	A		P3102	T	31	16:01:00						
58		Garuda	CRJ1000	B	GIA365	PKGRO	L	31	16:29:26		16:30:41	16:31:34		16:31:34	16:56:50

56		Citilink	A320	C	CTV9316	PKGQS	T	31	16:38:02	16:36:47	16:35:57		16:14-16:29	16:12:07	16:35:57
57		Garuda	B738	D	GIA243	PKGMR	T	31	16:44:11	16:42:11	16:41:17		16:15-16:35	16:11:25	16:41:17
59		Lion	B739	D	LNI502	PKLHR	L	31	17:06:43		17:07:51	17:08:43		17:08:43	17:27:06
61		Garuda	B738	D	GIA242	PKGNE	L	31	17:14:12		17:15:16	17:16:09		17:16:09	17:39:45
62		Lion	B739	D	LNI516	PKLFJ	L	31	17:21:02		17:22:12	17:23:05		17:23:05	17:40:20
60		Garuda	CRJ1000	B	GIA367	PKGRO	T	13	17:26:53	17:24:53	17:23:45		17:03-17:18	16:56:50	17:23:45
63		Lion	B739	D	LNI503	PKLHR	T	31	17:51:21	17:49:21	17:48:26		17:28-17:38	17:27:06	17:48:26
66		Citilink	A320	C	CTV966	PKGQR	L	31	18:00:24		18:02:14	18:03:04		18:03:04	18:23:43
64		Lion	B739	D	LNI517	PKLFJ	T	31	18:03:12	18:01:12	18:00:18		17:42-17:52	17:40:20	18:00:18
65		Garuda	B738	D	GIA245	PKGNE	T	13	18:08:14	18:06:14	18:05:21		17:44-18:00	17:39:45	18:05:21
68		Lion	B739	D	LNI514	PKLGT	L	13	18:47:55		18:49:55	18:50:47		18:50:47	19:13:34
67		Citilink	A320	C	CTV967	PKGQR	T	31	18:51:12	18:49:02	18:45:22		18:26-18:37	18:23:43	18:45:22
71		Wings	ATR 72	B	WON1897	PKWFP	L	13	19:04:16		19:05:39	19:06:52		19:06:52	19:25:24
69		Garuda	B738	D	GIA244	PKGMM	L	31	19:13:23		19:14:25	19:15:20		19:15:20	19:40:17
72		Batik	A320	C	BTK6346	PKLUM	L	13	19:31:38		19:32:46	19:33:39		19:33:39	19:52:09
73		Wings	ATR 72	B	WON1803	PKWFS	L	31	19:40:21		19:42:16	19:43:31		19:43:31	21:01:01
70		Lion	B739	D	LNI515	PKLGT	T	13	19:44:26	19:41:21	19:39:21		19:15-19:25	19:13:34	19:39:21
74		Wings	ATR 72	B	WON1896	PKWFP	T	31	19:48:07	19:46:07	19:44:57		19:26-19:41	19:25:24	19:44:57
75		Garuda	B738	D	GIA247	PKGMM	T	31	20:09:11	20:07:11	20:06:13		19:45-19:59	19:40:17	20:06:13
76		Batik	A320	C	BTK6341	PKLUM	T	13	20:14:08	20:12:28	20:11:38		19:54-20:05	19:52:09	20:11:38
77		Batik	A320	C	BTK6352	PKLAT	L	13	20:34:29		20:35:29	20:36:21			
78		Garuda	B738	D	GIA246	PKGFE	L	31	20:41:44		20:42:49	20:43:44			
79		Nam Air	B735	C	NIH220	PKNAO	L	31	20:47:18		20:48:30	20:49:28			
80		Wings	ATR 72	B	WON1801	PKWFP	L	31	22:03:32		22:04:52	22:06:04			

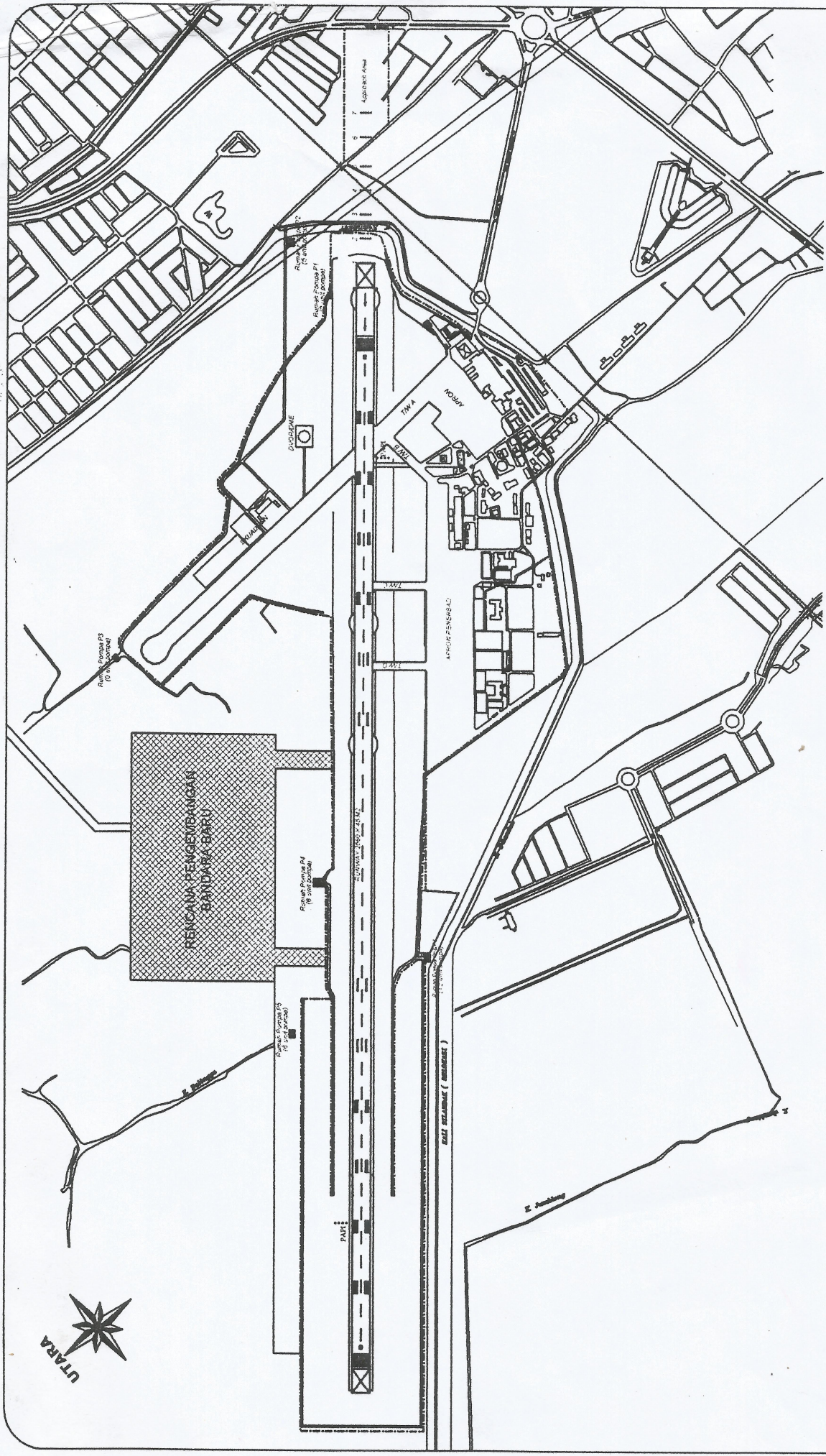
Hasil Survey Tanggal 17 Maret 2017


No	Actual Time Jam : Menit	Maskapai Penerbangan	Tipe Pesawat	Kelas Pesawat	Nomer Peerbangan	Reg Number	T/L	Arah T/L (B/T)	Waktu T/L	Waktu Masuk / Keluar Runway	Waktu Masuk Taxiway	Waktu Kluar Taxiway	Waktu Buka Gate-Tutup Gate	Waktu Pemakaian Apron
1	2	3	4	5			6	7	8		9		10	11
1		Wings	ATR 72	B	WON1802	PKWFS	T	31	5:55:15	5:53:15	5:52:00		5:33-5:44	
6		Citilink	A320	C	CTV116	PKGQA	L	13	6:07:58		6:09:48	6:10:40		6:10:40 6:36:29
4		Batik	A320	C	BTK6339	PKLAT	T	31	6:11:02	6:09:22	6:08:32		5:50-6:00	
5		Nam Air	B735	C	NIH221	PKNAO	T	31	6:15:53	6:13:53	6:12:55		5:48-6:02	
7		Batik	A320	C	BTK6342	PKLUI	L	13	6:21:29		6:22:29	6:23:19		6:23:19 6:47:05
2		Garuda	B738	D	GIA231	PKGFE	T	31	6:25:45	6:23:45	6:22:53		6:00-6:12	
3		Wings	ATR 72	B	WON1800	PKWFP	T	13	6:30:55	6:28:55	6:27:42		6:03-6:18	
8		Garuda	B738	D	GIA230	PKGMA	L	13	6:33:51		6:34:54	6:35:48		6:35:48 7:02:09
10		Lion	B738	D	LNI625	PKLPJ	L	13	6:57:27		6:58:35	6:59:30		6:59:30 7:21:47
11		Citilink	A320	C	CTV117	PKGQS	T	31	7:07:48	7:06:08	7:05:18		6:47-7:02	6:36:29 7:05:18
9		Batik	A320	C	BTK6343	PKLUI	T	31	7:16:18	7:14:38	7:13:48		6:56-7:11	6:47:05 7:13:48
12		Garuda	B738	D	GIA233	PKGMA	T	31	7:35:14	7:33:14	7:32:19		7:13-7:28	7:02:09 7:32:19
14		Kalstar	E195	B	KLS602	PKKDA	L	13	7:47:43		7:49:23	7:50:28		7:50:28 8:02:28
13		Lion	B738	D	LNI624	PKLPJ	T	31	7:50:39	7:48:02	7:44:57		7:26-7:39	7:21:47 7:44:57
101		PELITA	B430	A	PELITA	PKPUL	L	31	8:03:00					
16		Wings	ATR 72	B	WON1807	PKWFI	L	13	8:05:34		8:06:54	8:08:07		8:08:07 8:27:24
17		Sriwijaya	B735	C	SJY224	PKCRA	L	13	8:08:03		8:09:23	8:10:33		8:10:33 8:30:35
18		Citilink	A320	C	CTV964	PKGQJ	L	13	8:14:42		8:15:42	8:16:32		8:16:32 8:52:17
15		Kalstar	E195	B	KLS603	PKKDA	T	13	8:20:33	8:18:33	8:17:28		8:00-8:11	8:02:28 8:17:28
19		Air Asia	A320	C	AXM328	9MAQF	L	13	8:26:07		8:27:07	8:27:59		8:27:59 8:48:45
102		PELITA	B430	A	PELITA	PKPUL	T	31	8:38:00					
21		Wings	ATR 72	B	WON1806	PKWFI	T	13	8:50:56	8:48:56	8:47:41		8:29-8:44	8:27:24 8:47:41
20		Sriwijaya	B738	D	SJY224	PKCRA	T	13	8:55:32	8:52:32	8:51:37		8:33-8:45	8:30:35 8:51:37
24		Wings	ATR 72	B	WON1839	PKWFP	L	13	9:03:10		9:05:20	9:06:30		9:06:30 9:25:55
25		Kalstar	ATR 72	B	KLS933	PKKSG	L	13	9:09:15		9:10:55	9:11:55		9:11:55 9:25:48
22		Air Asia	A320	C	AXM329	9MAQF	T	13	9:13:31	9:10:31	9:08:31		8:52-9:03	8:48:45 9:08:31
26		Lion	B739	D	LNI504	PKLGL	L	13	9:17:15		9:18:25	9:19:15		9:19:15 9:39:23

23		Citilink	A320	C	CTV965	PKGQJ	T	13	9:31:32	9:28:32	9:27:32		8:49-9:06	8:52:17	9:27:32
28		Garuda	B738	D	GIA232	PKGFE	L	13	9:24:03		9:25:11	9:26:06		9:26:06	9:49:06
31		Garuda	CRJ1000	B	GIA368	PKGRE	L	13	9:41:51		9:44:51	9:45:46		9:45:46	10:11:11
27		Kalstar	ATR 72	B	KLS933	PKKSG	T	13	9:46:38	9:42:45	9:38:45		9:22-9:35	9:25:48	9:38:45
29		Wings	ATR 72	B	WON1838	PKWFP	T	13	9:50:35	9:47:35	9:46:20		9:29-9:40	9:25:55	9:46:20
33		Silk Air	A320	C	SLK102	9VSLI	L	13	9:57:11		9:58:11	9:59:01		9:59:01	10:30:35
30		Lion	B739	D	LNI505	PKLGL	T	13	10:11:22	10:08:22	10:07:30		9:45-10:01	9:39:23	10:07:30
32		Garuda	B738	D	GIA235	PKGFE	T	13	10:17:05	10:14:05	10:13:09		9:50-10:03	9:49:06	10:13:09
36		Garuda	B738	D	GIA234	PKGPN	L	13	10:42:11		10:44:11	10:45:01		10:45:01	11:07:49
34		Garuda	CRJ1000	B	GIA364	PKGRE	T	31	10:44:27	10:42:17	10:38:37		10:06-10:23	10:11:11	10:38:37
37		Citilink	A320	C	CTV118	PKGLM	L	13	10:55:23		10:56:23	10:57:14		10:57:14	11:21:56
35		Silk Air	A320	C	SLK101	9VSLI	T	31	11:06:12	11:03:12	11:02:12		10:36-10:45	10:30:35	11:02:12
38		Lion	B738	D	LNI272	PKLKH	L	31	11:29:58		11:32:18	11:33:08		11:33:08	12:01:46
39		Garuda	B738	D	GIA237	PKGPN	T	31	11:34:32	11:31:32	11:30:37		11:13-11:25	11:07:49	11:30:37
40		Citilink	A320	C	CTV119	PKGLM	T	13	11:50:27	11:48:27	11:47:37		11:30-11:44	11:21:56	11:47:37
41		Sriwijaya	B738	D	SJY225	PKCRA	L	13	11:53:50		11:54:58	11:55:53		11:55:53	12:15:38
43		Trigana	B734	C	TGN701	PKYSF	L	13	12:05:36		12:06:51	12:07:51		12:07:51	12:24:45
103		PELITA	B430	A	PELITA	PKPUL	L	31	12:15:00						
44		Citilink	A320	C	CTV120	PKGQP	L	13	12:16:57		12:18:22	12:19:12		12:19:12	12:40:54
47		Kalstar	ATR 72	B	KLS934	PKKSG	L	31	12:25:58		12:27:23	12:28:38		12:28:38	12:44:18
48		Garuda	ATR 72	B	GIA7526	PKGAA	L	13	12:30:57		12:32:47	12:34:02		12:34:02	12:59:23
42		Lion	B738	D	LNI275	PKLKH	T	31	12:34:18	12:32:18	12:31:24		12:07-12:25	12:01:46	12:31:24
45		Sriwijaya	B738	D	SJY225	PKCRA	T	31	12:38:03	12:36:03	12:35:08		12:19-12:28	12:15:38	12:35:08
46		Trigana	B734	C	TGN702	PKYSF	T	31	12:44:34	12:42:34	12:41:39		12:27-12:42	12:24:45	12:41:39
51		Garuda	B738	D	GIA236	PKGMM	L	13	12:54:05		12:55:10	12:56:02		12:56:02	13:25:28
52		Wings	ATR 72	B	WON1835	PKWFO	L	13	12:59:56		13:01:21	13:02:36		13:02:36	13:18:59
50		Kalstar	ATR 72	B	KLS934	PKKSG	T	31	13:03:00	13:01:00	12:59:48		12:48-12:55	12:44:18	12:59:48
49		Citilink	A320	C	CTV121	PKGQP	T	31	13:07:41	13:05:41	13:04:26		12:51-13:00	12:40:54	13:04:26
54		Garuda	B738	D	GIA446	PKGMD	L	13	13:22:53		13:24:03	13:24:58		13:24:58	13:49:25
55		Lion	B739	D	LNI506	PKLHP	L	13	13:25:55		13:27:03	13:27:56		13:27:56	13:49:09
53		Garuda	ATR 72	B	GIA7527	PKGAA	T	31	13:28:19	13:26:19	13:25:09		12:59-13:10	12:59:48	13:25:09
56		Wings	ATR 72	B	WON1834	PKWFO	T	31	13:38:26	13:36:36	13:35:22		13:15-13:30	13:18:59	13:35:22
60		Lion	B738	D	LNI512	PKLBT	L	13	13:57:53		13:59:23	14:00:17		14:00:17	14:18:34
57		Garuda	B738	D	GIA239	PKGMM	T	31	14:00:57	13:58:57	13:54:57		13:36-13:48	13:25:28	13:54:57

104		PELITA	B430	A	PELITA	PKPUL	T	31	14:05:00						
58		Lion	B739	D	LNI507	PKLHP	T	31	14:13:16	14:11:16	14:10:23		13:49-14:01	13:49:09	14:10:23
59		Garuda	B738	D	GIA447	PKGMD	T	31	14:19:44	14:17:44	14:16:49		13:51-14:05	13:49:09	14:16:49
61		Lion	B738	D	LNI513	PKLBT	T	31	14:39:44	14:37:44	14:36:52		14:21-14:30	14:18:34	14:36:52
62		Garuda	B738	D	GIA238	PKGMP	L	31	14:50:39		14:51:49	14:52:44		14:52:44	15:19:33
63		Lion	B739	D	LNI543	PKLFO	L	31	15:26:59		15:28:09	15:29:04		15:29:04	15:49:35
65		Garuda	B738	D	GIA240	PKGMO	L	13	15:44:20		15:45:30	15:46:25		15:46:25	16:15:43
64		Garuda	B738	D	GIA241	PKGMP	T	31	15:49:18	15:47:18	15:46:23		15:27-15:36	15:19:33	15:46:23
67		Kalstar	ATR 72	B	KLS966	PKKSG	L	31	16:17:01		16:18:21	16:19:31		16:19:31	16:37:00
66		Lion	B739	D	LNI542	PKLFO	T	31	16:19:53	16:17:23	16:14:03		15:50-16:05	15:49:35	16:14:03
68		Citilink	A320	C	CTV9315	PKLGT	L	13	16:28:00		16:29:00	16:29:50		16:29:50	16:50:37
70		Air Asia	A320	C	AWQ663	PKAZI	L	13	16:33:33		16:34:33	16:35:23		16:35:23	16:52:39
71		Garuda	CRJ1000	B	GIA365	PKGRE	L	13	16:38:25		16:39:40	16:40:40		16:40:40	17:04:15
72		Nam Air	B735	C	NIH222	PKNAU	L	13	16:42:26		16:43:36	16:44:31		16:44:31	17:04:14
76		Lion	B739	D	LNI516	PKLGK	L	13	16:47:12		16:49:12	16:50:07		16:50:07	17:10:33
73		Garuda	B738	D	GIA243	PKGMO	T	31	16:50:58	16:47:58	16:45:58		16:28-16:38	16:15:43	16:45:58
77		Lion	B739	D	LNI502	PKLHL	L	13	16:58:03		16:59:06	16:59:58		16:59:58	17:22:30
69		Kalstar	ATR 72	B	KLS934	PKKSG	T	31	16:58:27	16:56:27	16:55:32		16:39-16:48	16:37:00	16:55:32
81		Garuda	B738	D	GIA242	PKGFC	L	13	17:09:53		17:11:01	17:11:55		17:11:55	17:35:30
74		Air Asia	A320	C	AWQ662	PKAZI	T	31	17:12:31	17:10:51	17:09:56		16:53-17:00	16:52:39	17:09:56
75		Citilink	A320	C	CTV9316	PKGLT	T	31	17:15:16	17:13:34	17:12:44		16:54-17:04	16:50:37	17:12:44
80		Nam Air	B735	C	NIH223	PKNAU	T	31	17:26:53	17:24:53	17:23:57		17:08-17:15	17:04:14	17:23:57
79		Garuda	CRJ1000	B	GIA367	PKGRE	T	31	17:31:08	17:29:08	17:27:58		17:07-17:22	17:04:15	17:27:58
78		Lion	B739	D	LNI517	PKLGK	T	31	17:34:52	17:32:52	17:31:59		17:11-17:26	17:10:33	17:31:59
82		Lion	B739	D	LNI503	PKLHL	T	31	17:49:53	17:47:53	17:46:58		17:20-17:39	17:22:30	17:46:58
84		Citilink	A320	C	CTV966	PKGLD	L	13	18:01:44		18:03:44	18:04:34		18:04:34	18:33:17
83		Garuda	B738	D	GIA245	PKGFC	T	31	18:05:08	18:03:08	17:59:08		17:40-17:50	17:35:30	17:59:08
86		Garuda	B738	D	GIA244	PKGMP	L	13	18:43:20		18:44:23	18:45:16		18:45:16	19:12:56
87		Wings	ATR 72	B	WON1897	PKWFO	L	13	18:55:22		18:56:42	18:57:42		18:57:42	19:31:12
88		Batik	A320	C	BTK6346	PKLUI	L	13	19:00:55	0:00:23	19:03:25	19:04:15		19:04:15	19:32:48
85		Citilink	A320	C	CTV967	PKGLD	T	31	19:06:02	19:03:02	19:02:02		18:39-18:53	18:33:17	19:02:02
90		Sriwijaya	B735	C	SJY227	PKCLE	L	13	19:17:50		19:19:05	19:20:05		19:20:05	19:36:53
93		Lion	B739	D	LNI514	PKLJH	L	13	19:41:20		19:42:30	19:43:25		19:43:25	20:00:05
89		Garuda	B738	D	GIA247	PKGMP	T	31	19:43:29	19:41:29	19:40:36		19:13-19:30	19:12:56	19:40:36

95		Wings	ATR 72	B	WON1803	PKWFN	L	13	19:53:36		19:55:41	19:56:56		19:56:56	
91		Sriwijaya	B735	C	SJY226	PKCLE	T	31	19:57:33	19:55:53	19:53:53		19:40-19:49	19:36:53	19:53:53
92		Batik	A320	C	BTK6341	PKLUI	T	31	20:04:00	20:02:20	20:01:30		19:41-19:52	19:32:48	20:01:30
94		Wings	ATR 72	B	WON1896	PKWFO	T	31	20:08:05	20:06:05	20:04:50		19:42-19:54	19:31:12	20:04:50
96		Lion	B739	D	LN1515	PKLJH	T	31	20:19:40	20:17:40	20:16:45		20:02-20:11	20:00:05	20:16:45
97		Garuda	B738	D	GIA246	PKGFD	L	13	20:38:48		20:40:03	20:41:03		20:41:03	
98		Batik	A320	C	BTK6352	PKLAP	L	13	20:45:12		20:46:07	20:46:55		20:46:55	
99		Nam Air	B735	C	NIH220	PKNAQ	L	13	20:49:55		20:51:05	20:52:00		20:52:00	
100		Wings	ATR 72	B	WON1801	PKWFP	L	13	22:00:40		22:02:00	22:03:10		22:03:10	

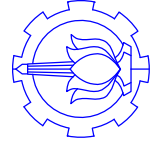
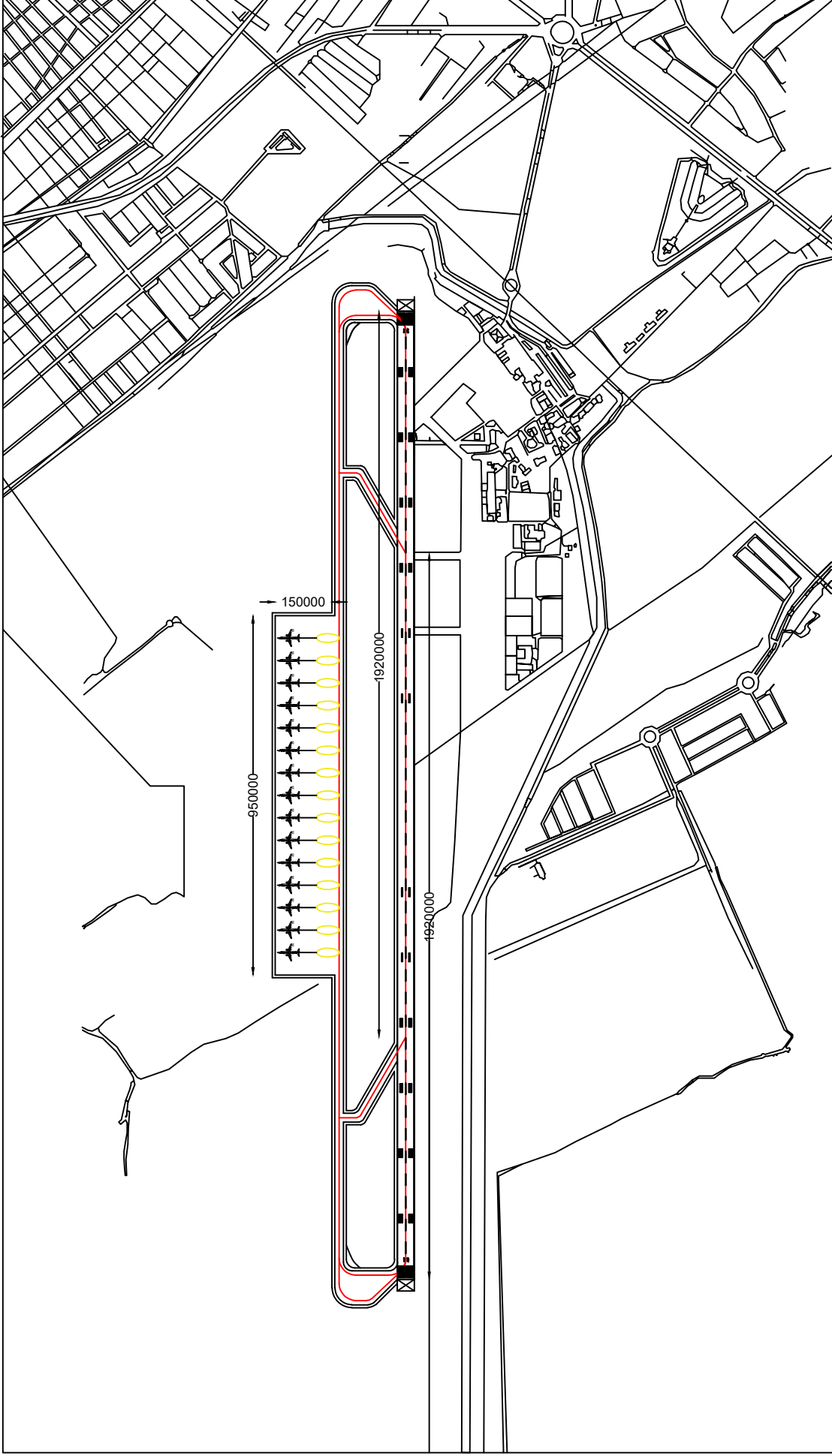



**Angkasa Pura** | AIRPORTS  
 PT. ANGKASA PURA I (PERSERO)  
 PENGUSAHAAN BANDAR UDARA  
 KANTOR CABANG  
 BANDARA AHMAD YANI - SEMARANG

DIRENCANA	AIRPORT READINESS DEPARTMENT
DIGAMBAR	Sari Kurniawati
DIPERIKSA	R. IYANTO
DISETUIJI	EDDY SUSANTO
DIKETAHUI	PRIYO IATMIKO
	GENERAL MANAGER

GAMBAR :  
**LAYOUT BANDARA INTERNASIONAL  
 AHMAD YANI SEMARANG**

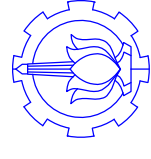
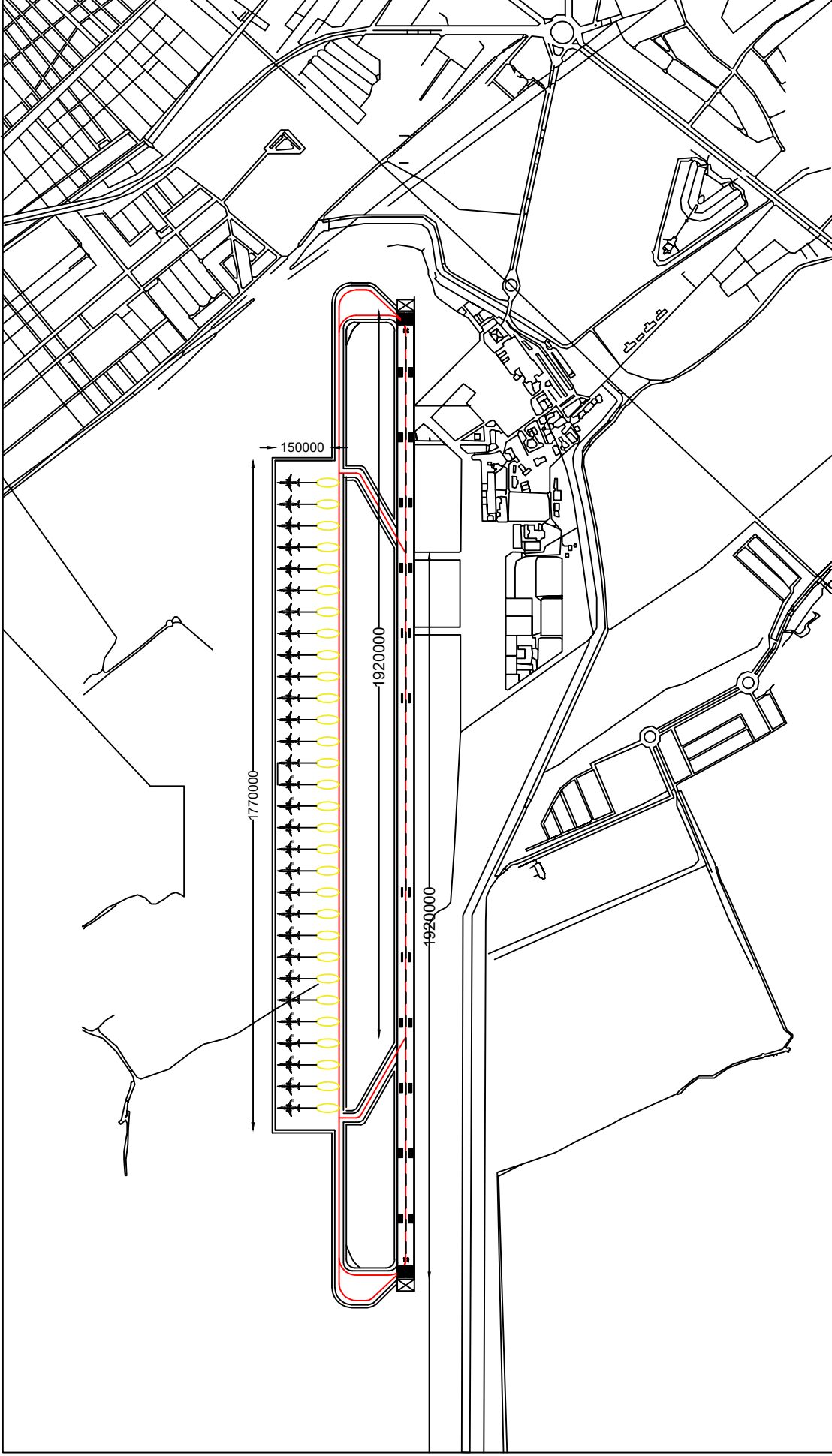
PEKERJAAN :			
SKALA :	TANGGAL :	NO. LEMBAR :	JML. LEMBAR :



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAY  
 DEPARTMEN INFRASTRUKTUR SIPIL - FVOKASI  
 PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL

PROYEK AKHIR TERAPAN  <b>EVALUASI KINERJA KAPASITAS SISI UDARA          (STUDI KASUS BANDARA AHMAD YANI SEMARANG)</b>	NAMA GAMBAR  <b>LAYOUT TAHUN 2017</b>	DOSEN PEMBIMBING  AMALIA FIRDAUS M., S. T., M.T
SKALA 1:15.000	TANGGAL 29 JUNI 2017	NAMA MAHASISWA  TIARA LIFKI 3113041011
	NOMOR GAMBAR 2	JUMLAH GAMBAR 3





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAY  
 DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR SIPIL - FVOKASI  
 PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL

DOSEN PEMBIMBING		AMALIA FIRDAUS M., S. T., M. T.	
NAMA MAHASISWA		TIARA LIFKI	
3113041011			
NAMA GAMBAR		<b>LAYOUT TAHUN 2027</b>	
EVALUASI KINERJA KAPASITAS SISI UDARA (STUDI KASUS BANDARA AHMAD YANI SEMARANG)			
SKALA	TANGGAL	NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
1:15.000	29 JUNI 2017	3	3

Tabel Perbandingan Antar Bandara Internasional

No	Pembanding	Bandara Juanda (SUB)	Bandara Ngurah Rai (DPS)	Bandara Adi Sudjipto (JOG)	Bandara Ahmad Yani (SRG)
1	Golongan	I A	I A	I	IB
2	Klasifikasi	4E	4E	4D	4D
3	Hierarchy	Pengumpul Skala Primer	Pengumpul Skala Primer	Pengumpul Skala Sekunder	Pengumpul Skala Sekunder
4	Embarkasi Haji	Ya	Tidak	Tidak	Tidak
5	Pesawat Terbesar	B-747	B-747-400	B-737-900/ B-737-800	B-737-900
6	Dimensi Runway	3000m x 45m	3000m x 45m	2200m x 45m	2560m x 45m
7	Jumlah Exit Taxiway	11 buah	7 buah	3 buah	1 buah
8	Sudut Exit Taxiway	90° = 8 buah Rapid = 3 buah	90° = 5 buah Rapid = 2 buah	90° = 3 buah Rapid = - buah	90° = - buah Rapid = 1 buah
9	Holding Apron	Ada	Ada	Ada	Tidak
10	Pararel Taxiway	Ada	Tidak	Tidak	Tidak
11	Jumlah Gate Position	21 buah	15 buah	8 buah	8 buah
12	Fasilitas Bandara	- Meteorology Service - Internet Services - Public Facilities - Public Transportation	- Meteorology Service - Internet Services - Public Facilities - Public Transportation	- Meteorology Service - Internet Services - Public Facilities - Public Transportation	- Meteorology Service - Internet Services - Public Facilities - Public Transportation

## **BIODATA PENULIS**



Penulis dilahirkan di Surabaya, 13 Oktober 1995, merupakan anak terakhir dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu TK. TARUNA JAYA Surabaya, SDN Ketabang III/ 290 Surabaya, SMPN 4 Surabaya dan SMAN 2 Surabaya. Setelah lulus dari SMAN tahun 2013, Penulis mengikuti ujian masuk DIV Reguler ITS dan diterima di departemen Teknik Infrastruktur Sipil tahun 2013 sehingga terdaftar dengan NRP 3113041011.

Penulis mengambil Bidang Bangunan Transportasi di Program Studi DIV Teknik Sipil ITS. Penulis sempat aktif di beberapa kegiatan kepanitiaan yang diselenggarakan oleh jurusan ataupun Institut, Badan Eksekutif Diploma Teknik Sipil (HMDS) periode 2015-2016, Dewan Perwakilan Mahasiswa (DPM) ITS periode 2014-2015.