



TUGAS AKHIR – RC 14-1501

**STUDI KAPASITAS DAN PERENCANAAN
PENAMBAHAN RUNWAY DI BANDARA I GUSTI
NGURAH RAI**

SEPTIANA RACHMAWATI
NRP. 3111100159

Dosen Pembimbing
Ir. Ervina Ahyudanari ME, Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018



FINAL PROJECT – RC 14-1501

**STUDY OF CAPACITY AND PLANNING FOR
ADDITIONAL RUNWAY AT THE I GUSTI NGURAH
RAI AIRPORT**

SEPTIANA RACHMAWATI
NRP. 3111100159

Supervisor
Ir. Ervina Ahyudanari ME, Ph.D

DEPARTEMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering Environment dan Geo Engineering
Institut of Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

**STUDI KAPASITAS DAN PERENCANAAN
PENAMBAHAN RUNWAY DI BANDARA I GUSTI
NGUAH RAI**

TUGAS AKHIR

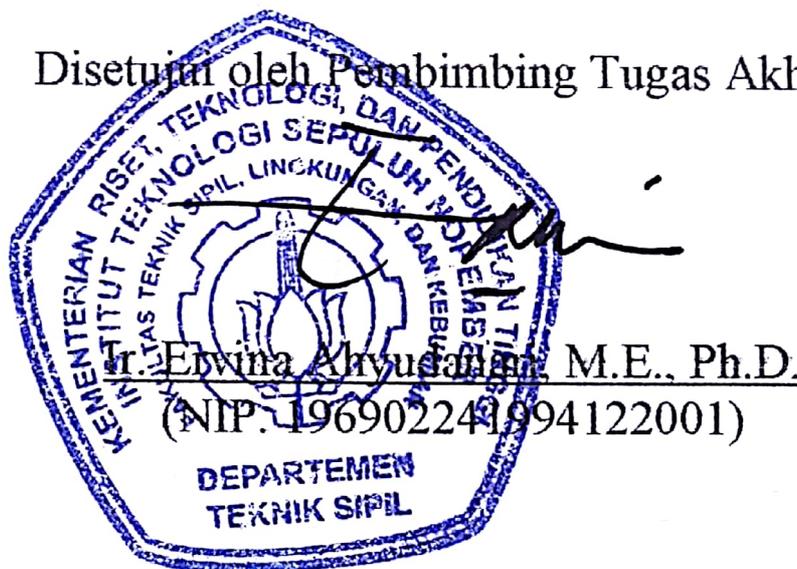
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Reguler Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

SEPTIANA RACHMAWATI

NRP. 3111100159

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :



SURABAYA
Agustus, 2018

STUDI KAPASITAS DAN PERENCANAAN
PENAMBAHAN RUNWAY DI BANDAR UDARA I
GUSTI NGURAH RAI BALI

Nama : Septiana Rachmawati
NRP : 0311114000059
Jurusan : Teknik Sipil FTSP - ITS
Dosen Pembimbing : Ir.Ervina Ahyudanari M.E., Ph.D

ABSTRAK

Bandar Udara Internasional Ngurah Rai Bali adalah salah satu gerbang utama transportasi udara di Indonesia, yang mengalami pertumbuhan lalu lintas dan peningkatan yang pesat dari tahun ke tahun. Namun, peningkatan pergerakan pesawat tidak diiringi dengan pengembangan infrastruktur yang melayani pergerakan pesawat yaitu runway bandara. Oleh karenanya, perlu untuk menganalisis kapasitas runway Bandar Udara Internasional Ngurah Rai Bali agar ada kesesuaian pergerakan pesawat dengan ketersediaan infrastruktur saat ini. Perhitungan kapasitas runway meliputi konfigurasi campuran pesawat dalam satu jam puncak. Analisa menggunakan data real dari pesawat yang beroperasi dan akan dibandingkan dengan hasil data pada saat peak hour. Peramalan dilakukan untuk mengetahui pertumbuhan pergerakan pesawat pada 5 dan 10 tahun mendatang (2022 dan 2027). Kebutuhan runway akan dirancang berdasarkan hasil analisis pergerakan pesawat. Hasil yang diharapkan adalah adanya perancangan detail runway yang sesuai dengan kebutuhan operasional.

Hasil perhitungan delay time saat peak hour didapatkan delay rata-rata sebesar 21 menit 41 detik. Untuk runway ke 2

dengan menggunakan pesawat B747 didapat runway rencana sebesar 3500 m dan mempunyai kapasitas rencana sebesar 100 operasi perjamnya.

Kata kunci : Bandara Ngurah Rai, Kapasitas Runway

**STUDY OF CAPACITY AND PLANNING FOR
ADDITIONAL RUNWAY AT THE I GUSTI NGURAH
RAI AIRPORT**

Name : Septiana Rachmawati
NRP : 0311114000059
Department : Teknik Sipil - ITS
Supervisor : Ir.Ervina Ahyudanari M.E., Ph.D

ABSTRACT

Bali Ngurah Rai International Airport is one of the main gateways of air transportation in Indonesia, which has experienced traffic growth and rapid increase from year to year. However, the increase in aircraft movements is not accompanied by the development of infrastructure that serves aircraft movements, namely runway. Therefore, it is necessary to analyze the runway capacity of Bali's Ngurah Rai International Airport so that there is a suitability of aircraft movements with the current infrastructure availability. The calculation of runway capacity includes the configuration of the aircraft mixture in one hour peak. Analysis uses real data from aircraft that are operating and will be compared with the results of data at peak hour. Forecasting is carried out to determine the growth of aircraft movements in the next 5 and 10 years (2022 and 2027). Runway requirements will be designed based on the results of analysis of aircraft movements. The expected results are the existence of detailed runway design that suits operational needs. The results of the calculation of the delay time during peak hour obtained an average delay of 21 minutes 41

seconds. For the second runway using the B747 aircraft, the runway plan is 3500 m and has a planned capacity of 100 hours per hour.

Keywords :Ngurah Rai Airport, Runway Capacity

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT karena dengan berkat rahmat dan hidayah-Nya saya dapat menyelesaikan proposal tugas akhir saya dengan lancar dan baik.

Dalam penyusunan proposal Tugas Akhir ini penulis banyak mendapat saran, bimbingan serta keterangan-keterangan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segala hormat dan kerendahan hati perkenankanlah penulis mengucapkan terima kasih kepada:

- Orang tua tercinta saya yang selalu memberikan dukungan moral maupun materi kepada kami.
- Bu Ervina Ahyudanari M.E., Ph.D selaku dosen pembimbing sekaligus orang tua kedua bagi saya di kampus yang terus menyemangati saya untuk tetap fokus mengerjakan Tugas Akhir ini.
- Teman-teman saya Ismaya, Hendra Annisa, Amel, Sabila yang juga terus menyemangati.
- Teman dekat saya Agus Teddy yang terus mengingatkan saya agar cepat menyelesaikan Tugas Akhir ini

Saya menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan, baik dalam hal penyajian

maupun informasi. Oleh karena itu saya membutuhkan segala saran serta kritik yang membangun guna terbentuk koreksi agar tercapai hasil yang lebih baik. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Surabaya, 2 Agustus 2018

Penyusun

DAFTAR ISI

Lembar Pengesahan.....	i
Abstrak.....	iii
Abstract.....	v
Kata Pengantar.....	vii
Daftar Isi.....	ix
Daftar Tabel.....	xii
Daftar Gambar.....	xiv
Bab I Pendahuluan.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat.....	4
1.6 Lokasi Penelitian.....	5
Bab II Tinjauan Pustaka.....	7
2.1 Runway.....	7
2.1.1 Sistem Runway.....	7
2.1.2 Konfigurasi Runway.....	7
2.1.3 Karakteristik Runway.....	10
2.1.3.1 Lebar Runway.....	10
2.1.3.2 Kemiringan Memanjang (<i>Longitudinal Slope</i>) Runway.....	10
2.1.3.3 Kemiringan Melintang (<i>Tranverse Slope</i>) Runway.....	11
2.1.3.4 Blast Pad (overrun/stopway/clearway).....	11
2.2 Arah Runway.....	12

2.3	Marka Landas Pacu.....	13
2.4	Landas Hubung.....	17
2.4.1	Dimensi Taxiway.....	18
2.4.2	Shoulder Taxiway.....	19
2.4.3	Taxiway Longitudinal Slope.....	19
2.4.4	Taxiway Transverse Slope.....	20
2.4.5	Taxiway Sight Distance.....	21
2.4.6	Taxiway Strips.....	21
2.5	Metode Perhitungan Jam Puncak.....	22
2.6	Peramalan Pertumbuhan Lalu Lintas Udara.....	24
2.7	Perumusan Matematis Kapasitas Jenuh.....	25
2.7.1	Pengembangan model untuk kedatangan.....	26
2.7.2	Pengembangan model untuk keberangkatan.....	32
2.8	Waktu pemakaian runway.....	33
2.9	Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan.....	34
2.9.1	Fungsi Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan.....	34
2.9.2	Batasan Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan.....	34
2.10	Tahap Penentuan Lokasi Runway 2.....	37
Bab III Metodologi.....		41
3.1	Studi Literatur.....	41
3.2	Pengumpulan Data.....	41
3.3	Analisis dan Pengolahan Data.....	41
3.3.1	Peramalan Pertumbuhan Lalu Lintas Udara.....	41
3.3.2	Evaluasi Kapasitas Runway.....	42
3.3.3	Pencanaan Dimensi Runway.....	42
3.3.4	Tahap Penentuan KKOP.....	42
3.3.5	Tahap Penentuan Lokasi Runway.....	43
3.4	Kesimpulan.....	43
3.5	Diagram Alur Metode Penelitian.....	43
Bab IV Pembahasan.....		47
4.1	Peramalan Pertumbuhan Pergerakan Pesawat.....	47

4.1.1	Penentuan Pergerakan Total Pesawat di Runway.....	52
4.1.2	Penentuan peak month, peak day, dan peak hour.....	56
4.2	Perhitungan Kapasitas Runway.....	59
4.2.1	Kapasitas Runway Kondisi Eksisting.....	59
4.2.2	Perhitungan Kapasitas Runway Rencana.....	70
4.2.3	Delay Time.....	79
4.3	Landasan Pacu.....	81
4.3.1	Panjang Landasan Pacu.....	81
4.4	Perencanaan Taxiway.....	85
4.5	Marking Landasan.....	86
4.5.1	Sumbu Landasan.....	86
4.5.2	Threshold Marking.....	86
4.5.3	Marking Touchdown Zone.....	86

BAB V Kesimpulan

5.1	Kesimpulan.....	95
5.2	Saran.....	95

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi Bandara Internasional Ngurah Rai.....	4
Gambar 1.2 Detail Lokasi Bandara Ngurah Rai.....	5
Gambar 2.1 Konfigurasi Runway.....	9
Gambar 2.2 Bentuk dan ukuran runway designation marking.....	14
Gambar 2.3 Marking Threshold.....	15
Gambar 2.4 Bentuk dan Jarak <i>Touchdown Zone</i> <i>Marking</i>	17
Gambar 2.5 Kemiringan Memanjang Taxiway.....	20
Gambar 2.6 Penampang Kemiringan Melintang Taxiway.....	21
Gambar 2.7 Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan I.....	36
Gambar 2.8 Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan II.....	37
Gambar 3.1 Diagram alir Metode Tugas Akhir.....	44
Gambar 3.2 Diagram alir Metode Tugas Akhir (lanjutan).....	45
Gambar 4.1 Grafik total pergerakan Tahun 2012-2017.....	48
Gambar 4.2 Grafik total pergerakan tahun 2012-2017 menggunakan tipe Exponential.....	50
Gambar 4.3 Grafik total pergerakan tahun 2012-2015 menggunakan tipe Linear.....	50
Gambar 4.4 Grafik total pergerakan tahun 2012-2015 menggunakan tipe Logarithmic.....	51
Gambar 4.5 Grafik total pergerakan tahun 2012-2015 menggunakan tipe Polynomial.....	51
Gambar 4.6 Grafik total pergerakan terhadap kedatangan domestik.....	53
Gambar 4.7 Grafik total pergerakan terhadap keberangkatan domestik.....	54
Gambar 4.8 Grafik total pergerakan terhadap kedatangan internasional.....	54

Gambar 4.9 Grafik total pergerakan terhadap keberangkatan internasional.....	55
Gambar 4.10 Menentukan potongan memanjang dan melintang KKOP terhadap topografi.....	91
Gambar 4.11 Elevasi potongan memanjang.....	91
Gambar 4.12 Elevasi potongan melintang.....	92
Gambar 4.13 Potongan memanjang KKOP terhadap topografi.....	92
Gambar 4.14 Potongan melintang KKOP terhadap topografi.....	92
Gambar 4.15 Perkiraan Penempatan Runway Berdasarkan KKOP.....	93
Gambar 4.16 Jarak antara runway 1 dengan runway 2.....	94

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Lebar Minimal Landasan Pacu.....	10
Tabel 2.2 Kemiringan Memanjang Landasan Pacu.....	11
Tabel 2.3 Kemiringan Melintang Landasan Pacu.....	11
Tabel 2.4 Dimensi Blast Pad.....	12
Tabel 2.5 Jumlah Strip Tanda Threshold.....	15
Tabel 2.6 Jumlah Pasangan Tanda <i>Touchdown Zone</i>	16
Tabel 2.7 Dimensi Taxiway.....	18
Tabel 2.8 Taxiway Shoulder Minimum.....	19
Tabel 2.9 Kemiringan Memanjang Maksimum Taxiway....	19
Tabel 2.10 Kemiringan Melintang maksimum Taxiway.....	20
Tabel 2.11 Jarak Pandang Taxiway.....	21
Tabel 2.12 Taxiway Strips.....	22
Tabel 2.13 Jarak Lurus Minimum Setelah Belokan Taxiway.....	22
Tabel 2.14 Jarak yang diperbolehkan antar runway.....	39
Tabel 4.1 Total Pergerakan Pesawat tahun 2012- 2017.....	48
Tabel 4.2 Persamaan regresi dari 4 analisa regresi.....	52
Tabel 4.3 Hasil peramalan jumlah pergerakan total pesawat tahun 2018-2027.....	56
Tabel 4.4 Pergerakan Pesawat Tiap Bulan.....	57
Tabel 4.5 Ratio Pergerakan Bulanan Pesawat.....	58
Tabel 4.6 Hasil perhitungan peak day dan peak hour.....	59
Tabel 4.7 Pergerakan pesawat di Runway pada 15 Juni 2018.....	60
Tabel 4.8 Kategori Pesawat Berdasarkan Kecepatan Menurut FAA.....	61
Tabel 4.9 Campuran Pesawat dan Karakteristiknya.....	61

Tabel 4.10 Jadwal Penerbangan Kedatangan Pesawat.....	62
Tabel 4.11 Jadwal Penerbangan Keberangkatan.....	63
Tabel 4.12 Jadwal Penerbangan Kedatangan Pesawat tahun 2022 pada saat jam puncak.....	71
Tabel 4.13 Jadwal Penerbangan Keberangkatan Pesawat tahun 2022 pada saat jam puncak.....	72
Tabel 4.14 delay Time saat peak hour kondisi eksisting.....	80
Tabel 4.15 Lanjutan tabel 4.14.....	81
Tabel 4.16 Karakteristik pesawat terbang komersial.....	82
Tabel 4.17 Dimensi KKOP.....	88

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pulau Bali merupakan barometer perkembangan pariwisata nasional, pulau ini tidak hanya terkenal di dalam negeri tetapi juga mancanegara. Sektor pariwisata menjadi sektor andalan karena Pulau Bali banyak terdapat pantai-pantai yang indah dan tempat wisata yang bagus, oleh karena itu kunjungan wisatawan ke Bali dari tahun ke tahun terus meningkat. Dengan kondisi alam yang demikian tidak heran jika pertumbuhan ekonomi Pulau Bali dari tahun ke tahun semakin meningkat. Pertumbuhan tersebut dialami oleh hampir seluruh sektor yang ada, seperti industri perdagangan, juga pada sektor pariwisata yang dapat mendatangkan wisatawan dan memajukan perdagangan. Besarnya pertumbuhan kunjungan wisatawan ke Pulau Bali, berbanding lurus dengan permintaan jasa layanan transportasi baik transportasi darat, transportasi laut, maupun transportasi udara.

Transportasi udara, dibandingkan dengan transportasi laut dan darat, merupakan sarana transportasi yang menawarkan efektifitas dan efisiensi waktu yang lebih baik. Pertumbuhan penumpang angkutan udara dalam negeri sudah terjadi beberapa kali lipat dari tahun ke tahun, dimana terjadi lonjakan konsumen yang memilih transportasi udara ini karena adanya tiket murah. Selain itu, ada pula pengaruh dari arus globalisasi terhadap meningkatnya demand pengguna jasa penerbangan. Pada kondisi seperti ini dibutuhkan Bandar udara yang dapat memenuhi permintaan tersebut. Bandara Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai yang terletak di sebelah selatan Bali, Indonesia tepatnya di daerah Tuban, Kecamatan Kuta, Kabupaten Badung sekitar 13 km dari Denpasar. Bandar udara Ngurah Rai merupakan bandara terbesar dan tersibuk ketiga di

Indonesia setelah Bandara Internasional Soekarno-Hatta dan bandara Internasional Juanda.

Bandara Internasional Ngurah Rai mempunyai sisi udara yang terdiri dari runway, taxiway, dan apron. Dengan panjang runway 3000m dan lebar 45m dan konstruksi perkerasan PCN 83/F/C/X/T dapat digunakan pesawat kelas B 747-400 untuk menempuh jarak setara Denpasar – Tokyo (bandara.id). Dengan hanya 1 landasan pacu tersebut, Bandara Ngurah Rai mempunyai kapasitas runway 20 pergerakan/jam (web.ngurah rai). Hal ini menjadi salah satu penyebab jadwal penerbangan sering tertunda dan tidak sesuai jadwal. Untuk menguraikan kepadatan lalu lintas direncanakan penambahan Bandara di utara Pulau Bali.

Pembangunan bandara baru memerlukan waktu cukup lama. Untuk mengatasi hal tersebut perlu di lakukan studi apakah memungkinkan adanya penambahan runway di Ngurah Rai. Studi kemungkinan penambahan runway tersebut perlu dilakukan mengingat lokasi Bandara Ngurah Rai yang cukup terbatas dan dikelilingi oleh pemukiman yang cukup padat. Dengan kondisi tersebut, judul Tugas Akhir ini dipertimbangkan masih relevan.

1.2 Rumusan Masalah

Beberapa masalah yang akan ditinjau dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Berapa delay yang terjadi saat jam puncak?
2. Bagaimana ketersediaan ruang untuk runway 2?
3. Bagaimana komposisi tipe pesawat yang beroperasi di Bandara Ngurah Rai?
4. Apakah panjang runway baru yang terbatas dapat mengurangi kepadatan runway 1?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam studi Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui delay yang terjadi pada saat jam puncak
2. Mengetahui ketersediaan ruang untuk runway 2
3. Mengetahui komposisi tipe pesawat yang beroperasi di Bandara Ngurah Rai

4. Mengetahui jika panjang runway baru yang terbatas dapat mengurangi kepadatan runway 1

1.4 Batasan Masalah

Agar penulisan Tugas Akhir ini tidak terjadi penyimpangan dalam pembahasan masalah, maka perlu adanya batasan masalah sebagai berikut.

1. Tidak membahas analisa biaya.
2. Tidak melakukan perbaikan tanah.
3. Tidak melakukan evaluasi kinerja runway setelah penambahan.
4. Arah angin diasumsikan sama dengan kondisi eksisting
5. Tidak mendesain reklamasi apabila lokasi yang terpilih menjorok ke laut

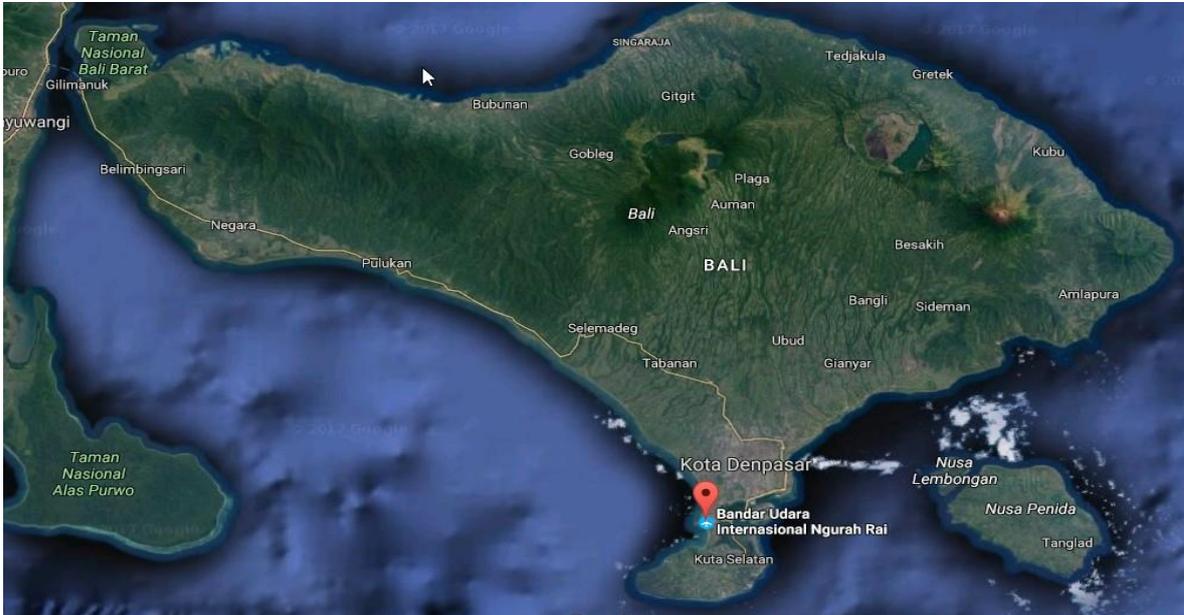
1.5 Manfaat

Manfaat dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut

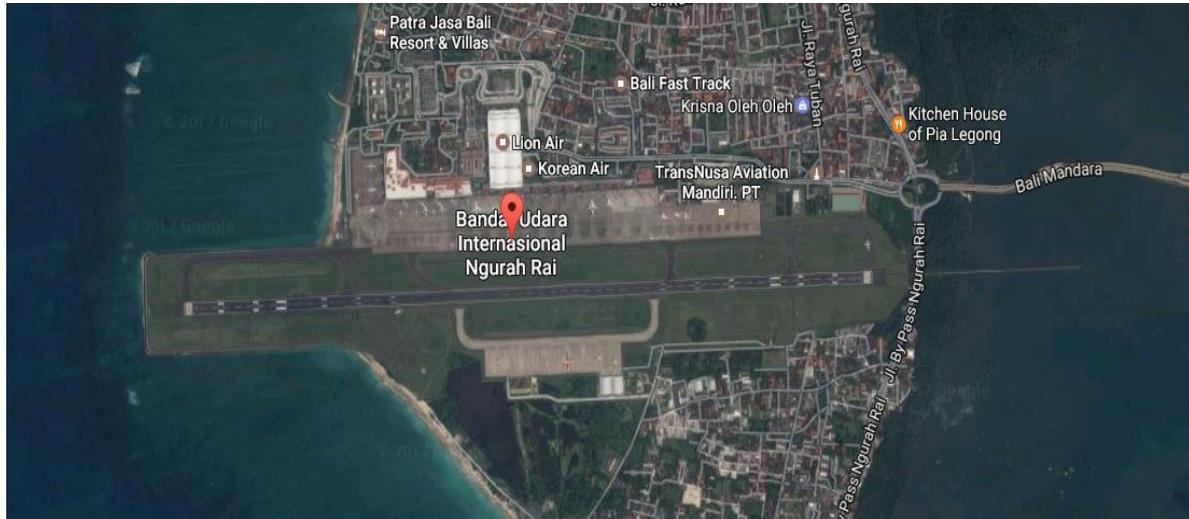
1. Dengan adanya studi ini proses penetapan letak suatu runway dapat lebih dipahami.
2. Penetapan runway kedua di arah yang sudah memadai memerlukan analisis yang lebih detail.
3. Tugas Akhir ini diharapkan dapat membangun pemahaman proses yang dilakukan berkaitan dengan rencana penambahan runway.

3.6. Lokasi Studi

Pengambilan data dilakukan di Bandara Internasional Ngurah Rai



Gambar 1.1 Lokasi Bandara Internasional Ngurah Rai
(sumber : google earth)



Gambar 1.2 Detail lokasi penelitian Bandara Ngurah Rai
(sumber : google earth)

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Runway

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. Semakin sibuk pelayanan semakin banyak runway yang harus dibangun.

2.1.1 Sistem Runway

Terdapat beberapa konfigurasi runway, hal ini karena dipengaruhi beberapa faktor, yaitu

- a. Perbedaan kapasitas maksimum.
- b. Perbedaan arah dan kecepatan maksimum.
- c. Kelengkapan alat bantu navigasi.

2.1.2 Konfigurasi Runway

Terdapat banyak konfigurasi landasan pacu. Kebanyakan merupakan kombinasi dari beberapa konfigurasi dasar.

a. Landasan pacu tunggal

Konfigurasi ini merupakan konfigurasi yang paling sederhana. Kapasitas landasan pacu tunggal dalam kondisi VFR adalah berkisar di antara 50 sampai 100 operasi perjam, sedangkan dalam kondisi IFR, kapasitas ini berkurang menjadi 50 sampai 70 operasi, tergantung pada komposisi campuran pesawat terbang dan alat-alat bantu navigasi yang tersedia.

b. Landasan pacu sejajar

Kapasitas sistem ini sangat tergantung pada jumlah landasan pacu dan jarak di antaranya. Jarak diantara landasan-landasan pacu sangat bervariasi. Jarak digolongkan

ke dalam jarak yang rapat, menengah dan renggang, tergantung pada tingkat kebebasan dari landasan pacu dalam kondisi IFR. Landasan pacu sejajar yang rapat mempunyai jarak dari minimum 700 kaki (untuk bandara udara yang melayani angkutan udara) sampai kurang dari 2500 kaki. Dalam kondisi IFR operasi pada satu landasan pacu tergantung pada operasi di landasan pacu lainnya. Landasan pacu sejajar dengan jarak menengah, mempunyai jarak 2500 kaki sampai kurang dari 4300 kaki. Dalam kondisi IFR, kedatangan pada landasan pacu tidak tergantung pada keberangkatan landasan pacu lainnya. Landasan pacu sejajar renggang mempunyai jarak 4300 kaki atau lebih. Dalam kondisi IFR, kedua landasan pacu itu dapat dioperasikan secara tersendiri baik untuk keberangkatan maupun kedatangan.

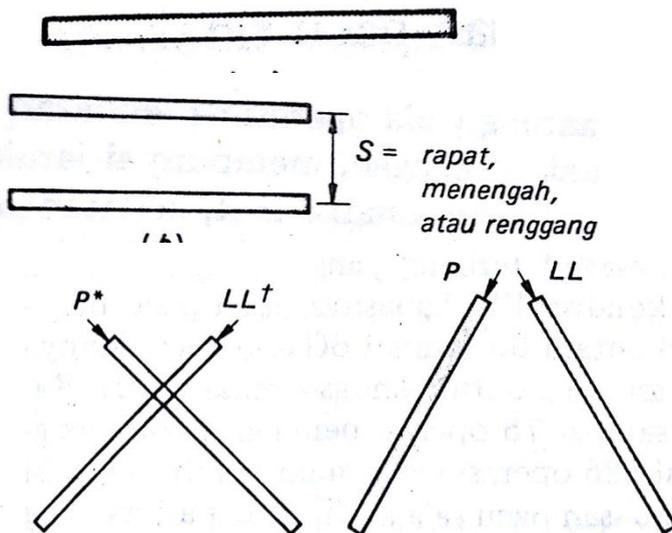
c. Landasan pacu yang berpotongan

Banyak bandar udara mempunyai dua atau lebih landasan pacu yang jaraknya berbeda dan saling berpotongan. Landasan pacu yang berpotongan ini perlu apabila terdapat angin yang relatif kuat yang bertiup lebih dari satu arah, yang mengakibatkan angin sisi yang berlebihan apabila hanya satu landasan pacu yang disediakan. Apabila angin bertiup kencang, hanya satu dari pasangan landasan pacu yang berpotongan itu yang dapat digunakan, sehingga kapasitas lapangan terbang sangat berkurang. Apabila tiupan angin relative lemah, kedua landasan dapat digunakan bersama-sama. Kapasitas dua landasan pacu yang berpotongan sangat tergantung pada letak perpotongannya (misal di tengah atau di ujung) dan pada cara pengoperasian landasan pacu.

d. Landasan pacu V-terbuka

Landasan pacu yang arah nya memencar (divergen) tetapi tidak berpotongan. Seperti juga halnya dengan landasan pacu yang berpotongan, landasan pacu v-terbuka akan berubah seolah-olah sebagai landasan pacu tunggal apabila angin bertiup kuat dari satu arah. Apabila tiupan angin lemah maka landasan dapat digunakan bersamaan.

Strategi yang menghasilkan kapasitas tertinggi adalah apabila operasi penerbangan dilakukan menjauhi V. Dalam kondisi IFR, kapasitas perjam untuk strategi ini berkisar antara 50-80 operasi tergantung pada campuran pesawat terbang dan dalam kondisi VFR antara 60-180. Apabila operasi penerbangan dilakukan menuju V kapasitas perjam berkurang menjadi 50-60 dalam kondisi IFR dan 50-100 dalam kondisi VFR. Lihat gambar 2.1 menunjukkan beberapa bentuk dasar konfigurasi runway.



Gambar 2.1 Konfigurasi Runway
(sumber : Horenjeff, 2010)

Dipandang dari segi kapasitas dan pengendalian lalu lintas udara, konfigurasi landasan pacu satu arah adalah yang terbaik. Dengan hal-hal lainnya sama, konfigurasi ini akan menghasilkan kapasitas yang tertinggi dibandingkan dengan konfigurasi lain. Untuk pengendalian lalu lintas udara, pengaturan rute pesawat terbang dalam arah tunggal adalah lebih sederhana.

2.1.3 Karakteristik Runway

Karakteristik landasan pacu dapat dilihat sebagai berikut :

2.1.3.1 Lebar Runway

Lebar landasan Pacu sudah ditentukan dengan standar ICAO seperti pada tabel 2.1 berikut :

Tabel 2.1 Lebar Minimal Landasan Pacu

Code Number	Code Letter					
	A	B	C	D	E	F
1a	18m	18m	23m	-	-	-
2	23m	23m	30m	-	-	-
3	30m	30m	30m	45m	-	-
4			45m	45m	45m	60m

(sumber : SKEP 77-VI-2005 Dirjen Perhubungan)

Catatan :

- Pada code number 1a lebar *runway* dapat dikurangi hingga 15m atau 10m tergantung dari luas yang dibatasi pada pesawat kecil / *small aeroplane*
- Pengoperasian yang diijinkan untuk pesawat landing atau take off dimana lebar *runway* harus lebih kecil atau lebih panjang dari minimum lebar yang sesuai dengan code letter pesawat.

2.1.3.2 Kemiringan Memanjang (*Longitudinal Slope*) Runway

Kemiringan memanjang landasan pacu telah ditentukan dengan standar ICAO seperti terlihat pada tabel 2.2 sebagai berikut

Tabel 2.2 Kemiringan Memanjang Maksimum Landasan Pacu

Code Letter	Penggolongan Pesawat	Runway Gradient (m)	Pada Bagian Landasan (%)	1/4 dari ujung landasan (%)	Jarak tampak pada jarak min 1/2 landasan (m)
A	I	≤ 2	≤ 2	-	1,5
B	II	≤ 2	≤ 2	-	1,5
C	III	≤ 1	$\leq 1,5$	$\leq 0,8$	2
D	IV	≤ 1	$\leq 1,5$	$\leq 0,8$	2
E	V	≤ 1	$\leq 1,25$	$\leq 0,8$	3
F	VI	≤ 1	$\leq 1,25$	$\leq 0,8$	3

(sumber : SKEP 77-VI-2005 Dirjen Perhubungan)

2.1.3.3 Kemiringan Melintang (*Transverse Slope*) Runway

Untuk menjamin pengaliran air permukaan yang berada diatas landasan pacu, perlu kemiringan melintang dengan standar ICAO seperti terlihat pada tabel 2.3 sebagai berikut:

Tabel 2.3 Kemiringan Melintang Landasan Pacu

Kode Huruf Landasan Pacu	Kemiringan Melintang
A	2.0%
B	2.0%
C	1.5%
D	1.5%
E	1.5%

(sumber :SKEP 77-VI-2005 Dirjen Perhubungan)

2.1.3.4 Blast Pad (overrun/stopway/clearway)

Blast pad diletakkan tepat sebelum ujung runway dimana hembusan mesin jet yang dihasilkan oleh pesawat besar pada waktu mau takeoff. Hembusan tersebut dapat mengikis tanah dan

merusak permukaan diujung runway, maka dari itu dibuat perkerasan. Blast pad juga dibuat diujung akhir landasan ruang tambahan jika terjadi landing atau takeoff yang salah atau kelebihan. Seperti terlihat pada tabel 2.4 sebagai berikut:

Tabel 2.4 Dimensi Blast Pad

Kode Huruf	Penggolongan Pesawat	Lebar Stopways (m)	Panjang Stopways (m)	Kemiringan Stopways (%) (m)
A	I	18	30	
B	II	23	30	
C	III	30	60	0.3 per 30
D	IV	30	60	0.3 per 30
E	V	45	60	0.3 per 30
F	VI	45	60	0.3 per 30

(sumber : SKEP 77-VI-2005 Dirjen Perhubungan)

2.2 Arah Runway

Analisa angin adalah hal yang mendasar bagi perencanaan landasan. Pada umumnya, landasan pacu utama di bandar udara sedapat mungkin harus searah dengan angin yang dominan. Pada saat mendarat dan lepas landas, pesawat terbang dapat melakukan maneuver di atas landasan pacu sepanjang komponen angin sisi tidak berlebihan. Angin sisi maksimum yang diperbolehkan tidak hanya tergantung pada ukuran pesawat, tetapi juga pada susunan sayap dan keadaan permukaan landasan. Arah landasan pacu dapat ditentukan secara grafis sebagai berikut. Anggap bahwa data angin untuk seluruh kondisi jarak penglihatan.

Penyelidikan angin dilakukan paling sedikit 5 tahun. Data yang diperlukan adalah arah angin, kecepatan angin. Apabila nilai crosswind maksimum yang diijinkan telah ditetapkan, maka dapat ditentukan dengan mengamati karakteristik angin. Dalam Tugas Akhir ini arah angin diasumsikan dengan kondisi bandara

eksisting. Sehingga arah runway yang baru diasumsikan sama dengan kondisi sama dengan runway eksisting.

2.3 Marka di Landas Pacu

Marka pada daerah pergerakan pesawat udara di bandara merupakan tanda / petunjuk yang digambarkan pada daerah pergerakan pesawat udara. Dimana, tanda tersebut menginformasikan suatu kondisi (gangguan / larangan), dan batas-batas keselamatan penerbangan. Marking ini hanya berguna pada siang hari saja, sedangkan malam hari fungsi marking digantikan oleh sistem perlampuan.

Macam-macam marking sebagai alat bantu Navigasi pendaratan sebagai berikut:

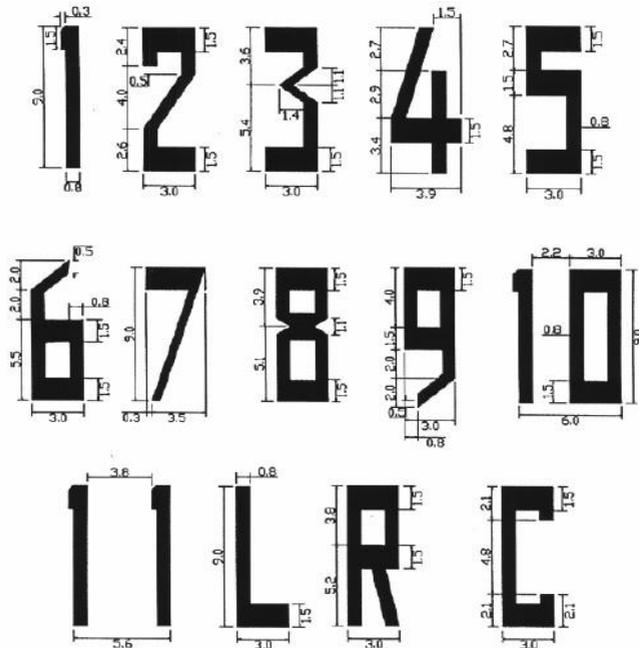
a. Nomor Landasan (Runway Designation Marking)

Ditempatkan di ujung landasan sebagai nomor pengenal landasan itu, terdiri dari dua angka, pada landasan sejajar harus dilengkapi dengan huruf L atau R atau C.

Dua angka tadi merupakan angka persepuluhan terdekat dari utara magnetis dipandang dari arah approach, ketika pesawat akan mendarat. Misalnya landasan dengan azimuth magnetis 82 maka nomor landasan adalah 08, azimuth magnetis 86 maka nomor landasan 86. Nomor landasan ini ditempatkan berawalan dengan azimuthnya, landasan barat timur, di ujung timur ditempatkan no landasan 27, sedangkan di ujung barat dipasang nomor landasan 09.

Dua landasan sejajar diberi nomor landasan 09 – 27, dilengkapi dengan huruf L (Left) atau R (Rigth), tiga landasan sejajar yang tengah ditambah huruf C (Central). Empat landasan sejajar disamping diberi tambahan huruf sepasang landasan sejajar digeser satu nomor. Misalnya pasangan 09 – 27 dengan 08 – 28 (atau 10 – 28) walaupun arahnya 09 – 27.

Standart ukuran huruf dan nomor diberikan oleh ICAO dalam Annex 14 dapat dilihat pada gambar 2.2 di bawah ini.



Gambar 2.2 Bentuk dan ukuran runway designation marking

(Sumber : SNI 03-7095-2005)

b. Marking sumbu landasan (*Runway, Center Line Marking*)

Di tempatkan di sepanjang sumbu landasan berawal dan berakhir pada nomor landasan, kecuali pada landasan yang bersilangan, landasan yang lebih dominan, sumbunya terus, yang kurang dominan sumbunya di putus.

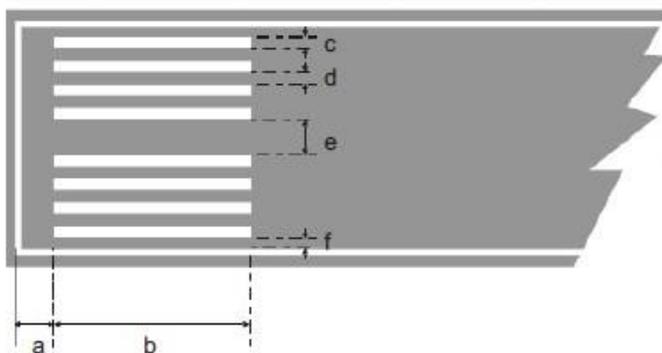
Merupakan garis putus – putus, panjang garis dan panjang pemutusan sama. Panjang strip dan gapnya tidak boleh kurang dari 50 m, tak boleh lebih dari 75 m. panjang strip = panjang gap atau 30 m mana yang terbesar, lebar strip antara 0,3 m - 0,9 m tergantung kelas landasan.

c. *Marking Threshold*

Ditempatkan di ujung landasan, sejauh 6 m dari tepi ujung landasan membujur landasan, panjang paling kurang 30 m, lebar 1,8 m dan jarak (celah) kedua sisi stipe antara 2,5 m – 3,6 m. Serta jarak tepi luar stripe terhadap tepi dalam runway side strip marking minimal 0,2 m. Banyaknya strip tergantung lebar landasan dapat dilihat pada tabel 2.5 dan contoh gambar threshold dapat dilihat pada gambar 2.3.

Tabel 2.5 Jumlah Strip Tanda Threshold

Lebar Landasan	Jumlah Strip	Banyaknya celah	f (m)	
			e min	e max
18 m	4	2	1,85	1,35
23 m	6	4	0,75	0,25
30 m	8	6	0,5	-
45 m	12	10	0,5	-
60 m	16	14	0,8	0,3



Gambar 2.3 marking threshold
(Sumber: SNI 03-7095-2005)

Keterangan :

- a : jarak stripe dari awal *runway* = 6 m
 b : panjang stripe = 30 m
 c : lebar *stripe threshold* = 1,8 m
 d : jarak antar stripe pada sisi stripe = 1,8 m
 e : jarak (celah) kedua sisi stripe
 (tidak kurang 2,6 m atau tidak lebih dari 3,6 m) = 2,6 m
 – 3,6 m
 f : jarak tepi luar stripe terhadap tepi dalam *runway side stripe marking* min. 0.2 m

d. Marking Touchdown Zone

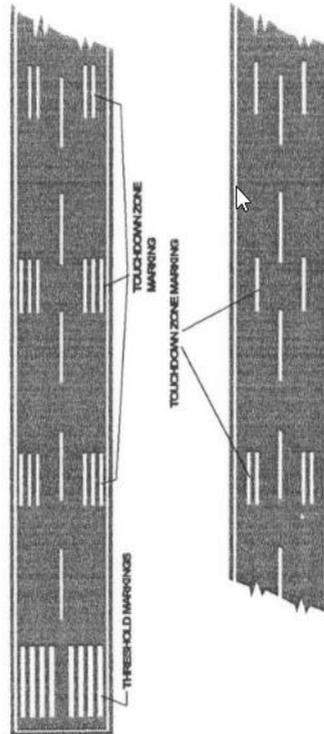
Dipasang pada landasan dengan approach presisi, tapi bisa juga dipasang pada landasan non presisi atau landasan non instrument, yang lebar landasannya lebih dari 23 m.

Terdiri dari pasangan – pasangan berbentuk segi empat di kanan kiri sumbu landasan lebar 3 m dan panjang 22,5 m untuk strip – strip tunggal, untuk strip ganda ukuran 22,5 m x 1,8 dengan jarak 1,5 m. Jumlah pasangan tanda dapat dilihat pada tabel 2.6 dan contoh bentuk dan jarak Touchdown Zone Marking pada gambar 2.4 sebagai berikut:

Tabel 2.6 Jumlah Pasangan Tanda *Touchdown Zone*

panjang landasan	jumlah pasangan	jumlah garis
< 900 m	1	1
900 - 1200 m	2	2, 1
1200 - 1500 m	3	2, 1, 1
1500 - 2100 m	4	2, 2, 1, 1
> 2100 m	6	3, 3, 2, 2, 1, 1

(sumber: SNI 03-7095-2005)



Gambar 2.4 Bentuk dan Jarak *Touchdown Zone Marking*
(Sumber : SNI 03-7095-2005)

2.4 Landas Hubung (Taxiway) dan Exit Taxiway

Fungsi dasar dari taxiway adalah untuk menyediakan akses antar runway dan daerah terminal juga service hangar. Taxiway harus dirancang dengan baik sehingga pesawat yang baru saja mendarat tidak terganggu oleh pesawat yang bergerak untuk takeoff. Rute taxiway harus diseleksi sehingga menghasilkan jarak terpendek yang masih mungkin dari daerah terminal ke ujung runway yang digunakan untuk takeoff.

2.4.1 Dimensi Taxiway

Berguna untuk menyediakan akses antara runway dan apron. Rute harus dipilih yang menghasilkan jarak terpendek. Panjang taxiway ditentukan oleh letak runway dan apron. Lebar taxiway ditentukan oleh kecepatan membelok pesawat dari runway ke taxiway ataupun sebaliknya, dapat dilihat pada tabel 2.7.

Tabel 2.7 Dimensi Taxiway

Code Letter	penggolongan pesawat	Lebar Taxiway (m)	jarak bebas minimum dari sisi terluar roda utama dengan tepi taxiway (m)
A	I	7.5	1.5
B	II	10.5	2.25
C	III	15 ^A	3 ^A
		18 ^B	4.5 ^B
D	IV	18 ^C	4.5
		23 ^D	
E	V	25	4.5
F	VI	30	4.5

(sumber : SKEP 77-VI-2005 Dirjen Perhubungan)

Keterangan :

- A. Bila taxiway digunakan pesawat dengan roda dasar kurang dari 18 m.
- B. Bila taxiway digunakan pesawat dengan seperempat roda dasar lebih dari 18 m.
- C. Bila taxiway digunakan pesawat dengan roda putaran kurang dari 9 m.
- D. Bila taxiway untuk pesawat dengan seperempat roda putaran lebih dari 9 m.

2.4.2 Shoulder Taxiway

Seperti halnya pada runway, bagian lurus dari taxiway harus dilengkapi dengan bahu disetiap sisinya seperti pada tabel 2.8.

Tabel 2.8 Taxiway Shoulder Minimum

Code Letter	Penggolongan Pesawat	Lebar minimum bahu taxiway pada bagian lurus (m)
A	I	25
B	II	25
C	III	25
D	IV	38
E	V	44
F	VI	60

(sumber : SKEP 77-VI-2005)

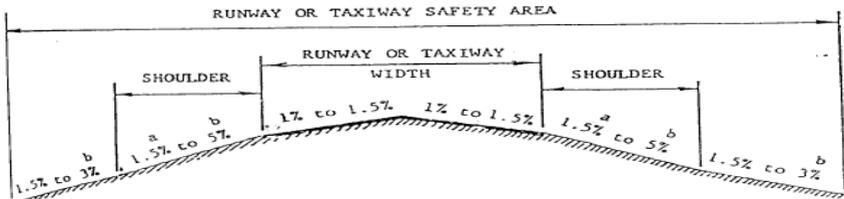
2.4.3 Taxiway Longitudinal Slope

Kemiringan memanjang taxiway maksimum dapat dilihat pada tabel 2.9 dan gambar 2.5 berikut :

Tabel 2.9 kemiringan Memanjang Maksimum Taxiway

Code Letter	Penggolongan Pesawat	Kemiringan Memanjang (%)	Perubahan Maksimum kemiringan (%) (M)	Jari-Jari Peralihan Minimum (M)
A	I	3	1 per 25	2500
B	II	3	1 per 25	2500
C	III	1.5	1 per 30	3000
D	IV	1.5	1 per 30	3000
E	V	1.5	1 per 30	3000
F	VI	1.5	1 per 30	3000

(sumber : SKEP 77-VI-2005)



Gambar 2.5 Kemiringan Memanjang Taxiway
(Sumber: SKEP 77-VI-2005)

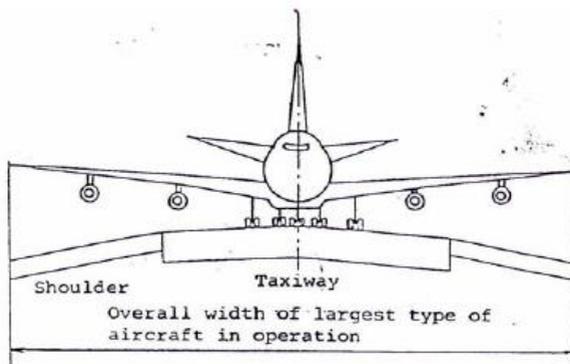
2.4.4 Taxiway Transverse Slope

Kemiringan melintang taxiway harus cukup memadai untuk mencegah penambahan air dan tidak kurang dari 1%, nilai maksimumnya dapat dilihat pada tabel 2.10 dan contoh gambar 2.6 berikut:

Tabel 2.10 Kemiringan Melintang maksimum Taxiway

Code Letter	Penggolongan Pesawat	Kemiringan Melintang (%)
A	I	2
B	II	2
C	III	1.5
D	IV	1.5
E	V	1.5
F	VI	1.5

(sumber : SKEP 77-VI-2005)



Gambar 2.6 Penampang Kemiringan Melintang Taxiway
(sumber : SKEP 77-VI-2005)

2.4.5 Taxiway Sight Distance

Jarak pandang titik dengan ketinggian (h) 1.5m sampai 2m diatas taxiway harus dapat melihat permukaan pesawat sampai jarak (d) minimum dari titik tersebut dapat dilihat pada tabel 2.10;

Tabel 2.11 Jarak Pandang Taxiway

Code Letter	Penggolongan Pesawat		Jarak Pandang dari titik tengah (m)
A	I		1.5
B	II		2
C	III		3
D	IV		3
E	V		3
F	VI		3

(sumber :SKEP 77-VI-2005)

2.4.6 Taxiway Strips

Area ini termasuk dengan taxiway, berfungsi sebagai area untuk mengurangi resiko kerusakan pada pesawat saat terjadi kegagalan landing – take off pada taxiway. Terdapat jarak

minimum antara bagian tengah strips dan garis tengah taxiway, sesuai dengan tabel 2.11 berikut ini

Tabel 2.12 Taxiway Strips

Code Letter / Penggolongan Pesawat	Jarak Minimum Bagian Tengah Strip Garis Tengah Taxiway (Harus Graded Area) (M)	Maksimum Kemiringan Keatas yang Diratakan (%)	Maksimum Kemiringan Kebawah yang Diratakan (%)
A/I	11	3	5
B/II	12.5	3	5
C/III	12.5	2.5	5
D/IV	19	2.5	5
E/V	22	2.5	5
F/VI	30	2.5	5

(sumber :SKEP 77-VI-2005 Dirjen Perhubungan)

Tabel 2.13 Jarak Lurus Minimum Setelah Belokan Taxiway

Kode huruf / Penggolongan pesawat	Jarak lurus setelah belokan (m)
A/I	35
B/II	35
C/III	75
D/IV	75
E/V	75
F/VI	75

(sumber :SKEP 77-VI-2005 Dirjen Perhubungan)

2.5 Metode Perhitungan Jam Puncak

Perhitungan volume jam puncak dalam tugas akhir ini diperlukan:

1. Sebagai dasra acuan kondisi paling maksimum pemakaian *runway*.
2. Untuk mengetahui tingkat pergerakan maksimum pada kondisi *peak hour*.

Berdasarkan data eksisting jumlah rata-rata pergerakan harian di runway dalam 1 tahun dan jumlah pergerakan pesawat di runway pada bulan puncak dalam 1 tahun. Dapat diketahui ratio jumlah pergerakan pesawat total 1 tahun. Dapat dilihat pada perumusan

$$R_{month} = \frac{N_{month}}{N_{year}} \quad (2.1)$$

Dimana :

R_{month} = Peak month ratio

N_{month} = jumlah pergerakan total pesawat di runway saat bulan puncak

N_{year} = Jumlah pergerakan total pesawat di runway dalam 1 tahun

Ratio jumlah pergerakan pesawat pada hari puncak terhadap jumlah pergerakan pesawat bulan puncak adalah

$$R_{day} = \frac{N_{day}}{N_{month}} \quad (2.2)$$

dimana :

R_{hour} = Peak hour ratio

N_{day} = Jumlah pergerakan total pesawat di runway dalam 1 hari

N_{month} = Jumlah pergerakan total pesawat di runway saat bulan puncak

Ratio jumlah pergerakan pesawat pada jam puncak terhadap jumlah pergerakan pesawat total 1 hari adalah :

$$R_{hour} = \frac{N_{hour}}{N_{day}} \quad (2.3)$$

dimana :

R_{hour} = Peak hour ratio

N_{hour} = jumlah pergerakan total pesawat di runway saat jam puncak

N_{day} = Jumlah pergerakan total pesawat di runway dalam 1 hari

Untuk memperkirakan jumlah pergerakan pesawat tahunan rencana untuk kondisi peak hour adalah dengan langsung mengalihkan R dengan peramalan jumlah pergerakan harian rata-rata pada bulan puncak tahun rencana.

2.6 Peramalan Pertumbuhan Lalu Lintas Udara

Menurut (Basuki, 1986), pengembangan suatu bandara dilakukan berdasarkan peramalan permintaan terhadap angkutan udara tersebut. Peramalan itu dilakukan pada beberapa hal seperti pergerakan pesawat, jumlah penumpang, barang dan pos. hal ini ditujukan agar suatu perencanaan pengembangan berbagai fasilitas bandara lebih efektif. Umumnya peramalan permintaan dilakukan untuk jangka pendek (5tahun), jangka menengah (10 tahun), dan jangka panjang (20 tahun).

Terdapat beberapa metode peramalan permintaan. Namun, semuanya memiliki tingkat ketidakpastian tertentu. Peramalan sederhana yang dapat digunakan yaitu dengan meramalkan permintaan pada masa mendatang melalui pengolahan data volume lalu lintas udara di masa lalu. Pengolahan data historis tersebut bisa dilakukan dengan beragam cara. Salah satunya diantaranya dengan melakukan analisa regresi menggunakan software Ms. Excel secara exponential, linear, logarithmic, polynomial.

➤ Regresi Linear

Regresi linear mempunyai satu variabel bebas yang berguna untuk mencari harga variabel terikat. Fungsi tersebut diuraikan dalam persamaan sebagai berikut :

Persamaannya : $Y = a + bx$

Y merupakan variabel terikat, sedangkan X variabel bebas.

Keterangan :

Y : variabel yang dicari

a : suatu konstanta regresi

b : koefisien regresi

X : variabel bebas

Dimana :

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \quad (2.4)$$

$$a = \bar{y} - b \times \bar{x}$$

n = jumlah data dalam bilangan bulat positif 1,2,3...n.

R^2 merupakan koreksi keakuratan regresi yaitu ketepatan data terhadap model/garis yang digunakan. Semakin mendekati 100% maka ketepatannya bernilai sempurna.

$$R^2 = \frac{S_t - S_r}{S_t} \quad (2.5)$$

$$\text{dan, } S_t = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \quad (2.6)$$

$$S_r = \sum_{i=1}^n (y_i - a - b \times x_i)^2 \quad (2.7)$$

Dimana R^2 merupakan koefisien determinasi yang menunjukkan % keragaman variabel (Y) yang mampu dijelaskan oleh variabel (X). Proporsi keragaman menunjukkan presentase yang bisa diterangkan oleh peubah x secara linear.

2.7 Perumusan Matematis Kapasitas Jenuh

Tipe-tipe model ini menentukan jumlah operasi pesawat terbang maksimum yang dapat ditampung oleh suatu system runway dalam jangka waktu tertentu ketika terdapat permintaan pelayanan yang berkesinambungan. Dalam model-model tersebut,

kapasitas adalah sama dengan kebalikan waktu pelayanan rata-rata terboboti dari seluruh pesawat terbang yang dilayani.

2.7.1 Pengembangan model untuk kedatangan (arrival only)

Kapasitas suatu runway yang hanya digunakan untuk melayani pesawat yang datang dipengaruhi oleh factor-faktor berikut (Horenjeff & McKelvey, 1988)

1. Campuran pesawat terbang, yang biasanya diberi karakter oleh penggolongan pesawat ke dalam beberapa kelas menurut kecepatan mendekati runway (approach speed).
2. Kecepatan mendekati runway dari berbagai kelas pesawat.
3. Panjang jalur pendekatan umum ke landasan dari jalur masuk (entry) atau gerbang ILS ke ambang runway.
4. Aturan-aturan jarak pisah lalu lintas udara minimum atau jarak pisah yang diamati praktis apabila tidak ada peraturan.
5. Besarnya kesalahan dalam waktu kedatangan di gerbang dan kesalahan kecepatan pada jalur pendekatan umum ke runway.
6. Probabilitas tertentu dari pelanggaran terhadap jarak pisah lalu lintas udara minimum yang dapat diterima.
7. Waktu pemakaian runway rata-rata berbagai kelas pesawat dalam campuran dan besarnya pencaran (dispersion) dalam waktu rata-rata

- **Keadaan bebas kesalahan**

Dalam keadaan ini pesawat bisa menjaga jarak minimum yang diisyaratkan terhadap pesawat lain. Dengan kecepatan yang lebih mudah, pesawat terbang dikelompokkan ke dalam beberapa kelas kecepatan yang berbeda V_i , V_j dan seterusnya. Untuk mendapatkan waktu pelayanan terboboti (weighted service time) untuk kedatangan, perlu untuk merumuskan matrik selang waktu diantara kedatangan pesawat di ambang runway. Dengan memperoleh matriks ini dan prosentase berbagai kelas dalam campuran pesawat, waktu pelayanan terboboti adalah kapasitas

runway. Misalkan matriks bebas kesalahan adalah $[M_{ij}]$, selang waktu minimum di ambang runway untuk pesawat terbang dengan kelas kecepatan i yang diikuti pesawat kelas j , dan misalkan prosentase pesawat kelas i dalam campuran p_i dan pesawat kelas j adalah p_j , maka perhitungannya dapat dilihat pada persamaan 2.8 sampai dengan persamaan 2.10.

$$T_j - T_i = [T_{ij}] = [M_{ij}] \quad (2.8)$$

Dimana:

T_i = waktu dimana pesawat i yang di depan melewati ambang runway

T_j = waktu dimana pesawat j yang di belakang melewati ambang runway.

$[T_{ij}]$ = matriks pemisahan waktu sebenarnya di ambang runway untuk dua kedatangan yang berurutan, pesawat dengan kelas kecepatan i diikuti oleh pesawat dengan kelas kecepatan j .

$$E[T_{ij}] = \sum p_{ij} M_{ij} = \sum p_{ij} T_{ij} \quad (2.9)$$

$$C = \frac{1}{E[T_{ij}]} \quad (2.10)$$

Dimana:

$E[T_{ij}]$ = waktu pelayanan rata-rata (mean) atau waktu antar kedatangan di ambang runway untuk campuran pesawat

p_{ij} = probabilitas pesawat yang didepan i , akan diikuti oleh pesawat dibelakangnya j

C = kapasitas runway untuk megolah campuran pesawat yang datang ini.

Untuk mendapatkan waktu antar kedatangan di ambang landasan pacu, perlu untuk mengetahui apakah kecepatan pesawat yang ada di depan (V_i) lebih besar atau lebih kecil dari kecepatan pesawat di belakangnya (V_j).

- **Keadaan merapat**

Keadaan dimana kecepatan mendekati landasan dari pesawat di depan (V_i) lebih kecil dari yang berada di belakangnya. Pemisahan waktu minimum di ambang runway dapat dinyatakan dalam jarak δ_{ij} dan kecepatan dari pesawat yang ada di belakang (V_j). Meskipun demikian, apabila waktu pemakaian runway dari kedatangan R_i lebih besar dari pemisahan di udara, maka akan menjadi pemisahan minimum di ambang landasan. Persamaan untuk keadaan ini adalah

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

Δ_{ij} = jarak pisah yang diperbolehkan di antara dua pesawat yang datang, pesawat i di depan dan pesawat j di belakang, di sembarang jalur pendekatan umum ini

V_i = kecepatan pada saat mendekati landasan dari pesawat di depan dari kelas i

V_j = kecepatan pada saat mendekati landasan dari pesawat di belakang dari kelas j

- **Keadaan merenggang**

Untuk keadaan dimana kecepatan saat mendekati landasan dari pesawat yang berada di depan lebih besar daripada kecepatan pesawat di belakangnya. Pemisahan waktu minimum di ambang landasan dapat dinyatakan dalam jarak δ_{ij} , panjang jalur pendekatan umum ke landasan γ , dan kecepatan dan kecepatan saat mendekati landasan V_i dan V_j dari pesawat di depan dan di belakang. Hal ini bersesuaian dengan pemisahan jarak minimum δ_{ij} di sepanjang jalur pendekatan umum ke landasan, yang sekarang terjadi di jalur masuk dan bukannya di ambang landasan. Persamaan untuk keadaan ini diperlihatkan pada persamaan 2.11. Apabila pengendalian hanya dilakukan dari jalur masuk hingga ke ambang landasan maka

$$T_{ij} = T_j - T_i = \frac{\delta_{ij}}{V_i} + \gamma \left(\frac{1}{V_j} + \frac{1}{V_i} \right) \quad 2.11$$

Apabila pengendalian dilakukan untuk mempertahankan pemisahan diantara kedua pesawat ketika pesawat yang berada di depan melewati jalur masuk, seperti terlihat pada Gambar 2.8, maka perhitungannya menjadi persamaa 2.12

$$T_{ij} = T_j - T_i = \frac{\delta_{ij}}{V_j} + \gamma \left(\frac{1}{V_j} - \frac{1}{V_i} \right) \quad 2.12$$

γ = panjang jalur pendekatan umum ke runway

δ_{ij} = jarak pisah minimum yang diperbolehkan diantara dua pesawat yang datang, pesawat I di depan dan pesawat j di belakang, di sembarang tempatdi sepanjang jalur pendekatan umum ini

V_i = kecepatan pada saat mendekati landasan dari pesawat di depan dari kelas i

V_j = kecepatan pada saat mendekati landasan dari pesawat di belakang dari kelas j

R_i = waktu pemakaian runway dari pesawat di depan kelas i

- **Perhitungan mengenai kesalahan posisi**

Model di atas menggambarkan situasi sauatu keadaan sempurna tanpa kesalahan. Untuk memperhitungkan kesalahan, ditambahkan waktu sangga terhadap waktu pisah minimum. Lamanya waktu sangga itu tergantung pada probabilitas penyimpangan yang dapat diterima. Gambar 2.9 memperlihatkan posisi pesawat yang berada di belakang ketika ia mendekati ambang runway. Pada bagian atas gambar itu, pesawat yang berada di belakang diatur urutannya sehingga posisi rata-ratanya ditentukan secara tepat oleh pemisahan minimum diantara pesawat yang berada di depan dan di belakang. Meskipun demikian, apabila posisi pesawat merupakan suatu peubah (variabel) sembarang, terdapat probabilitas yang sama bahwa ia datang 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 untuk sampai di posisi ini dengan membuat waktu sangga terhadap patokan pemisahan minimum, seperti terlihat pada gambar 2.9. Dalam keadaan ini, hanya apabila pesawat jauh lebih cepat dari jadwal sehingga melewati daerah kurva yang lebih kecil, pelanggaran terhadap pemisahan akan terjadi. Tentu saja probabilitas terjadinya hal ini akan semakin kecil. Dalam kenyataannya, para pengendali lalu lintas udara menjadwalkan pesawat dengan memakai waktu sangga sehingga probabilitas pelanggaran terhadap aturan pemisahan minimum 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 merupakan nilai yang tetap dari pada umumnya lebih kecil dari penyangga pada keadaan merapat. Dengan mempunyai model-model untuk penyangga, dibuat matrik waktu sangga $[B_{ij}]$ untuk pesawat dengan kecepatan I yang diikuti oleh pesawat dengan kelas kecepatan j . Matriks ini ditambahkan pada matriks bebas kesalahan untuk menentukan matriks waktu antar kedatangan sebenarnya, yang dari matriks ini kapasitas dapat ditentukan. Hubungan ini diberikan oleh persamaan 2.13.

$$E[T_{ij}] = \sum p_{ij}[M_{ij} + B_{ij}] \quad 2.13$$

- Keadaan merapat ($V_i \leq V_j$)

Dalam hal ini, kecepatan mendekati landasan dari landasan pesawat yang berada di depan lebih kecil daripada di belakang. Misalkan $[T_{ij}]$ merupakan selang waktu minimum sebenarnya diantara pesawat kelas i dan j dan dianggap bahwa pemakaian runway adalah lebih kecil dari $[T_{ij}]$. Nilai rata-rata $[T_{ij}]$ sebagai $E[T_{ij}]$ dan e_0 sebagai suatu kesalahan random yang didistribusikan secara normal rata-rata nol dengan simpangan baku σ_0 . Maka untuk setiap pasang kedatangan

$$T_{ij} = E[T_{ij}] + e_0 \quad 2.14$$

Tetapi untuk tidak melanggar patokan aturan pemisahan minimum, nilai $E[T_{ij}]$ harus ditambah dengan penyangga sebesar B_{ij} . Oleh karena itu didapat

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

dan juga

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

Untuk keadaan ini pemisahan minimum di ambang runway diberikan oleh persamaan dibawah. Tujuannya adalah untuk mendapatkan probabilitas pelanggaran p_v tertentu, yaitu besarnya penyangga yang dibutuhkan

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

atau

$$p_v = P\left(\frac{\delta_{ij}}{v_j} + B_{ij} + e_0 < \frac{\delta_{ij}}{v_j}\right) \quad 2.15$$

Yang disederhanakan menjadi

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

dengan menganggap bahwa kesalahan itu didistribusikan secara normal dengan simpangan baku σ_0 , nilai penyangga dapt dicari dari persamaan

$$B_{ij} = \sigma_0 q_v \quad 2.16$$

Dimana:

q_v = nilai dimana distribusi normal standar kumulatif mempunyai nilai $(1-p_v)$

Dengan kata lain, hal ini berarti besarnya simpangan baku dari rata-rata dalam suatu prosentase tertentu di bawah kurva normal akan didapat, sebagai contoh, apabila $p_v = 0.05$, maka q_v adalah prosentase ke 95 dari distribusi dan besarnya = 1.65. Dalam keadaan merapat, waktu sangga adalah sustu konstanta

yang bergantung pada besarnya pancaran kesalahan dan probabilitas pelanggaran p_v yang dapat diterima.

- Keadaan merenggang ($V_i > V_j$)

Berikutnya merupakan keadaan dimana kecepatan pada saat mendekati ambang landasan dari pesawat yang berada di depan lebih besar daripada yang dibelakangnya. Dalam hal ini pemisahan di antara pesawat bertambah di jalur masuk. Model didasarkan pada anggapan bahwa pesawat yang berada di belakang harus dijadwalkan pada jarak yang tidak kurang dari δ_{ij} mil di belakang pesawat yang berada di depan ketika yang terakhir ini pada jalur masuk, tetapi dianggap bahwa pemisahan yang ketat hanya dilakukan oleh pengendali lalu lintas udara ketika pesawat yang berada di belakang mencapai jalur masuk. Anggapan ini diperlihatkan pada gambar 2.7.

Untuk keadaan ini probabilitas pelanggaran hanyalah probabilitas bahwa pesawat yang berada di belakang mencapai pintu masuk. Anggapan ini juga diperlihatkan pada gambar 2.8. Untuk keadaan ini probabilitas pelanggaran hanyalah probabilitas bahwa pesawat yang berada di belakang akan sampai jalur masuk sebelum pesawat yang di depan berada pada suatu jarak tertentu di sebelah dalam jalur masuk. Secara matematis hal ini dapat dinyatakan sebagai berikut :

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

atau

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

Dengan menggunakan persamaan 2.12 dan 2.16 untuk menghitung jarak sebenarnya di ambang landasan dan di sederhanakan menjadi

$$B_{ij} = \sigma_0 q_v - \delta_{ij} \left(\frac{\gamma}{V_j} - \frac{\gamma}{V_i} \right) \quad 2.17$$

Oleh karena itu, untuk keadaan merenggang besarnya penyangga dikurangi dari yang dibutuhkan dalam keadaan merapat, seperti pada persamaan 2.17. nilai penyangga yang negatif tidak diperbolehkan dan oleh sebab itu, penyangga merupakan suatu nilai positif dengan minimum sama dengan nol.

2.8 Waktu Pemakaian Runway (Runway Occupancy Time)

Waktupemakaian runway adalah waktu yang dibutuhkan oleh pesawat ketika berada di runway. Ada du jenis ROT yang digunakan oleh setiap pesawat yaitu ROTA pada saat mendarat (arrival) dan ROTD pada saat lepas landas (departure). Secara definisi ROTA adalah interval waktu yang digunakan pesawat ketika melintasi threshold sampai dengan ekor pesawat meninggalkan runway.

Setiap pesawat memiliki karakter masing-masing sesuai dengan jenisnya ketika menggunakan runway. Pesawat berbadan lebar seperti A-330 akan memiliki waktu yang berbeda dengan pesawat berbadan sempit seperti A-320. Namun tidak hanya jenis pesawat yang mempengaruhi ROT, ada tidaknya high speed taxiway menjadi faktor yang penting karena memungkinkan pesawat segera keluar dari runway, tidak perlu perlahan-lahan taxiing menuju exit taxiway. Semakin kecil waktu yang dibutuhkan oleh pesawat untuk keluar runway, semakin kecil pula ROT. Semakin kecil ROT akan menaikkkan kapasitas runway itu sendiri.

2.9 Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan

Berdasarkan SNI 03-7112-2005 Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan adalah wilayah daratan dan /atau perairan dan ruang udara di sekitar Bandar udara yang dipergunakan untuk kegiatan operasi penerbangan dalam rangka menjamin keselamatan penerbangan. Pada KKOP tidak dibenarkan adanya bangunan atau benda tumbuh, baik yang tetap maupun dapat berpindah yang lebih tinggi dari batas ketinggian yang

diperkenankan sesuai dengan *Aerodrome Reference Code* dan *Runway Classification* dari suatu Bandar udara.

2.9.1 Fungsi Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan

Dari penjelasan dan definisi di atas, dapat diketahui fungsi KKOP, diantaranya:

1. Sebagai pengatur dan pengendali ketinggian dari suatu bangunan atau benda tumbuh yang diperkirakan dapat mengganggu keselamatan penerbangan pesawat.
2. Sebagai pengatur dan pengendali tata guna lahan di sekitar Bandar udara untuk penyusunan tata ruang suatu wilayah.

2.9.2 Batasan Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan

Dalam penetapan Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan telah ditetapkan beberapa ketentuan batasan berdasarkan :

1. Kelas Bandara
2. Landasan
3. Klasifikasi untuk lepas landas
4. Klasifikasi untuk pendekatan
5. Jenis pesawat yang beroperasi
6. Elevasi/ketinggian landasan terhadap permukaan laut

Berdasarkan *ICAO Annex 14* tentang Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan, analisis kawasan operasi penerbangan adalah sebagai berikut:

1. Conical Surface

Conical surface (kawasan di bawah permukaan kerucut) merupakan sebuah permukaan kerucut (miring) yang bagian bawahnya dibatasi oleh garis permukaan horizontal dalam dan bagian atasnya terletak pada ketinggian tertentu diatas permukaan horizontal dalam, masing-masing dengan radius dan ketinggian tertentu dihitung dari titik referensi yang ditentukan.

Kemiringan permukaan kerucut harus diukur pada bidang vertical tegak lurus terhadap garis permukaan horizontal dalam

meluas dengan jarak dan dengan kemiringan berdasarkan klasifikasi landas pacu.

2. Inner Horizontal Surface

Inner horizontal surface (kawasan di bawah permukaan horizontal dalam) merupakan bidang datar diatas dan di sekitar bandar udara yang dibatasi oleh radius dan ketinggian dengan ukuran tertentu untuk kepentingan pesawat udara melakukan terbang rendah pada saat akan mendarat atau setelah lepas landas.

Kawasan ini dibatasi dengan radius sesuai klasifikasi landas pacu titik tengah tiap ujung permukaan utama dan menarik garis singgung pada kedua lingkaran yang berdekatan tetapi kawasan ini tidak termasuk kawasan di bawah permukaan transisi.

3. Approach Surface and Take-Off Surface

Approach surface and take-off climb surface (kawasan permukaan pendaratan dan lepas landas) adalah suatu kawasan perpanjangan kedua ujung landas pacu, di bawah lintasan pesawat udara setelah lepas landas atau akan mendarat, yang dibatasi oleh ukuran panjang dan lebar tertentu.

Kawasan ini dibatasi oleh tepi dalam yang berhimpitan dengan ujung-ujung permukaan berjarak 60 meter dari ujung landas pacu dengan lebar berdasarkan klasifikasi landas pacu pada bagian dalam.

4. Inner Approach Surface and Balked Landing Surface

Inner approach surface and balked landing surface (kawasan kemungkinan bahaya kecelakaan) merupakan sebagian dari kawasan pendekatan yang berbatasan langsung dengan ujung-ujung landas pacu dan mempunyai ukuran tertentu yang dapat menimbulkan kemungkinan terjadinya kecelakaan.

5. Transitional Surface

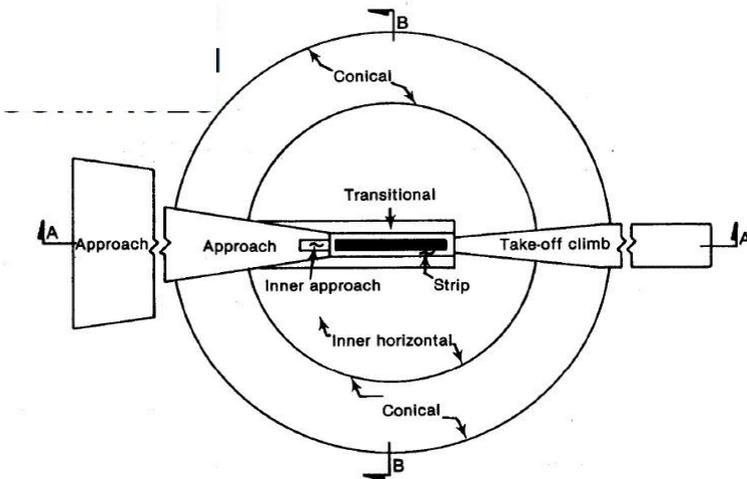
Transitional Surface (kawasan di bawah permukaan transisi) merupakan bidang dengan kemiringan tertentu sejajar dengan sumbu landas pacu dan berjarak tertentu dari sumbu landas pacu, pada bagian bawah dibatasi oleh titik perpotongan

dengan garis-garis datar yang ditarik tegak lurus pada sumbu landas pacu dan pada bagian atas dibatasi oleh garis perpotongan dengan permukaan horizontal dalam.

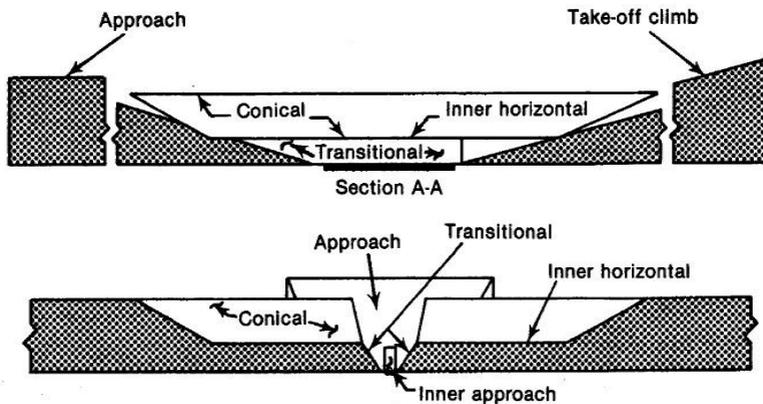
6. Inner Transitional Surface

Inner transitional surface (kawasan di bawah permukaan transisi dalam) merupakan kawasan yang mirip dengan transitional surface.

Contoh kawasan kawasan di atas dapat dilihat pada gambar 2.8 dan 2.9 sebagai berikut



Gambar 2.7 Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan I
(sumber: ICAO Annex 14)



Gambar 2.8 Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan
II
(sumber: ICAO Annex 14)

2.9 Tahap Penentuan Lokasi Runway 2

Berikut ini beberapa persyaratan yang harus dilakukan terkait dengan penentuan lokasi runway 2 pada KKOP di Bandar udara dan sekitarnya.

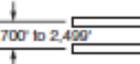
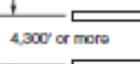
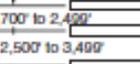
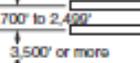
1. Ketetapan mendirikan bangunan atau fasilitas
Ketetapan mendirikan bangunan atau fasilitas baru seperti terminal 2 dan runway 2, harus berada di dalam luas area pengembangan bandar udara untuk menghindari masalah dengan pihak lain.
2. Penggunaan akses transportasi darat di kawasan bandara harus direncanakan sebagai berikut :
 - a. Rute akses transportasi darat harus dibuat sedekat mungkin dengan bangunan baru.
 - b. Rute akses transportasi darat tidak boleh mengganggu jalannya pengoperasian bandara.
 - c. Tidak menyulitkan penerbang membedakan lampu-lampu rambu udara dengan lampu-lampu lain.

3. Perlakuan terhadap bangunan yang berada di arah lintasan landing dan *take off*

Terhadap bangunan yang berada di arah lintasan landing dan take off, perlu diperhatikan dengan mengetahui kontur kebisingan pada pesawat yang digunakan, sehingga dapat ditentukan selain keamanan pengoperasian penerbangan juga tidak mengganggu komunitas masyarakat.

4. Penentuan jarak antara runway lama dengan runway baru
Selain dengan menggunakan ketentuan KKOP, untuk menentukan jarak antar runway juga dapat dilakukan dengan menggunakan ketentuan yang terdapat di Horenjeff seperti tabel 2.14

Tabel 2.14 Jarak yang diperbolehkan antar runway

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	365,000
	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
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 : Horenjeff)

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III

METODOLOGI

3.1 Studi Literatur

Studi literatur ini dilakukan dengan cara mengumpulkan literatur-literatur yang berhubungan dengan studi penelitian ini sebagai referensi pustaka.

3.2 Pengumpulan Data

Data – data yang diperlukan untuk penyusunan laporan tugas akhir ini antara lain :

1. Peta Lokasi Studi
2. Tipe pesawat dan karakteristiknya yang dioperasikan di Bandara Ngurah Rai Bali dalam 5 tahun terakhir
3. Layout Bandara Ngurah Rai Bali
4. Jadwal penerbangan

Data yang diperoleh tersebut akan dilakukan pengolahan data dalam analisa perhitungan pada studi ini.

3.3 Analisis dan Pengolahan Data

Pada tahap ini dilakukan analisa dan pengolahan data-data sekunder yang telah didapat. Nilai yang didapat analisa dan pengolahan data nantinya akan digunakan untuk perhitungan perencanaan. Perencanaan studi meliputi :

3.3.1 Peramalan Pertumbuhan Lalu Lintas Udara

Setelah dilakukan pencarian data untuk kondisi eksisting maka dilanjutkan ke perhitungan peramalan pertumbuhan lalu lintas udara 5 tahun yang akan datang. Peramalan pertumbuhan lalu

lintas udara untuk 5 tahun yang akan datang perlu dilakukan untuk mengevaluasi kapasitas *runway* akibat peramalan penambahan jumlah pergerakan pesawat total di *runway* di masa yang akan datang

3.3.2 Evaluasi Kapasitas Runway

Langkah awal evaluasi kapasitas *runway* adalah dengan menghitung waktu pelayanan rata-rata pesawat berdasarkan kecepatan mendarat pesawat (*approach speed*) dan jarak pemisahan minimum. Perhitungan kapasitas runway meliputi konfigurasi campuran pesawat dalam satu jam puncak. Analisa menggunakan data real dari pesawat yang beroperasi dan akan dibandingkan dengan hasil data pada saat *peak hour*.

Jika pada hasil dari evaluasi kapasitas runway ini sudah memenuhi syarat, maka tidak perlu ada penambahan runway. Tetapi jika tidak memenuhi syarat, maka akan dilanjutkan ke tahap perencanaan *runway* dan *taxiway*.

3.3.3 Perencanaan Dimensi Runway

Perencanaan runway menentukan dimensi melalui peraturan-peraturan yang ada. Dan untuk arah *runway* berdasarkan arah angin dominan yang didapat dari Badan Meteorologi dan Klimatologi Geofisika (BMKG).

Perencanaan *exit taxiway* berdasarkan pada kemampuan pesawat untuk keluar dari *runway* secepat mungkin dan untuk *taxiway* harus ditentukan jalur terpendek dari *runway* ke *apron*.

3.3.4 Tahap Penentuan KKOP

Data yang diperoleh selanjutnya akan dianalisis menggunakan teori yang sudah ditentukan dalam tinjauan pustaka. Hasil dari analisis kondisi eksisting ini akan menghasilkan batasan operasional penerbangan berdasarkan analisis KKOP dan batasan kapasitas pesawat yang dapat beroperasi di Bandara Ngurah Rai. Titik-titik utama yang didata berupa titik referensi system koordinat Bandar udara, titik referensi sistem ketinggian (AES dan MSL), beda tinggi antar kedua ujung landasan untuk digunakan dalam penentuan batas

kawasan dan ketinggian pada KKOP sesuai dengan persyaratan yang telah ditentukan oleh *ICAO Aerodromes Annex 14, Aerodromes Design And Operation* dan *Airport Service Manual (ICAO)* part 6.

Adapun kawasan keselamatan operasi penerbangan di Bandar udara dan sekitarnya dapat ditentukan batas-batas operasi teknis sebagai berikut :

- a. Batas ketinggian dan kawasan pendekatan dan lepas landas.
- b. Batas ketinggian dan kawasan kemungkinan bahaya kecelakaan.
- c. Batas ketinggian dan kawasan di bawah permukaan horizontal dalam.
- d. Batas ketinggian dan kawasan di bawah permukaan horizontal luar.
- e. Batas ketinggian dan kawasan di bawah permukaan kerucut.
- f. Batas ketinggian dan kawasan di bawah permukaan transisi.

3.4 Tahap Penentuan Lokasi Runway

Setelah menentukan KKOP nya, maka tahapan selanjutnya menentukan jarak antara runway 1 dengan runway 2 dari ketentuan yang sudah ada pada tabel di Horenjeff. Setelah itu baru menentukan elevasi KKOP terhadap topografi. Dari elevasi tersebut maka akan terlihat ketinggian di sekitar runway 2. Dari ketinggian tersebut ditentukan runway 2 dapat diletakkan di daerah yang dihitung.

3.5 Kesimpulan

Dari tahapan-tahapan yang telah dilakukan sebelumnya dapat dilakukan penarikan kesimpulan atas kondisi runway sekarang dan yang akan datang dan juga perencanaannya.

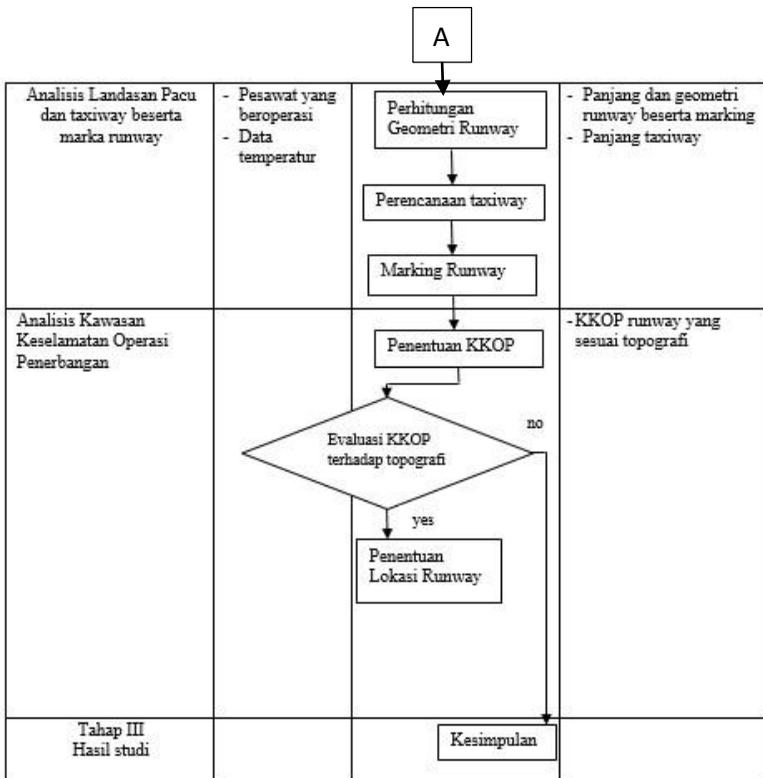
3.6 Diagram Alur Metode Penelitian

Tahap-tahap pengerjaan tersebut digambarkan dalam diagram alur seperti gambar 3.1.

Tahap Pengerjaan	Data	Detail Pengerjaan	Hasil
Tahap I Pendahuluan dan Pengumpulan Data		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Identifikasi Masalah</div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Studi Literatur</div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Pengumpulan Data Sekunder</div>	<ul style="list-style-type: none"> - Rumusan Masalah - Data pergerakan pesawat - jadwal penerbangan -
Tahap II Peramalan Pertumbuhan Lalu Lintas Udara	- Pergerakan pesawat dari tahun 2012-2017	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Peramalan Pertumbuhan Lalu Lintas Udara</div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Perhitungan Peak Month, Peak Day, Peak Hour</div>	<ul style="list-style-type: none"> - Pergerakan pesawat pada 5 tahun mendatang - Total pergerakan pesawat kondisi peak hour tahun 2022
Perhitungan Kapasitas Runway	- Jadwal penerbangan pesawat	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Perhitungan Kapasitas Eksisting</div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Perhitungan Kapasitas Runway Rencana</div>	<ul style="list-style-type: none"> - Kapasitas runway eksisting saat peak hour - Kapasitas setelah adanya penambahan runway
Perhitungan delay pada jadwal penerbangan	- Jadwal kedatangan dan keberangkatan pesawat	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Perhitungan Delay Time</div>	<ul style="list-style-type: none"> - Delay rata-rata yang terjadi pada saat jam puncak

A

Gambar 3.1 Diagram Alir Metode Tugas Akhir



Gambar 3.2 Diagram alir Metode Tugas Akhir (lanjutan)

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV

PEMBAHASAN

Evaluasi kapasitas runway dilakukan pada saat kondisi eksisting untuk 10 tahun mendatang. Dalam evaluasi kapasitas runway, yang dibutuhkan salah satunya adalah jumlah pergerakan pesawat pada saat jam puncak.

Untuk kondisi eksisting, pergerakan pesawat pada jam puncak didapat dari data jadwal penerbangan yang. Sedangkan pergerakan pesawat pada jam puncak untuk tahun karena belum ada data tersebut, maka diperlukan peramalan pergerakan pesawat.

Selain itu dalam peramalan pertumbuhan transportasi udara juga diperlukan sebagai:

1. Gambaran untuk industri manufaktur mengantisipasi jumlah permintaan pesawat dan pengembangan jenis pesawat baru.
2. Panduan untuk maskapai penerbangan menyusun perencanaan jangka panjang dalam hal perlengkapan dan sumber daya manusia.
3. Gambaran untuk pemerintah pusat dalam memfasilitasi perkembangan system udara nasional dan internasional (termasuk: fasilitas terminal, akses rute, runway, taxiway, apron, kontrol terminal lalu lintas udara)

4.1 Peramalan Pertumbuhan Pergerakan Pesawat

Dalam Tugas Akhir ini peramalan pertumbuhan lalu lintas udara menggunakan analisa regresi yang didasarkan pada jumlah pergerakan pesawat mulai tahun 2012 sampai tahun 2017.

Melalui analisa tersebut didapatkan jumlah pergerakan pesawat sampai 5 tahun kedepan. Hasil dari peramalan lalu lintas

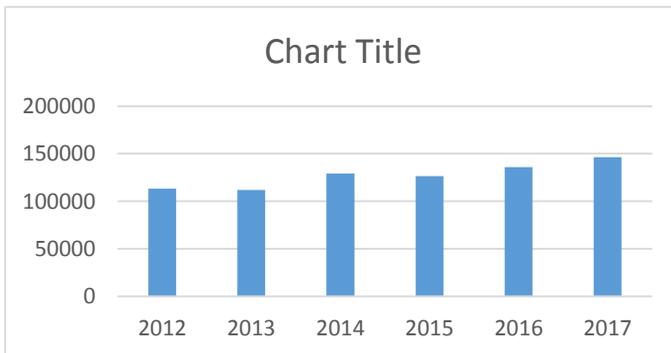
udara ini digunakan untuk menghitung kapasitas runway pada sub bab 2.

Data historis pergerakan pesawat yang digunakan mulai tahun 2012 sampai tahun 2017. Data historis tersebut terdiri dari jumlah kedatangan dan keberangkatan baik domestik maupun internasional. Selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Total Pergerakan Pesawat tahun 2012-2017

Tahun ke-	tahun	domestik			internasional			total
		arr	dep	total	arr	dep	total	
1	2012	36189	36142	72331	20398	20403	40801	113132
2	2013	36072	36067	72139	19908	19933	39841	111980
3	2014	38747	38713	77460	25839	25854	51693	129153
4	2015	37319	37280	74599	25847	25900	51747	126346
5	2016	40575	37518	78093	28989	29018	58007	136100
6	2017	41147	41231	82378	32053	31982	64035	146413

Dari grafik 4.1 memperlihatkan bahwa pada tahun 2013 mengalami penurunan dari tahun sebelumnya tetapi menaik di tahun 2014 dan setelah itu turun kembali di tahun 2015 setelah itu naik kembali hingga tahun 2017.



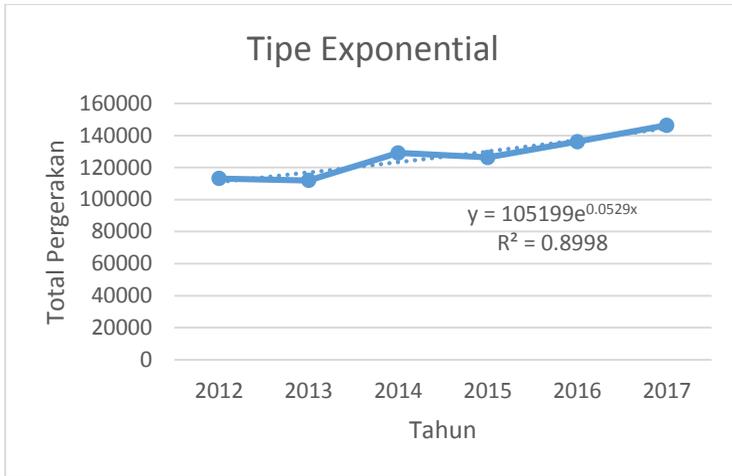
Gambar 4.1 Grafik total pergerakan Tahun 2012-2017

Peramalan lalu lintas ini menggunakan analisa regresi dengann menggunakan program bantu Microsoft Excel. Ada bebrapa tipe analisa regresi yang dapat dipakai diantaranya adalah analisa regresi tipe Exponential, Linear, Logarithmic, dan Polynomial.

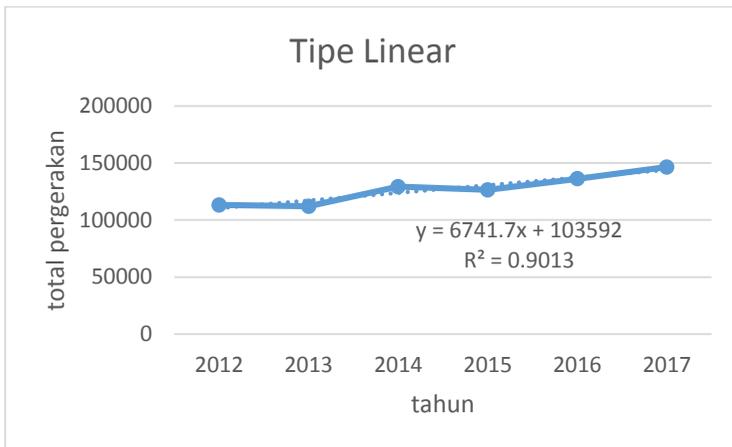
Keempat tipe tersebut dicoba untuk meramalkan total pergerakan pesawat dan dari hasil analisa regresi masing-masing tipe dibandingkan dengan data historis, lalu dipilih yang paling sesuai. Peramalan dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

1. Memasukkan data total pergerakan pesawat di runway tahun 2012-2015 ke dalam lembar kerja pada program bantu Microsoft Excel.
2. Membuat grafik hubungan waktu sebagai sumbu X (tahun ke-1 2012) dengan total pergerakan sebagai sumbu Y.
3. Memilih analisa regresi (tipe Exponential, Linear, Logarithmic dan Polynomial).
4. Menampilkan persamaan regresi dan koefisien determinasi pada grafik.

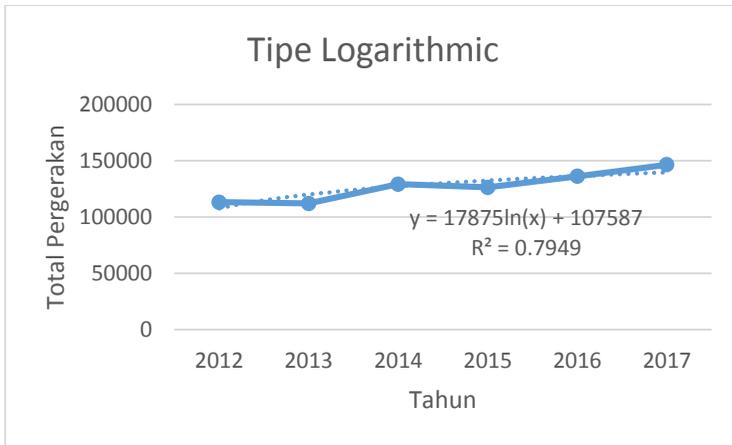
Dapat dilihat hasil grafiknya dan juga persamaan regresi dan koefisien determinasi pada gambar



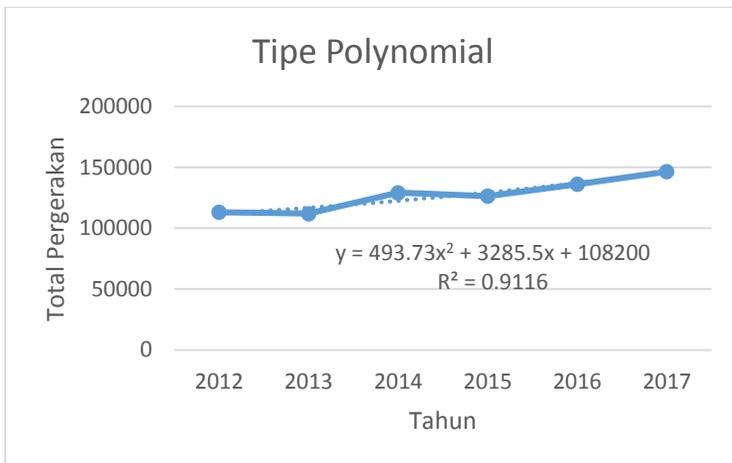
Gambar 4.2 Grafik total pergerakan tahun 2012-2017 menggunakan tipe Exponential



Gambar 4.3 Grafik total pergerakan tahun 2012-2015 menggunakan tipe Linear



Gambar 4.4 Grafik total pergerakan tahun 2012-2015 menggunakan tipe Logarithmic



Gambar 4.5 Grafik total pergerakan tahun 2012-2015 menggunakan tipe Polynomial

Persamaan regresi dari tiap tipe analisa regresi yang sudah didapat, lalu dimasukkan angka 5 pada X yang artinya

tahun ke 5. Lalu dibandingkan dengan data historis total pergerakan pada tahun 2017

Koefisien determinasi (R^2) adalah suatu bilangan yang menyatakan tingkat korelasi antara jumlah pergerakan dengan peubah waktu. Semakin nilai R^2 mendekati 1 (satu) maka ada korelasi positif antara jumlah pergerakan dengan peubah waktu, dimana arti dari korelasi positif adalah dari tahun ke tahun jumlah pergerakan semakin bertambah. Selengkapanya dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Persamaan regresi dari 4 analisa regresi

Tipe	Persamaan Regresi	R2	Tahun ke-6
Exponential	$105199e^{0.0529x}$	0.8998	144496
Linear	$6741.7x + 103592$	0.9013	144042
Logarithmic	$17875\ln(x) + 107587$	0.7949	139614
Polynomial	$493.73x^2 + 3285.5x + 108200$	0.9116	145687

Hasil perhitungan untuk tahun 2017 diketahui diketahui angka yang paling mendekati data historis adalah angka dari hasil persamaan regresi tipe polynomial. Maka analisa regresi tipe dianggap sesuai untuk meramalkan pergerakan pesawat 10 tahun mendatang.

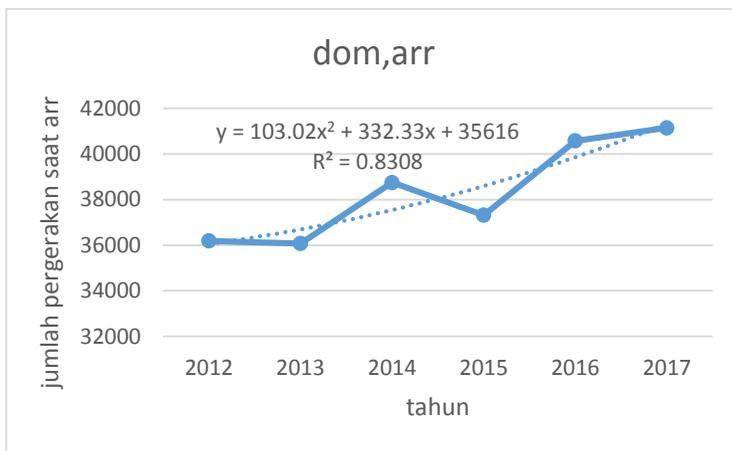
4.1.1 Penentuan Pergerakan Total Pesawat di Runway

Berdasarkan data jumlah total pergerakan pesawat di runway tahun 2012-2017 untuk masing-masing jumlah kedatangan dan keberangkatan baik domestik maupun internasional dilakukan peramalan dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

1. Memasukkan data tota pergerakan pesawat di runway Tahun 2012-2017 kedalam lembar kerja pada program bantu Microsoft Excel seperti tabel 4.1.
2. Membuat grafik hubungan waktu sebagai sumbu X (tahun ke-1 2012) dengan masing-masing pergerakan

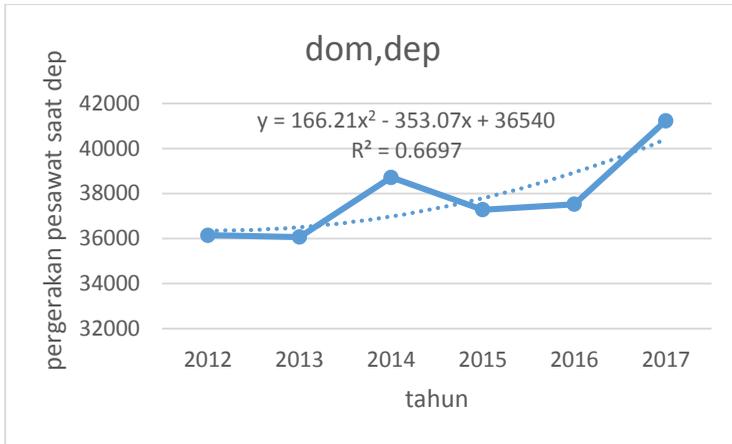
sebagai sumbu Y: kedatangan domestik, keberangkatan domestik, kedatangan internasional, keberangkatan internasional. (untuk total tidak dihitung dengan analisa regresi, hanya dihitung dengan penjumlahan biasa)

3. Menampilkan persamaan regresi dan koefisien determinasi pada grafik.



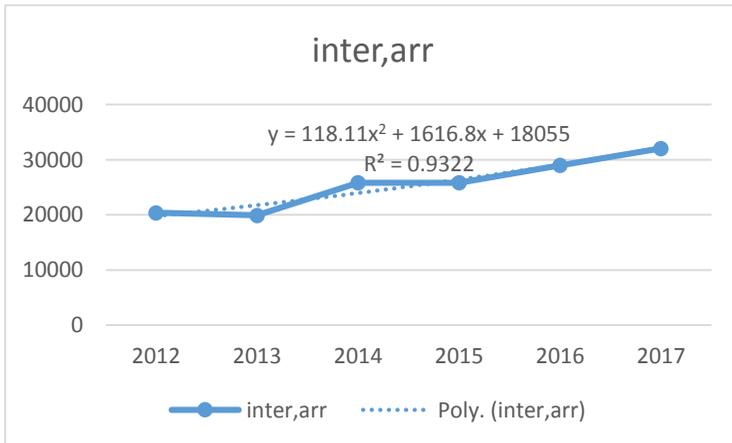
Gambar 4.6 Grafik total pergerakan terhadap kedatangan domestik

Dari gambar 4.7 didapatkan persamaan regresi $y = 103.02x^2 + 332.33x + 35616$ dan koefisien determinasinya (R^2) sebesar 0.8308.

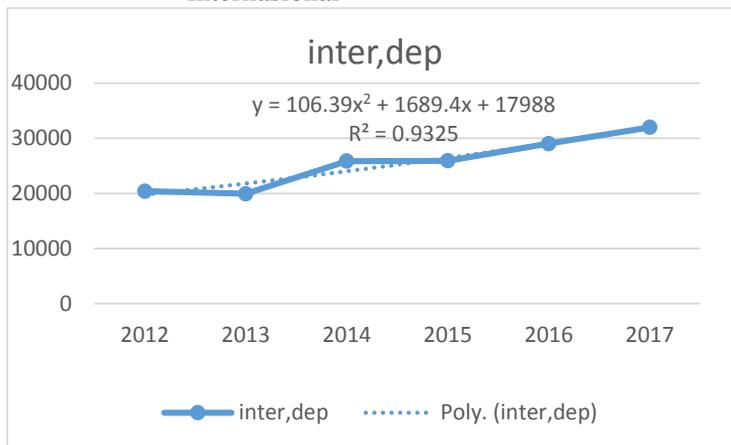


Gambar 4.7 Grafik total pergerakan terhadap keberangkatan domestik

Dari gambar 4.8 didapatkan persamaan regresi $166.21x^2 - 353.07x + 36540$ dan koefisien determinasinya (R^2) sebesar 0.6697.



Gambar 4.8 Grafik total pergerakan terhadap kedatangan internasional



Gambar 4.9 Grafik total pergerakan terhadap keberangkatan internasional

Setelah didapatkan persamaan regresi dapat diramalkan pertumbuhan jumlah pesawat pada tahun rencana. Dari persamaan regresi pada tabel 4.3 dimasukkan urutan tahun kedalam X tahun 2018 menjadi tahun ke-7 dan seterusnya.

Contoh dapat dilihat pada perhitungan untuk tahun 2018 pada kedatangan domestik berikut:

1. Persamaan regresi untuk kedatangan domestik adalah $y = 103.02x^2 + 332.33x + 35616$
2. Tahun 2018 adalah tahun ke-7, maka $x=7$
3. $X=7$ dimasukkan ke persamaan regresi, $y = 103.02(7)^2 + 332.33(7) + 35616 = 42990$ pesawat

Untuk total domestik, total internasional, tidak perlu analisa regresi. Jumlah tersebut didapat dari penjumlahan manual dari kedatangan dan keberangkatan yang didapat dari perhitungan analisa regresi. Sedangkan total keseluruhan juga melalui penjumlahan manual dari total domestik dan total internasional.

Tabel 4.3 Hasil peramalan jumlah pergerakan total pesawat tahun 2018-2022

tahun ke	Tahun	Domestik			Internasional			Total
		Arr	Dep	total	Arr	Dep	Total	
7	2018	42990	42213	85203	35160	35027	70187	155390
8	2019	44868	44353	89221	38548	38312	76861	166081
9	2020	46952	46825	93777	42173	41810	83983	177760
10	2021	49241	49630	98872	46034	45521	91555	190427
11	2022	51737	52768	104505	50131	49445	99576	204080
12	2023	54439	56237	110676	54464	53581	108045	218722
13	2024	57347	60040	117386	59034	57930	116964	234350
14	2025	60461	64174	124635	63840	62492	126332	250967
15	2026	63780	68641	132422	68882	67267	136149	268570
16	2027	67306	73441	140747	74160	72254	146414	287161

4.1.2 Penentuan Peak Month, Peak Day, dan Peak Hour

Setelah didapatkan jumlah pergerakan total pesawat di runway pada tahun rencana, dilakukan perhitungan volume jam puncak yaitu jumlah pergerakan pesawat pada kondisi peak hour. Cara perhitungan metode perhitungan jam puncak sudah dijelaskan pada Bab 2 Tinjauan Pustaka. Perhitungan volume jam puncak dalam tugas akhir ini diperlukan:

1. Sebagai dasar acuan kondisi paling maksimum pemakaian runway.
2. Untuk mengetahui tingkat pergerakan maksimum pesawat pada kondisi peak hour.

Berdasarkan data eksisting jumlah rata-rata pergerakan harian pesawat di runway dalam 1 tahun dan jumlah pergerakan pesawat di runway pada bulan puncak dalam 1 tahun, dapat diketahui peak month ratio. Peak month ratio ini diperlukan untuk mendapatkan nilai jumlah pergerakan pesawat pada bulan puncak dalam tahun yang dikehendaki. Sehingga pola puncak jumlah pergerakan pesawat adalah sama dengan pada tahun eksisting.

Tabel 4.4 Pergerakan Pesawat Tiap Bulan

No	Bulan	Total Pergerakan					
		2012	2013	2014	2015	2016	2017
1	Januari	9426	10314	11708	10889	11594	12205
2	Februari	8449	8885	9743	9608	10984	10676
3	Maret	8741	9796	10407	9917	11201	11272
4	April	9139	9538	10442	10341	11145	11610
5	Mei	9138	10195	11115	10695	11728	12218
6	Juni	9407	10375	10715	10333	10890	11946
7	Juli	9619	10056	10537	10695	12338	13334
8	Agustus	9770	11098	11376	11191	12132	13462
9	September	9452	10688	10696	10793	11517	12127
10	Oktober	9725	10337	10816	11090	11932	13145
11	November	9830	10684	10386	9422	11450	11328
12	Desember	10256	10728	11212	11475	12189	12090
	Total	112952	122694	129153	126449	139100	145413

Contoh perhitungan yang dilakukan untuk mendapatkan peak month ratio adalah sebagai berikut:

- Pada tahun 2012 jumlah pergerakan Bulan Januari adalah 9.426 dengan total 112.952.
- Ratio bulan Januari 2012 adalah jumlah total pergerakan pesawat bulan Januari dibagi dengan jumlah total pergerakan pesawat tahun 2012.

$$\begin{aligned} R_{\text{month}} &= N_{\text{month}} / N_{\text{year}} \\ &= 9.426 / 112.952 = 0.083 \end{aligned}$$

Dengan langkah yang sam dilakukan perhitungan untuk mencari ratio bulan lain hingga tahun 2015. Hasil selengkapnya disajikan pada tabel 4.5

Tabel 4.5 Ratio Pergerakan Bulanan Pesawat

No	Bulan	Ratio					
		2012	2013	2014	2015	2016	2017
1	Januari	0.083	0.084	0.091	0.086	0.083	0.084
2	Februari	0.075	0.072	0.075	0.076	0.079	0.073
3	Maret	0.077	0.080	0.081	0.078	0.081	0.078
4	April	0.081	0.078	0.081	0.082	0.080	0.080
5	Mei	0.081	0.083	0.086	0.085	0.084	0.084
6	Juni	0.083	0.085	0.083	0.082	0.078	0.082
7	Juli	0.085	0.082	0.082	0.085	0.089	0.092
8	Agustus	0.086	0.090	0.088	0.089	0.087	0.093
9	September	0.084	0.087	0.083	0.085	0.083	0.083
10	Oktober	0.086	0.084	0.084	0.088	0.086	0.090
11	Nopember	0.087	0.087	0.080	0.075	0.082	0.078
12	Desember	0.091	0.087	0.087	0.091	0.088	0.083
Total		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Rasio tertinggi yaitu bulan Agustus tahun 2017 sebesar 0.093. Rasio maksimum dari hasil perhitungan merupakan peak month ratio. Maka untuk mendapatkan peramalan pergerakan maksimum pesawat pada bulan puncak tahun rencana, dipakai peak month ratio terbesar yaitu 0.093.

Untuk mengetahui jumlah pergerakan tahun 2022, didapat dengan cara jumlah pesawat dalam setahun dikali dengan peak month ratio. Contoh perhitungan dapat dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 N_{\text{month}} &= N_{\text{year}} \times R_{\text{month}} \\
 &= 204080 \times 0.093 \\
 &= 18979 \text{ pesawat}
 \end{aligned}$$

Karena keterbatasan data maka diasumsikan tidak adanya perubahan pada runway, maka untuk mengetahui peak day dan peak hour pada tahun 2022 perhitungan melalui perbandingan

dengan peak month, peak day dan peak hour 2009 sebagai berikut:

Tabel 4.6 Hasil perhitungan peak day dan peak hour

Tahun	Peak Month	Peak Day	Peak Hour
2009	7873	362	17
2012	10414	479	22
2013	10857	499	23
2014	11392	524	27
2015	12019	553	28
2016	12738	586	30
2017	13549	623	32
2018	14451	664	34
2019	15446	710	37
2020	16532	760	39
2021	17710	814	42
2022	18979	873	45
2023	20341	935	48
2024	21795	1002	52
2025	23340	1073	55
2026	24977	1148	59
2027	26706	1228	63

Jadi dapat dari tabel 4.6 bahwa total pergerakan pesawat kondisi peak hour pada hari tersibuk Tahun 2022 adalah 45 pergerakan pesawat.

4.2 Perhitungan Kapasitas Runway

4.2.1 Kapasitas Runway Kondisi Eksisting

Perhitungan kapasitas runway kondisi eksisting dilakukan pada bulan juni tahun 2018 seperti terlihat berdasarkan pada tabel 4.6

Tabel 4.6 Pergerakan pesawat di Runway pada 15 Juni 2018

Pukul			
	arr	dep	total
00:00 - 00:59	19	13	32
01:00 - 01:59	2	19	21
02:00 - 02:59			0
03:00 - 03:59			0
04:00 - 04:59			0
05:00 - 05:59			0
06:00 - 06:59			0
07:00 - 07:59	15	24	39
08:00 - 08:59	17	15	32
09:00 - 09:59	11	22	33
10:00 - 10:59	15	16	31
11:00 - 11:59	27	14	41
12:00 - 12:59	20	29	49
13:00 - 13:59	18	20	38
14:00 - 14:59	29	15	44
15:00 - 15:59	22	24	46
16:00 - 16:59	18	23	41
17:00 - 17:59	23	15	38
18:00 - 18:59	24	19	43
19:00 - 19:59	31	21	52
20:00 - 20:59	19	28	47
21:00 - 21:59	18	18	36
22:00 - 22:59	11	15	26
23:00 - 23:59	27	15	42
total	366	365	731

Dari tabel 4.13 di atas akan didapat jam puncak (peak hour) terjadi pad pukul 19:00 – 19:59 dengan 25 pergerakan. Kategori

pesawat digolongkan berdasarkan kecepatan pendaratan. Untuk lebih jelasnya penggolongan pesawat berdasarkan peraturan Federal Aviation Administration (FAA) dapat dilihat pada tabel 4.7

Tabel 4.7 Kategori Pesawat Berdasarkan Kecepatan Menurut FAA

kategori	kecepatan mendarat
A	< 90 knots
B	90 knots -120 knots
C	121 knots - 140 knots
D	141 knots – 165 knots

(sumber : FAA)

Tabel 4.8 Campuran Pesawat dan Karakteristiknya

TIPE PESAWAT	APPROACH SPEED	Presentase	
		ARR	DEP
B	110	0	5
C	135	35	33
D	143	65	62

Waktu pemakaian runway (R_i) dan kecepatan pendekatan merupakan nilai rata-rata tiap kategori pesawat yang diambil dari buku. Sementara prosentase campuran kedatangan dan keberangkatan ditentukan dari jadwal penerbangan pada jam puncak.

Tabel 4.9 Jadwal Penerbangan Kedatangan Pesawat

No	KEDATANGAN / ARRIVALS					JAM
	TIPE PESAWAT	LANDING SPEED	KATEGORI PESAWAT	NOMOR PENERBANGAN	DARI	
1	B 738	142	D	JT 1902	BDO	19:00
2	B 738	142	D	JT 902	BDO	19:00
3	A 333	136	C	SQ 946	SIN	19:05
4	A 333	136	C	GA 9073	SIN	19:05
5	A 333	136	C	MI 5846	SIN	19:05
6	A 333	136	C	VA 5610	SIN	19:05
7	B 735	127	C	IN 3761	SUB	19:15
8	CRK	125	C	GA 338	SUB	19:15
9	B 773	150	D	GA 9000	SIN	19:25
10	B 773	150	D	AF 8220	SIN	19:25
11	B 773	150	D	KL 835	SIN	19:25
12	B 738	142	D	PG 4314	CGK	19:30
13	B 738	142	D	WY 5422	CGK	19:30
14	B 738	142	D	GA 420	CGK	19:30
15	B 738	142	D	VN 3954	CGK	19:30
16	A 320	138	C	QZ 507	SIN	19:35
17	B 739	141	D	MXD 9115	KUL	19:40
18	B 739	141	D	ID 6017	KUL	19:40
19	A 320	138	C	ID 6033	KUL	19:40
20	A 320	138	C	ID 6516	CGK	19:40
21	A 320	138	C	MXD 9108	CGK	19:40
22	A 320	138	C	CTV 688	CGK	19:40
23	B 738	142	D	MF 9509	SIN	19:50
24	B 738	142	D	EY 7105	SIN	19:50
25	B 738	142	D	AF 3933	SIN	19:50
26	B 738	142	D	VN 3961	SIN	19:50
27	B 738	142	D	KL 4061	SIN	19:50
28	B 738	142	D	9W 4109	SIN	19:50
29	B 738	142	D	MI 5941	SIN	19:50
30	B 738	142	D	GA 841	SIN	19:50
31	B 738	142	D	SQ 5551	SIN	19:50

(sumber: flighstats.com)

Tabel 4.10 Jadwal Penerbangan Keberangkatan

No	KEBERANGKATAN/DEPARTURE					
	TIPE PESAWAT	LANDING SPEED	KATEGORI PESAWAT	NOMOR PENERBANGAN	DARI	JAM
1	B 738	142	D	EY 8190	CGK	19:00
2	A 320	138	C	CTV 685	CGK	19:00
3	B 738	142	D	GA 415	CGK	19:00
4	A 320	138	C	TR 289	SIN	19:00
5	A 333	136	C	GA 896	CAN	19:00
6	A 320	138	C	AK 379	KUL	19:00
7	A 320	138	C	CTV 8816	KMG	19:20
8	B 738	142	D	EK 3591	KUL	19:20
9	B 738	142	D	KL 4116	KUL	19:20
10	B 738	142	D	EY 2718	KUL	19:20
11	B 738	142	D	MH 852	KUL	19:20
12	B 738	142	D	GA 255	JOG	19:25
13	B 739	141	D	JT 43	CGK	19:30
14	ATR 72	110	B	GA 7048	LOP	19:30
15	B 735	127	C	SJ 7271	UPG	19:40
16	B 738	142	D	SJ 261	CGK	19:40
17	B 773	150	D	EK 451	DXB	19:50
18	B 773	150	D	AM 7404	CGK	19:55
19	B 773	150	D	GA 421	CGK	19:55
20	B 773	150	D	EY 8130	CGK	19:55
21	CRK	125	C	GA 349	SUB	19:55

(sumber: flightstat.com)

- **Kedatangan saja**

Langkah pertama yang harus dilakukan yaitu menghitung kapasitas runway dengan menganggap bahwa runway akan melayani pesawat yang datang saja.

Keadaan Bebas Kesalahan [Mij]

Diketahui rata-rata pemisahan minimum diantara pesawat yang dibutuhkan di ruang angkasa di dekat landasan (δ_{ij}) adalah 3 nmi dan jalur pintu masuk ke landasan rata-rata sebesar 6 nmi.

- **Keadaan merapat**, dimana kecepatan pesawat di depan (leading, V_i) lebih lambat daripada pesawat yang di belakang (trailing, V_j). Perhitungan untuk keadaan merapat seperti berikut

Rumus :

Untuk $V_C = 135$ knot dan $V_D = 143$, didapat

$$T_{CD} = \frac{3}{143} (3600) = 75,524 \text{ detik}$$

- **Keadaan merenggang**, dimana kecepatan pesawat di depan (leading, V_i) lebih cepat daripada kecepatan di belakang (trailing, V_j)

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

Untuk $V_D = 143$ knot dan $V_C = 135$ knot, didapat:

$$T_{DC} = T_C - T_D = \frac{\delta_{DC}}{V_D} + \gamma \left(\frac{1}{V_C} - \frac{1}{V_D} \right)$$

$$T_{DC} = \frac{3(3600)}{143} + 9 \left(\frac{1}{135} - \frac{1}{143} \right) (3600)$$

$$T_{DC} = 88.95 \text{ detik}$$

- **Keadaan sama besar**, dimana kecepatan pesawat di depan i dan di belakang j sama besar. Perhitungan untuk keadaan ini menggunakan salah satu dari persamaan.

$$\text{Dipilih rumus : } T_{ij} = T_j - T_i = \frac{\delta_{ij}}{V_j}$$

Untuk $V_i = V_j = 135$ knot, didapat:

$$T_{CC'} = \frac{3}{135} (3600) = 80 \text{ detik}$$

Untuk $V_i = V_j = 143$ knot, didapat

$$T_{DD'} = \frac{3}{143} (3600) = 75,52 \text{ detik}$$

Karena waktu pemakaian runway, R_i (lihat tabel 4.15 rata-rata lebih kecil dari waktu pemisahan di udara, maka yang akan digunakan dalam perhitungan kapasitas yaitu waktu pemisahan di udara (T_{ij}).

Apabila hasil-hasilnya ditabulasi dalam sebuah matriks bebas kesalahan [M_{ij}], maka akan dihasilkan pemisahan waktu minimum di ambang runway untuk semua keadaan sebagai berikut:

		<i>leading</i>		
		143	135	110
<i>trailing</i>	143	75.52	75.52	0
	135	88.95	80	0
	110	0	0	0

Sementara prosentase kombinasi [P_{ij}] yang terjadi dalam campuran dapat dilihat pada matriks prosentase di bawah

		Leading		
		143	135	110
Trailing	143	0.4225	0.2275	0
	135	0.2275	0.1225	0
	110	0	0	0

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

$$E[T_{ij}] = 79,124 \text{ detik}$$

Dengan demikian kapasitas runway untuk melayani kedatangan saja

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

$$C = \frac{1}{79,124}(3600) = 46 \text{ operasi/jam}$$

Keadaan Kesalahan Posisi

Dengan menganggap bahwa terdapat kesalahan posisi (σ_0) pada jadwal penerbangan sebesar 20 detik yang didistribusikan secara normal, dan probabilitas pelanggaran aturan pisah minimum untuk jarak kedatangan yang diperbolehkan adalah 10 persen, maka kapasitas runway untuk keadaan tersebut dapat dihitung. Dengan probabilitas pelanggaran sebesar 10 persen, nilai q_v dapat dicari dari tabel-tabel statistic yaitu sebesar 1,28.

- **Keadaan merapat**, besarnya penyangga tidak tergantung pada kecepatan.

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

$$B_{ij} = 20 (1.28) = 25,6 \text{ detik}$$

- **Keadaan merenggang**, dimana pesawat yang ada di depan (leading, V_i) lebih cepat dari yang dibelakangnya (trailing, V_j).

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

Untuk $V_D = 143$ knot dan $V_C = 135$ knot, didapat:

$$B_{DC} = \sigma_0 q_v - \delta_{DC} \left(\frac{1}{V_C} - \frac{1}{V_D} \right) (3600)$$

$$B_{DC} = 20 (1.28) - 3 \left(\frac{1}{135} - \frac{1}{143} \right) (3600)$$

$$B_{DC} = 21,12 \text{ detik}$$

- **Keadaan sama besar**, dimana kecepatan pesawat di depan i dan di belakang j sama besar, maka perhitungan untuk keadaan ini menggunakan salah satu persamaan yang sudah dijelaskan di sub bab 2 dan didapatkan hasil yang sama yaitu 25,6 detik

Nilai-nilai sanggah tersebut kemudian diringkas ke dalam sebuah matriks nilai sanggah [Bij] seperti berikut:

		Leading		
		143	135	110
Trailing	143	25.6	25.6	25.6
	135	21.12	25.6	25.6
	110	25.6	25.6	25.6

Dengan menggabungkan matrik bebas kesalahan [Mij] dan matriks nilai sangga [Bij], dihasilkan jarak waktu antar kedatangan sebenarnya di ambang runway.

		Leading		
		143	135	110
Trailing	143	101.12	101.12	25.6
	135	110.07	105.6	25.6
	110	25.6	25.6	25.6

Apabila ini digabungkan dengan prosentase campuran pesawat [Pij] waktu antar kedatangan rata-rata adalah

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

$$E[T_{ij}] = 103.7049 \text{ detik}$$

Dengan demikian akan didapat kapasitas system runway untuk melayani kedatangan apabila terdapat kesalahan posisi

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

$$C = \frac{1}{103,71} (3600) = 35 \text{ operasi/jam}$$

- **Keberangkatan Saja**

Langkah berikutnya yaitu dengan menganggap bahwa runway akan melayani pesawat yang berangkat saja.

Jarak pemisah minimum antar keberangkatan didapat sebesar 120 detik. Matrik prosentase kombinasi $[P_{ij}]$ yang terjadi dalam campuran dapat dilihat pada matriks prosentase di bawah.

Berdasarkan persamaan pada Bab II dapat dihitung besar waktu pelayanan antar keberangkatan di ambang runway $E(t_d)$ adalah sebagai berikut :

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

$$E(t_d) = 120 \text{ detik}$$

Jadi kapasitas runway yang hanya melayani keberangkatan saja yaitu :

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

$$C = \frac{1}{120} (3600) = 30 \text{ operasi/jam}$$

- **Operasi Campuran**

Langkah terakhir dalam menghitung kapasitas runway adalah mengasumsikan bahwa runway digunakan untuk melakukan keberangkatan (*departure*) di antara dua kedatangan (*arrivals*). Pergerakan pesawat pada runway harus memrioritaskan pesawat yang akan mendarat (*landing*).

Waktu pemakaian runway (runway occupancy time) rata-rata merupakan jumlah perkalian dari prosentase kategori pesawat dengan waktu pemakaian runway tiap kategori pesawat.

$$E[R_i] = 0(62) + 0.35(67.4) + 0.65(64.5) = 65.515 \text{ detik}$$

Waktu yang diharapkan pesawat yang akan datang untuk menempuh 2 mil terakhir ke ambang runway adalah

$$E(\delta_d/V_j) = [0(2/110) + 0.35(2/135) + 0.65(2/143)] 3600 = 51.39 \text{ detik}$$

$$E(t_d) = 120 \text{ detik}$$

$$E(B_{ij}) = 20(1.28) = 25.6 \text{ detik}$$

Untuk menghitung kemungkinan suatu keberangkatan dapat dilakukan diantara dua kedatangan digunakan rumus:

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

$$E[T_{ij}] \geq 65.515 + 51.39 + 25.6 + (n - 1) 120$$

$$E[T_{ij}] \geq 143 + 120 (n - 1)$$

Untuk satu keberangkatan di antara dua keberangkatan diperoleh waktu antar kedatangan sebesar 143 detik. Untuk dua keberangkatan diperoleh waktu antar kedatangan sebesar 263 detik. Untuk tiga keberangkatan diantara dua kedatangan diperoleh waktu antar kedatangan sebesar 363 detik.

Jadi, satu kali keberangkatan dapat dilakukan di sembarang waktu jika waktu antar kedatangan sebesar 263 detik dan 363 detik.

Dari matriks waktu antar kedatangan dapat diketahui bahwa kemungkinan satu operasi keberangkatan dapat dilakukan diantara 2 kedatangan terjadi sebesar 22 persen, dan tidak akan bisa melakukan keberangkatan lebih dari satu kali diantara 2 kedatangan. Kapasitas runway untuk kondisi tersebut dapat dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut

$$C_m = \frac{1}{E(\Delta T_{ij})} (1 + \sum n_d P_{nd})$$

$$C_m = \frac{1}{1 + 0.22(1)}$$

Tabel 4.11 Jadwal Kedatangan tahun 2022 pada saat jam puncak

No	KEDATANGAN / ARRIVALS		
	TIPE PESAWAT	LANDING SPEED	KATEGORI PESAWAT
1	B 738	142	D
2	B 738	142	D
3	A 333	136	C
4	A 333	136	C
5	A 333	136	C
6	A 333	136	C
7	A 735	127	C
8	CRJ100	125	C
9	B 773	150	D
10	B 773	150	D
11	B 773	150	D
12	B 738	142	D
13	B 738	142	D
14	B 738	142	D
15	B 738	142	D
16	A 320	138	C
17	B 739	141	D
18	B 739	141	D
19	A 320	138	C
20	A 320	138	C
21	A 320	138	C
22	A 320	138	C
23	B 738	142	D
24	B 738	142	D
25	B 738	142	D
26	B 738	142	D
27	B 738	142	D

Untuk data keberangkatan sebanyak 18 pergerakan dapat dilihat pada Tabel 4.12 sama seperti kedatangan untuk jadwal dianggap sama dengan jadwal

Tabel 4.12 jadwal keberangkatan tahun 2022 pada saat jam puncak

No	KEDATANGAN / ARRIVALS		
	TIPE PESAWAT	LANDING SPEED	KATEGORI PESAWAT
1	B 738	142	D
2	A 320	138	C
3	B 738	142	D
4	A 320	138	C
5	A 333	136	C
6	A 320	138	C
7	A 320	138	C
8	B 738	142	D
9	B 738	142	D
10	B 738	142	D
11	B 738	142	D
12	B 738	142	D
13	B 739	141	D
14	ATR 72	110	B
15	B 735	127	C
16	B 738	142	D
17	B 773	150	D
18	B 773	150	D

Tabel 4.13 Campuran pesawat

TIPE PESAWAT	APPROACH SPEED	WAKTU PEMAKAIAN RUNWAY	presentase	
			arr	dep
B	110	62	0	0.06
C	135	67.4	0.4	0.33
D	143	64.5	0.6	0.61

Waktu pemakaian runway (R_i) dan kecepatan pendekatan (approach speed) merupakan nilai rata-rata tiap kategori pesawat. Sementara presentase campuran kedatangan dan keberangkatan di tentukan dari jadwal penerbangan.

- **Kedatangan Saja**

Langkah pertama yang harus dilakukan yaitu menghitung kapasitas runway dengan menganggap bahwa runway akan melayani pesawat yang datang saja.

- **Keadaan Bebas kesalahan**

Diketahui rata-rata pemisahan minimum di antara pesawat yang dibutuhkan di ruang angkasa di dekat landasan (δ_{ij}) adalah 3 nmi dan jalur pintu masuk ke landasan rata-rata sebesar 6 nmi.

- **Keadaan merapat**, dimana kecepatan pesawat di depan lebih lambat daripada pesawat yang di belakang. Perhitungan untuk keadaan merapat sebagai berikut

Untuk $V_C = 135$ knot dan $V_D = 143$, didapat

$$T_{CD} = \frac{3}{143} (3600) = 75,524 \text{ detik}$$

- Keadaan merenggang, dimana kecepatan pesawat di depan lebih cepat daripada pesawat yang di belakang

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

Untuk $V_D = 143$ knot dan $V_C = 135$ knot, didapat:

$$T_{DC} = T_C - T_D = \frac{\delta_{DC}}{V_D} + \gamma \left(\frac{1}{V_C} - \frac{1}{V_D} \right)$$

$$T_{DC} = \frac{3(3600)}{143} + 9 \left(\frac{1}{135} - \frac{1}{143} \right) (3600)$$

$$T_{DC} = 88.95 \text{ detik}$$

- **Keadaan sama besar**, dimana kecepatan pesawat di depan i dan di belakang j sama besar. Perhitungan untuk keadaan ini menggunakan salah satu dari persamaan.

$$\text{Dipilih rumus : } T_{ij} = T_j - T_i = \frac{\delta_{ij}}{V_j}$$

Untuk $V_i = V_j = 135$ knot, didapat:

$$T_{CC'} = \frac{3}{135}(3600) = 80 \text{ detik}$$

Untuk $V_i = V_j = 143 \text{ knot}$, didapat

$$T_{DD'} = \frac{3}{143}(3600) = 75,52 \text{ detik}$$

Karena waktu pemakaian runway, R_i (lihat tabel 4.15 rata-rata lebih kecil dari waktu pemisahan di udara, maka yang akan digunakan dalam perhitungan kapasitas yaitu waktu pemisahan di udara (T_{ij}).

Apabila hasil-hasilnya ditabulasi dalam sebuah matriks bebas kesalahan $[M_{ij}]$, maka akan dihasilkan pemisahan waktu minimum di ambang runway untuk semua keadaan sebagai berikut:

		<i>leading</i>		
		143	135	110
<i>trailing</i>	143	75.52	75.52	0
	135	88.95	80	0
	110	0	0	0

Sementara prosentase kombinasi $[P_{ij}]$ yang terjadi dalam campuran dapat dilihat pada matriks prosentase di bawah

		Leading		
		143	135	110
Trailing	143	0.36	0.24	0
	135	0.24	0.16	0
	110	0	0	0

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

$$E[T_{ij}] = 79.46 \text{ detik}$$

Dengan demikian kapasitas runway untuk melayani kedatangan saja

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

$$C = \frac{1}{79.46}(3600) = 45 \text{ operasi/jam}$$

Keadaan Kesalahan Posisi

Dengan menganggap bahwa terdapat kesalahan posisi (σ_0) pada jadwal penerbangan sebesar 20 detik yang didistribusikan secara normal, dan probabilitas pelanggaran aturan pisah minimum untuk jarak kedatangan yang diperbolehkan adalah 10 persen, maka kapasitas runway untuk keadaan tersebut dapat dihitung. Dengan probabilitas pelanggaran sebesar 10 persen, nilai q_v dapat dicari dari tabel-tabel statistic yaitu sebesar 1,28.

- **Keadaan merapat**, besarnya penyangga tidak tergantung pada kecepatan.

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

$$B_{ij} = 20 (1.28) = 25,6 \text{ detik}$$

- **Keadaan merenggang**, dimana pesawat yang ada di depan (leading, V_i) lebih cepat dari yang dibelakangnya (trailing, V_j).

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

Untuk $V_D = 143 \text{ knot}$ dan $V_C = 135 \text{ knot}$, didapat:

$$B_{DC} = \sigma_0 q_v - \delta_{DC} \left(\frac{1}{V_C} - \frac{1}{V_D} \right) (3600)$$

$$B_{DC} = 20 (1.28) - 3 \left(\frac{1}{135} - \frac{1}{143} \right) (3600)$$

$$B_{DC} = 21,12 \text{ detik}$$

- **Keadaan sama besar**, dimana kecepatan pesawat di depan i dan di belakang j sama besar, maka perhitungan untuk keadaan ini menggunakan salah satu persamaan yang sudah dijelaskan di sub bab 2 dan didapatkan hasil yang sama yaitu 25,6 detik

Nilai-nilai sanggah tersebut kemudian diringkas ke dalam sebuah matriks nilai sanggah [Bij] seperti berikut:

		Leading		
		143	135	110
Trailing	143	25.6	25.6	25.6
	135	21.12	25.6	25.6
	110	25.6	25.6	25.6

Dengan menggabungkan matrik bebas kesalahan [Mij] dan matriks nilai sangga [Bij], dihasilkan jarak waktu antar kedatangan sebenarnya di ambang runway.

		Leading		
		143	135	110
Trailing	143	101.12	101.12	25.6
	135	110.07	105.6	25.6
	110	25.6	25.6	25.6

Apabila ini digabungkan dengan prosentase campuran pesawat [Pij] waktu antar kedatangan rata-rata adalah

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

$$E[T_{ij}] = 103.7049 \text{ detik}$$

Dengan demikian akan didapat kapasitas system runway untuk melayani kedatangan apabila terdapat kesalahan posisi

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

$$C = \frac{1}{103,71}(3600) = 35 \text{ operasi/jam}$$

- **Keberangkatan Saja**

Langkah berikutnya yaitu dengan menganggap bahwa runway akan melayani pesawat yang berangkat saja.

Jarak pemisah minimum antar keberangkatan didapat sebesar 120 detik. Matrik prosentase kombinasi $[P_{ij}]$ yang terjadi dalam campuran dapat dilihat pada matriks prosentase di bawah.

Berdasarkan persamaan pada Bab II dapat dihitung besar waktu pelayanan antar keberangkatan di ambang runway $E(t_d)$ adalah sebagai berikut :

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

$$E(t_d) = 120 \text{ detik}$$

Jadi kapasitas runway yang hanya melayani keberangkatan saja yaitu :

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

$$C = \frac{1}{120}(3600) = 30 \text{ operasi/jam}$$

- **Operasi Campuran**

Langkah terakhir dalam menghitung kapasitas runway adalah mengasumsikan bahwa runway digunakan untuk melakukan keberangkatan (*departure*) di antara dua kedatangan

(*arrivals*). Pergerakan pesawat pada runway harus memprioritaskan pesawat yang akan mendarat (*landing*).

Waktu pemakaian runway (*runway occupancy time*) rata-rata merupakan jumlah perkalian dari prosentase kategori pesawat dengan waktu pemakaian runway tiap kategori pesawat.

$$E[R_i] = 0(62) + 0.4(67.4) + 0.6(64.5) = 65.66 \text{ detik}$$

Waktu yang diharapkan pesawat yang akan datang untuk menempuh 2 mil terakhir ke ambang runway adalah

$$E(\delta_d/V_j) = [0(2/110) + 0.4(2/135) + 0.6(2/143)] 3600 = 51.54 \text{ detik}$$

$$E(t_d) = 120 \text{ detik}$$

$$E(B_{ij}) = 20(1.28) = 25.6 \text{ detik}$$

Untuk menghitung kemungkinan suatu keberangkatan dapat dilakukan diantara dua kedatangan digunakan rumus:

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

$$E[T_{ij}] \geq 65.66 + 51.54 + 25.6 + (n - 1) 120$$

$$E[T_{ij}] \geq 143 + 120 (n - 1)$$

Untuk satu keberangkatan di antara dua keberangkatan diperoleh waktu antar kedatangan sebesar 143 detik. Untuk dua keberangkatan diperoleh waktu antar kedatangan sebesar 263 detik. Untuk tiga keberangkatan diantara dua kedatangan diperoleh waktu antar kedatangan sebesar 363 detik.

Jadi, satu kali keberangkatan dapat dilakukan di sembarang waktu jika waktu antar kedatangan sebesar 263 detik dan 363 detik.

Dari matriks waktu antar kedatangan dapat diketahui bahwa kemungkinan satu operasi keberangkatan dapat dilakukan diantara 2 kedatangan terjadi sebesar 22 persen, dan tidak akan bisa melakukan keberangkatan lebih dari satu kali diantara 2 kedatangan. Kapasitas runway untuk kondisi tersebut dapat dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut

$$C_m = \frac{1}{E(\Delta T_{ij})} (1 + \sum n_d P_{nd})$$

$$C_m = \frac{1}{1} (1 + 0.22(1))$$

$$C_m =$$

Karena nilai yang ada pada matriks waktu antar kedatangan [Mij] paling tidak sebesar 143 detik, maka nilai yang lebih kecil dari 143 akan diganti menjadi 143 detik agar 1 keberangkatan dapat dilakukan diantara dua kedatangan.

Leading

		143	135	110
	143	143	143	143
Trailing	135	143	143	143
	110	143	143	143

Sehingga

$$E[T_{ij}] = 0.4225(143) + 0.2275(143) + \dots + 0.1225(143)$$

$$= 143 \text{ detik}$$

Maka kapasitas runway untuk operasi campuran akan menjadi

$$C_m = \frac{1}{143} (1 + 1(1))$$

$$= 50 \text{ operasi per jam}$$

4.2.3 Delay Time

Diatas telah dihitung bahwa kapasitas runway untuk operasi campuran pada jam puncak sebesar 50 pergerakan per jam. Namun jumlah tersebut tidak mempertimbangkan waktu pemisahan minimum antara kedatangan dan keberangkatan

sebesar 120 detik. Pada peak hour jam 19.00-19.59, terdapat 52 pergerakan pesawat, terdiri dari 31 kedatangan dan 21 keberangkatan.

Pada Tabel 4.11 dapat dilihat bahwa terdapat waktu delay karena mempertimbangkan waktu pemisahan antar kedatangan dan keberangkatan sebesar 120 detik.

Tabel 4.14 Delay Time saat peak hour kondisi eksisting

No	jadwal	waktu pergerakan	tipe pesawat	jarak	kecepatan	ROT	Waktu pemisah (menit)	real time	delay time
1	arr	19:00	B738	1539	142	11	0	19:00:00	
2	arr	19:00	B738	1539	142	11	2	19:02:11	0:02:11
3	dep	19:00	B738	2210	142	16	2	19:02:16	0:02:16
4	dep	19:00	A320	1798	138	13	2	19:06:16	0:06:16
5	dep	19:00	B738	2210	142	16	2	19:08:16	0:08:16
6	dep	19:00	A320	1798	138	13	2	19:10:16	0:10:16
7	dep	19:00	A333	2070	138	15	2	19:12:16	0:12:16
8	dep	19:00	A320	2070	138	15	2	19:14:16	0:14:16
9	arr	19:05	A333	2070	138	15	2	19:16:31	0:11:31
10	arr	19:05	A333	2070	138	15	2	19:18:46	0:13:46
11	arr	19:05	A333	2070	138	15	2	19:21:01	0:16:01
12	arr	19:05	A333	2070	138	15	2	19:23:16	0:18:16
13	arr	19:15	B735	1710	127	13	2	19:25:29	0:10:29
14	arr	19:15	CRJ1000	1800	125	14	2	19:27:43	0:12:43
15	dep	19:20	A320	2070	138	15	2	19:27:58	0:07:58
16	dep	19:20	B738	2210	142	16	2	19:29:58	0:09:58
17	dep	19:20	B738	2210	142	16	2	19:31:58	0:11:58
18	dep	19:20	B738	2210	142	16	2	19:33:58	0:13:58
19	dep	19:20	B738	2210	142	16	2	19:35:58	0:15:58
20	arr	19:25	B773	2701	150	18	2	19:38:26	0:13:26
21	arr	19:25	B773	2701	150	18	2	19:40:44	0:15:44
22	arr	19:25	B773	2701	150	18	2	19:43:02	0:18:02
23	dep	19:25	B739	2210	141	16	2	19:43:18	0:18:18
24	arr	19:30	B738	1539	142	11	2	19:45:29	0:15:29
25	arr	19:30	B738	1539	142	11	2	19:47:40	0:17:40

Tabel 4.15 Lanjutan

26	arr	19:30	B738	1539	142	11	2	19:49:51	0:19:51
27	arr	19:30	B738	1539	142	11	2	19:52:02	0:22:02
28	dep	19:30	B739	2210	141	16	2	19:52:18	0:22:18
29	dep	19:30	ATR72	1350	110	12	2	19:54:18	0:24:18
30	arr	19:35	A320	2070	138	15	2	19:56:33	0:21:33
31	arr	19:40	B739	2210	141	16	2	19:58:49	0:18:49
32	arr	19:40	B739	2210	141	16	2	20:01:05	0:21:05
33	arr	19:40	A320	2070	138	15	2	20:03:20	0:23:20
34	arr	19:40	A320	2070	138	15	2	20:05:35	0:25:35
35	arr	19:40	A320	2070	138	15	2	20:07:50	0:27:50
36	arr	19:40	A320	2070	138	15	2	20:10:05	0:30:05
37	dep	19:40	B735	1710	127	13	2	20:10:18	0:30:18
38	dep	19:40	B738	2210	142	16	2	20:12:18	0:32:18
39	arr	19:50	B738	1539	142	11	2	20:14:29	0:24:29
40	arr	19:50	B738	1539	142	11	2	20:16:40	0:26:40
41	arr	19:50	B738	1539	142	11	2	20:18:51	0:28:51
42	arr	19:50	B738	1539	142	11	2	20:21:02	0:31:02
43	arr	19:50	B738	1539	142	11	2	20:23:13	0:33:13
44	arr	19:50	B738	1539	142	11	2	20:25:24	0:35:24
45	arr	19:50	B738	1539	142	11	2	20:27:35	0:37:35
46	arr	19:50	B738	1539	142	11	2	20:29:46	0:39:46
47	arr	19:50	B738	1539	142	11	2	20:31:57	0:41:57
48	dep	19:50	B773	2701	150	18	2	20:32:25	0:42:25
49	dep	19:55	B773	2701	150	18	2	20:34:25	0:39:25
50	dep	19:55	B773	2701	150	18	2	20:36:25	0:41:25
51	dep	19:55	B773	2701	150	18	2	20:38:25	0:43:25
52	dep	19:55	CRJ1000	1800	125	14	2	20:40:25	0:45:25

Pada tabel 4.11 dapat dilihat bahwa jumlah pesawat selama peak hour mendekati hasil analisis perhitungan kapasitas (50 pergerakan/jam).

Delay rata-rata= jumlah delay time/52 = 00:21:41

4.3 Landasan Pacu

4.3.1 Panjang landasan pacu

Untuk lebih jelasnya panjang runway yang diperlukan untuk semua tipe pesawat yang memakai Bandara I Gusti Ngurah Rai dapat dilihat pada tabel 4.13 Panjang runway tersebut didapat pada saat pesawat dalam keadaan berat maksimum.

Dari tabel 4.13 panjang landasan pacu berdasarkan perhitungan pabrik yang terpanjang adalah landasan pacu takeoff

dengan tipe pesawat Boeing 747 dengan panjang landasan pacu 3020 meter.

Tabel 4.16 Karakteristik pesawat terbang komersial

No	Jenis Pesawat	wingspan (ft)	length (ft)	tail height (ft)	wheelbase (ft)	MOTW (kg)	runway length (m)	speed approach (knot)
1	A300	147.08	175.50	54.86	60.80	347,227	2,621	137
2	A310	144.03	153.16	52.06	49.93	361,557	2,621	139
3	A319	111.88	111.02	39.73	36.23	168,653	2,286	139
4	A320-200	111.88	123.27	39.63	41.47	171,961	2,070	138
5	A330-300	197.83	193.57	59.81	72.77	533,519	2,743	138
6	A340-300	197.83	208.96	55.72	83.27	609,578	2,743	138
7	ATR72	88.75	89.13	25.08	35.33	44,070	1,350	110
8	ATR42	80.58	74.42	24.92	28.83	36,825		104
9	B737-300	94.75	109.58	36.33	40.83	139,500	2,286	135
10	B737-800	112.58	129.50	41.42	51.17	174,200	2,210	142
11	B777-300	199.92	242.33	61.50	102.42	660,000		150
12	B747-400	195.67	231.85	64.25	84.00	610,000	3,506	157
13	F27	95.15	82.21	29.00	31.94	45,900		109
14	F28	77.33	89.92	27.79		65,000		109
15	caasa 212	62.30		20.70		16,976		81
16	MD11	170.50	202.17	58.83	80.75	602,500		153
17	MD82	107.85	147.83	30.17	72.43	149,500		134
18	MD90	107.83	152.58	31.17	77.17	156,000		138

Data-data lain yang diperlukan :

- Ketinggian lokasi dari muka air laut (TML) = 4m
- Gradien efektif (GE) = 0.03%
- To = 28.4°C

Panjang landasan pacu berdasarkan perhitungan pabrik yang terpanjang lalu dikoreksi berdasarkan elevasi, temperatur, gradien efektif. Panjang runway setelah dikoreksi biasa disebut Aeroplane Reference Field Length atau disingkat ARFL.

- Koreksi Elevasi

Menurut ICAO bahwa panjang runway bertambah sebesar 7% setiap kenaikan 300m dihitung dari ketinggian di atas permukaan laut. Maka rumusnya adalah :

$$F_e = 1 + 0.07 \frac{h}{300}$$

$$F_e = 1 + 0.07 \frac{4}{300}$$

$$= 1.00093 \text{ m}$$

- Koreksi Temperatur

Pada temperatur yang tinggi dibutuhkan runway yang lebih panjang sebab temperatur tinggi akan menyebabkan density udara yang rendah. Sebagai temperatur standar adalah 15°C. menurut ICAO panjang runway harus dikoreksi terhadap temperature sebesar 1% untuk setiap kenaikan 1°C. Sedangkan untuk setiap kenaikan 1000m dari permukaan laut rata-rata temperatur turun 6.5°C.

Data temperatur yang didapat dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) tahun 2017 mengenai suhu rata-rata dapat diketahui suhu puncak sebesar 28.4°C.

Dengan dasar ini ICAO menetapkan hitungan koreksi temperatur dengan rumus :

$$F_t = 1 + 0.01 (T - (15 - 0.0065h))$$

$$= 1 + 0.01 (28.4 - (15 - 0.0065(4)))$$

$$= 1.13426 \text{ m}$$

- Koreksi Gradien Efektif

Faktor koreksi kemiringan runway dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$F_s = 1 + 0.1S$$

$$= 1 + 0.1(0.03\%) = 1.003 \text{ m}$$

Jadi panjang runway minimum dengan metode ARFL dihitung dengan persamaan berikut:

$$ARFL = (L_{ro} \times F_e \times F_t \times F_s)$$

$$\begin{aligned}\text{Actual Runway Length} &= (3020 \times 1.00093 \times 1.13426 \times 1.003) \\ &= 3438,9 \text{ m} = 3500 \text{ m}\end{aligned}$$

Panjang runway minimum dengan metode ARFL adalah 3500 m dengan mengikuti arah yang sama sesuai runway yang sudah ada (runway eksisting).

4.3.1 Lebar Runway

ICAO sesuai tabel 2.2 memberikan pedoman dalam menentukan lebar runway berdasarkan kode ARC (Aerodrome Reference Code), maka lebar runway minimum untuk pesawat rencana B747-400 dengan kode ARC yaitu 4D adalah 45 m dengan dilengkapi bahu landasan paling kurang 60 m.

4.3.2 Kemiringan Memanjang (Longitudinal Slope) Runway

Dalam tabel telah ditetapkan persyaratan kemiringan memanjang runway kode angka landasan 4 sebagai berikut ini:

4.3.3 Kemiringan Melintang Runway

Untuk menjamin pengaliran air permukaan yang berada di atas runway perlu kemiringan melintang dengan standar ICAO seperti dijelaskan pada sub bab 2.1.3.3. Dari ketentuan tersebut didapatkan kemiringan melintang untuk runway dengan kode huruf E sebesar 1.5%.

4.3.4 Runway Strip

Lebar total runway strip sesuai dengan kode pesawat yang diidaratkan ICAO yang tercantum pada sub bab 2 adalah sebesar 300 m. Panjang runway strip mengikuti panjang runway dengan tambahan minimum 60 m di ujung runway (atau di ujung runway, jika terdapat stopway).

4.3.5 *Clearway dan stopway*

Clearway terletak di masing-masing ujung runway. Panjang clearway adalah 1750 m, hal ini di sesuaikan dengan ketentuan ICAO, yaitu tidak melebihi $\frac{1}{2}$ panjang runway yang direncanakan ($\frac{1}{2}$ panjang runway = $3500/2 = 1750$ m). lebar clearway sesuai ICAO diambil sebesar 75 m.

Stopway adalah daerah yang terletak pada ujung landasan dan hanya dapat digunakan sebagai tempat berhenti sementara apabila pesawat melakukan gagal *takeoff* di landasan. Stopway ditentukan dalam ICAO dengan kode huruf E sebagai berikut

- Panjang stopway 60 m.
- Lebar stopway 45 m
- Kemiringan dari stopway tiap 30 m sebesar 0.3%.

4.4 **Perencanaan Taxiway**

Taxiway merupakan bagian dari bandara yang sangat penting, pesawat yang akan menuju maupun keluar dari runway dan apron pasti akan melewati taxiway, kecepatan pesawat saat di taxiway tidak sebesar saat pesawat berada di runway akan tetapi taxiway harus di desain sebaik mungkin agar pesawat dapat bergerak dengan baik saat keluar maupun memasuki taxiway dan tidak menyebabkan hambatan yang akan menambah waktu delay.

4.4.1 **Dimensi taxiway**

ICAO memeberikan ketentuan dengan memberikan nilai lebar taxiway, pesawat B747 termasuk dalam kode huruf D sehingga lebar yang ditentukan adalah 25 m dengan jarak bebas minimum sebesar 4,5 m.

4.4.2 **Shoulder Taxiway**

Sama seperti runway, taxiway harus dilengkapi dengan bahu pada kedua sisi, dalam menentukan shoulder taxiway ICAO memberikan ketentuan untuk pesawat dengan kode huruf D yaitu sebesar 44 m, dimana sudah termasuk lebar taxiway 25 m.

4.4.3 Fillet taxiway

Merupakan luasan tambahan yang ditambahkan pada lengkungan agar pesawat tidak keluar dari jalur taxiway yang diperkeras.

Untuk kode D, berdasarkan ketentuan SKEP 77-VI-2005 Dirjen Perhubungan didapatkan ketentuan sebagai berikut:

- Putaran taxiway (R) sejauh 45 m.
- Peralihan ke fillet (L) sejauh 75 m

4.5 Marking Landasan

Marking landasan untuk memudahkan pesawat memakai landasan dan juga untuk alasan keamanan, Bandar udara wajib menandai landasan dengan marking yang sesuai peraturan.

4.5.1 Sumbu landasan

Jarak strip beserta gap diambil jarak masing-masing 50 m, lebar marking runway 0.9 karena Bandara Ngurah Rai termasuk kategori iii runway presisi.

4.5.2 Threshold Marking

Tanda pada threshold runway berjarak 6 m dari ujung runway dengan panjang 30 m dan lebar 12 m 1.8 m dengan jarak antar garis threshold 1.8 m. untuk jumlah garisnya yaitu 12 strip sesuai pada peraturan.

4.5.3 Marking Touchdown Zone

Tanda untuk zona touchdown berbentuk persegi panjang dengan panjang 22.5 m dan lebar 3 m. jarak antar strip 1.5 m. jarak antar touchdown 150 m. banyaknya pasangan berjumlah 6 pasangan karena runway lebih dari 2400 m.

4.6 Imaginary Surface

4.6.1 Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan

Obstacle limitation atau KKOP direncanakan untuk mengurangi resiko kecelakaan dengan di sekitar aerodrome yang membatasi daerah sekitarnya dari halangan yang dapat mengganggu pesawat pada saat akan melakukan take off, landing atau maneuver di udara.

Berdasarkan ICAO Annex 14 dan Karakteristik pesawat yang digunakan yaitu B747 maka desain Bandar Udara I Gusti Ngurah Rai menggunakan precision Approach dengan pesawat kategori 4. Spesifikasi KKOP disesuaikan dengan ketentuan seperti tabel sebagai berikut :

Tabel 4.17 Dimensi KKOP berdasarkan klarifikasi runway

Surface and dimensions ^a (1)	RUNWAY CLASSIFICATION										Category II or III Code number 3,4 (11)
	Non-instrument Code number				Non-precision approach Code number			Precision approach I Code number		3,4 (11)	
	1 (2)	2 (3)	3 (4)	4 (5)	1,2 (6)	3 (7)	4 (8)	1,2 (9)	3,4 (10)		
CONICAL											
Slope	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Height	35 m	55 m	75 m	100 m	60 m	75 m	100 m	60 m	100 m	100 m	100 m
INNER HORIZONTAL											
Height	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m
Radius	2 000 m	2 500 m	4 000 m	4 000 m	3 500 m	4 000 m	4 000 m	3 500 m	4 000 m	4 000 m	4 000 m
INNER APPROACH											
Width	—	—	—	—	—	—	—	90 m	120 m ^c	120 m ^c	120 m ^c
Distance from threshold	—	—	—	—	—	—	—	60 m	60 m	60 m	60 m
Length	—	—	—	—	—	—	—	900 m	900 m	900 m	900 m
Slope	—	—	—	—	—	—	—	2.5%	2%	2%	2%
APPROACH											
Length of inner edge	60 m	80 m	150 m	150 m	150 m	300 m	300 m	150 m	300 m	300 m	300 m
Distance from threshold	30 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m
Divergence (each side)	10%	10%	10%	10%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
First section											
Length	1 600 m	2 500 m	3 000 m	3 000 m	2 500 m	3 000 m	3 000 m	3 000 m	3 000 m	3 000 m	3 000 m
Slope	5%	4%	3.33%	2.5%	3.33%	2%	2%	2.5%	2%	2%	2%
Second section											
Length	—	—	—	—	—	3 600 m ^b	3 600 m ^b	12 000 m	3 600 m ^b	3 600 m ^b	3 600 m ^b
Slope	—	—	—	—	—	2.5%	2.5%	3%	2.5%	2.5%	2.5%
Horizontal section											
Length	—	—	—	—	—	8 400 m ^b	8 400 m ^b	—	8 400 m ^b	8 400 m ^b	8 400 m ^b
Total length	—	—	—	—	—	15 000 m	15 000 m	15 000 m	15 000 m	15 000 m	15 000 m
TRANSITIONAL											
Slope	20%	20%	14.3%	14.3%	20%	14.3%	14.3%	14.3%	14.3%	14.3%	14.3%
INNER TRANSITIONAL											
Slope	—	—	—	—	—	—	—	40%	33.3%	33.3%	33.3%
BALKED LANDING SURFACE											
Length of inner edge	—	—	—	—	—	—	—	90 m	120 m ^c	120 m ^c	120 m ^c
Distance from threshold	—	—	—	—	—	—	—	c	1 800 m ^d	1 800 m ^d	1 800 m ^d
Divergence (each side)	—	—	—	—	—	—	—	10%	10%	10%	10%
Slope	—	—	—	—	—	—	—	4%	3.33%	3.33%	3.33%

(sumber: Annex 14 Aerodrome Design and Operations))

1. **Conical Surface**
Adalah bidang yang diperluas ke samping dan ke atas dari batas inner horizontal dengan kemiringan 5% sampai ketinggian 100 meter. Jarak mendatar conical surface adalah $X = \frac{100}{5\%} = 2000 \text{ m}$
2. **Inner Horizontal Surface**
Adalah bidang khayal horizontal setinggi 45 m dari elevasi aerodrome yang ditinjau. Batas-batasnya dibuat dengan membuat lingkaran dengan jari-jari 4000 m dari satu titik aerodrome
3. **Approach Surface**
Adalah kombinasi beberapa bidang miring yang dimulai dari ujung landasan (sampai jarak tertentu threshold) yang diperpanjang searah sumbu landasan dengan divergensi tertentu yang merupakan ruang udara untuk landing. Kombinasi tersebut terdiri dari jarak threshold 60 m, panjang sisi bagian dalam 300 m dan divergensi tiap sisi 15% dengan bagian pertama memiliki panjang 3000 m dan slope 2% dan bagian kedua memiliki panjang 3600 m dan slope 2.5%.
4. **Inner Approach Surface**
Adalah bagian dari approach surface yang bersebelahan langsung dengan threshold dan berbentuk segi empat memanjang searah sumbu runway dengan ketentuan lebar 120 m, jarak threshold 60 m, panjang 900 m dan slope 2%.
5. **Transitional Surface**
Adalah sebuah permukaan sepanjang sisi strip dan merupakan bagian dari sisi approach surface yang diperluas ke atas dan ke luar dengan kemiringan tertentu

sampai berpotongan dengan inner horizontal surface yaitu dengan kemiringan 14,3%.

6. Inner Transitional Surface

Adalah bidang transisi permukaan yang berdekatan dengan runway dimana batas bawah adalah tepi bahu runway, memanjang sejajar sumbu runway. Salah satu ujungnya berbatasan dengan inner approach dan ujung lainnya berbatasan dengan balked landing. Batas adalah inner horizontal surface yaitu dengan kemiringan 33,3%.

7. Balked Landing Surface

Adalah bidang miring yang terletak pada jarak tertentu dari threshold berbatasan dengan inner transitional surface yaitu dengan ketentuan panjang sisi bagian dalam 120 m, jarak threshold 1800 m, divergensi tiap sisi 10%, slope 3,33%.

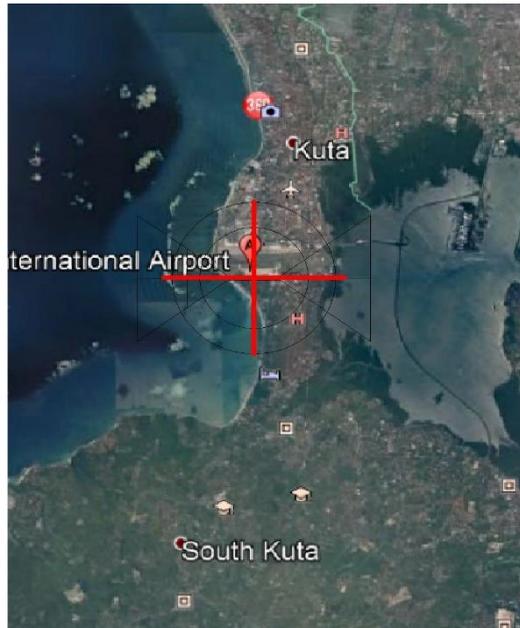
8. Approach Runway

Adalah bidang yang dimulai dari jarak tertentu yaitu dari ujung landasan lalu diperluas kearah atas sampai jarak horizontal tertentu. Permukaan ini disediakan untuk melindungi pesawat yang sedang Approach dengan menunjukkan halangan mana yang harus dihilangkan. Maka untuk pesawat B747 dengan kode 4, panjang sisi bagian dalam 300 m, jarak dari runway 60 m, divergensi tiap sisi 13%, panjang 150000 m dan kemiringan 2%.

4.6.2 Evaluasi KKOP Terhadap Topografi

Evaluasi KKOP dilakukan guna mengetahui apakah ketinggian topografi pada wilayah ini memenuhi keselamatan operasi yaitu tidak melebihi dari batas yang diisyaratkan. Dalam evaluasi ini penulis memilih untuk menggunakan google earth untuk mengetahui elevasi topografi bawah kawasan keselamatan operasi penerbangan. Dalam hal ini ditentukan potongan

memanjang dan melintang pada KKOP seperti gambar. Kemudian dapat dilihat hasil grafik elevasi dari potongan memanjang dan melintang di bawah KKOP.



Gambar 4.10 Menentukan potongan memanjang dan melintang KKOP terhadap topografi (warna merah) (sumber: google earth)



Gambar 4.11 Elevasi potongan memanjang
Sumber: (google earth)



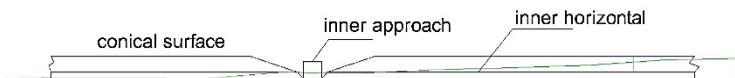
Gambar 4.12 Elevasi potongan melintang

Sumber: (google earth)

Batas ketinggian KKOP dan elevasi topografi pada potongan memanjang dan melintang KKOP dapat digabungkan sehingga dapat diketahui dengan jelas kenampakan KKOP terhadap topografi Bandara I gusti Ngurah Rai. Pada hasil evaluasi KKOP terhadap topografi ditunjukkan pada gambar di bawah



Gambar 4.13 Potongan memanjang KKOP terhadap topografi



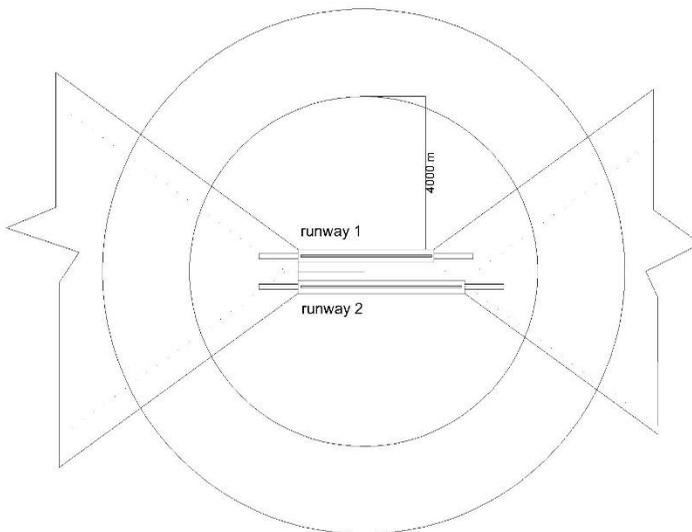
Gambar 4.14 Potongan melintang KKOP terhadap topografi

Pada gambar 4.13 menunjukkan bahwa elevasi topografi tidak melebihi batas ketinggian kawasan keselamatan operasi Bandara Ngurah Rai. Pada gambar 4.14 menunjukkan bahwa elevasi melebihi batas kawasan keselamatan operasional. Berdasarkan SNI 03-7112-2005 tentang kawasan keselamatan operasi penerbangan bahwa bangunan yang berupa benda tidak

bergerak yang sifatnya sementara maupun tetap yang didirikan atau dipasang oleh orang atau yang telah ada secara alami dan menjadi penghalang atau obstacle tetap diperbolehkan sepanjang prosedur keselamatan operasi penerbangan terpenuhi.

4.6.3 Penentuan Lokasi Runway 2

Dalam menentukan lokasi runway berdasarkan KKOP, batasan yang menyatakan bahwa penentuan lokasi tersebut aman adalah apabila didalam wilayah KKOP tidak terdapat objek yang melebihi tinggi dari setiap permukaan KKOP dan apabila KKOP dari runway lama tidak bersinggungan dengan KKOP dari runway baru yang direncanakan.



Gambar 4.15 Perkiraan Penempatan Runway Berdasarkan KKOP

Untuk jarak antara runway 1 dengan runway digolongkan dalam jarak rapat, menengah, dan renggang. Runway berjarak rapat mempunyai jarak dari sumbu ke sumbu antara 700 – 2500

feet. Kapasitas runway ini untuk kondisi VFR antara 100-200 operasi perjam, sedangkan untuk kondisi IFR berkisar antara 50-60 operasi perjam.

Runway berjarak menengah mempunyai jarak dari sumbu ke sumbu antara 2500 – 4300 feet. Kapasitas runway ini untuk kondisi VFR berkisar antara 100 – 200 operasi perjam, sedangkan untuk kondisi IFR berkisar antara 60-75 operasi perjam

Dilihat dari google earth jarak yang memungkinkan untuk runway 2 sebesar 2500 feet atau 762.195 m dari sumbu runway 1. Dapat dilihat seperti gambar berikut



Gambar 4.16 Jarak antara runway 1 dengan runway 2

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Adapun hal-hal yang dapat disimpulkan dari hasil perhitungan dan perencanaan dalam Tugas Akhir ini sebagai berikut

1. Dari perhitungan delay time saat peak hour didapatkan delay rata-rata sebesar 00:21:41
2. Setelah penentuan KKOP dan evaluasi terhadap topografi dapat dilihat bahwa masih tersedia ruang untuk runway 2 walaupun pada potongan melintang terdapat obstacle tetapi tetap diperbolehkan sepanjang prosedur keselamatan operasi penerbangan terpenuhi.
3. Komposisi pesawat yang beroperasi di Bandara Ngurah Rai tipe B : 5%, tipe C : 33% dan tipe D : 62%.
4. Dari hasil analisis kapasitas setelah penambahan runway 2 didapat kapasitas sebesar 100 operasi perjam, sedangkan dari peramalan tahun 2027 63 pergerakan perjam. Karena peak hour rencana masih lebih kecil dari kapasitas rencana maka dari itu panjang runway baru dapat mengurangi kepadatan.

5.2 Saran

Pada Tugas Akhir ini terdapat saran yang penulis ingin berikan :

1. Karena jarak runway 2 menuju ke runway 1 sekitar 1 km maka perlu adanya transportasi menuju terminal.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2005. *SNI 03-7112-2005*
Kawasan Keselamatan Oerasi Penerbangan
- Badan Standarisasi Nasional. (2005). *SNI 03-7095-2005*
Marka dan Rambu Pada Daerah Pergerakan Pesawat Udara di Bandara Udara
- Daniel, 2017. **Evaluasi Potensi Terjadinya Delay pada Sisi Udara Bandara Internasional Juanda Untuk 5 dan 10 Tahun Mendatang**. Surabaya
- Federal Aviation Administration. Advisory Circular AC 150/5320-6D : **Airport Pavement Design and Evaluation** . 1995. US Department of Transportation. Washington, D.C.
- Google Earth: Ngurah Rai Airport
- Horonjeff, Robert and Mc Kelvey, Francis. **Perencanaan dan Perancangan Bandar Udara. Jilid I & II**. 1993. Erlangga. Jakarta.
- Kementrian Perhubungan, 2005, **Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor : SKEP/77/VI/2005 tentang Persyaratan Teknis Pengoperasian Fasilitas Teknik Bandar Udara**.
- Riska, 2016. **Evaluasi Ketersediaan Ruang Udara Dalam Kaitannya Dengan Keselamatan Operasi Penerbangan di Bandara Husein Sastranegara**. Surabaya
- Shellfia. 2013. **Studi Perencanaan Pengembangan Landas Pacu (Runway) dan Landas Hubung (Taxiway) Bandara Abdulrachman Saleh Malang**. Surabaya

Halaman ini sengaja dikosongkan

Lampiran 2 jadwal kedatangan pesawat Bandara I Gusti
 Ngurah Rai tanggal 15 Juni 2018

Flight	Departure	Arrival	Origin
DL 7872	18:05	00:10	ICN Seoul
GA 9965	18:05	00:10	ICN Seoul
WY 5424	21:10	00:10	CGK Jakarta
KE 629	18:05	00:10	ICN Seoul
TK 9360	21:10	00:10	CGK Jakarta
GA 424	21:10	00:10	CGK Jakarta
EY 8147	21:10	00:10	CGK Jakarta
KL 4032	21:10	00:10	CGK Jakarta
GA 9301	18:00	00:30	PVG Shanghai
HX 709	19:20	00:30	HKG Hongkong
9W 4811	19:20	00:30	HKG Hongkong
GA 9773	19:20	00:30	HKG Hongkong
MU 5029	18:00	00:30	PVG Shanghai
JT 2644	18:15	00:35	HGH Hangzhou
CTV 196	21:35	00:35	HLP Jakarta
PR 537	20:55	00:40	MNL

			Manila
GA 652	21:40	00:40	CGK Jakarta
MU 781	16:30	00:50	PEK Beijing
QZ 555	21:50	00:55	KUL Kuala lumpur
FD 398	19:35	01:10	DMK Bangkok
QZ 7534	22:35	01:20	CGK jakarta
GA 7040	06:10	07:00	LOP Praya
CTV 343	06:40	07:10	UPG Ujung Pandang
JT 927	06:00	07:20	UPG Ujung Pandang
JT 34	04:30	07:20	CGK Jakarta
JT 804	05:45	07:40	SUB Surabaya
QF 276	05:00	07:40	SIN Singapura
EK 7588	05:00	07:40	SIN Singapore
GA 897	02:20	07:40	CAN Guangzhou
JQ 117	05:00	07:40	SIN Singapore
5J 279	03:55	07:50	MNL Manila
JT 38	05:00	07:50	CGK Jakarta
GA 815	21:50	07:55	BOM

			Mumbai
IN 9724	06:00	07:55	JOG Yogyakarta
GA 675	06:30	07:55	UPG Ujung Pandang
CTV 680	04:55	07:55	CGK Jakarta
QZ 7510	05:15	08:05	CGK Jakarta
QR 964	17:10	08:10	DOH Doha
IB 7904	17:10	08:10	DOH Doha
BA 6371	17:10	08:10	DOH Doha
CTV 8815	02:15	08:15	KMG Kunming
JT 924	06:00	08:15	SOC Surakarta
IN 274	06:10	08:20	JOG Yogyakarta
JT 30	05:40	08:30	CGK Jakarta
JT 2626	03:15	08:30	CAN Guangzhou
IW 1857	07:50	08:30	LOP Praya
GA 400	05:40	08:40	CGK Jakarta
TK 9362	05:40	08:40	CGK Jakarta
EY 7110	05:40	08:40	CGK Jakarta
IW 1802	06:00	08:45	SRG

			Semarang
ID 6500	06:00	08:45	CGK Jakarta
GA 887	02:10	08:50	CTU Changdu
GA 481	07:20	08:55	LBJ Labuan Bajo
GA 334	06:20	09:00	BDO Bandung
JT 2610	02:50	09:10	CKG Chongqing
IN 641	08:30	09:20	TMC Tambolaka
IN 377	07:45	09:25	SUB Surabaya
IN 276	0745	09:25	SUB Surabaya
MI 176	0700	09:35	SIN Singapore
SQ 5276	07:00	09:35	SIN Singapore
JT 560	07:25	09:40	JOG Yogyakarta
CTV 694	07:55	09:45	SUB Surabaya
IN 9276	08:05	09:45	SUB Surabaya
TR 280	07:15	09:50	SIN Singapore
IW 1831	08:40	10:00	LBJ Labuan Bajo
JT 31	07:20	10:10	CGK Jakarta
GA 438	07:05	10:10	CGK

			Jakarta
TK 9368	07:05	10:10	CGK Jakarta
CTV 682	07:35	10:25	CGK Jakarta
IW 1821	08:35	10:25	MOF Maumere
JT 741	09:10	10:30	UPG Ujung Pandang
XT 8441	08:15	10:40	JOG Yogyakarta
MXD 324	07:35	10:45	KUL Kuala Lumpur
TK 9364	07:45	10:45	CGK Jakarta
GA 402	07:45	10:45	CGK Jakarta
PG 4310	07:45	10:45	CGK Jakarta
GA 250	08:25	10:50	JOG Yogyakarta
JT 659	10:20	10:50	LOP Praya
IW 1889	09:35	10:55	LBJ Labuan Bajo
KL 4030	07:45	11:00	PER Perth
XT 7526	08:00	11:00	CGK Jakarta
GA 727	07:45	11:00	PER Perth
CI 9793	07:45	11:00	PER perth
SQ 938	08:20	11:00	SIN

			Singapore
GA 9745	08:20	11:00	SIN Singapore
MI 5838	08:20	11:00	SIN Singapore
QF 295	07:25	11:05	PER Perth
JQ 110	07:25	11:05	PER Perth
JT 28	08:20	11:10	CGK Jakarta
MXD 178	07:00	11:25	MEL Melbourne
JQ 57	07:20	11:25	BNE Brisbane
QF 259	07:20	11:25	BNE Brisbane
FD 396	06:15	11:30	DMK Bangkok
CTV 192	08:50	11:35	HLP Jakarta
GA 7053	10:50	11:35	LOP Praya
IW 1827	10:25	11:35	BMU Bima
MXD 158	07:15	11:45	BNE Brisbane
ID 6061	08:55	11:45	CGK Jakarta
GA 9701	09:15	11:55	SIN Singapore
MI 5832	09:15	11:55	SIN Singapore
SK 8015	09:15	11:5	SIN

			Singapore
VA 5614	09:15	11:55	SIN Singapore
GA 719	08:00	11:55	MEL Melbourne
XT 635	09:55	11:55	SUB Surabaya
KL 4029	09:15	11:55	MEL Melbourne
SQ 942	09:15	11:55	SIN Singapore
D& 798	09:10	12:00	KUL Kuala Lumpur
GA 461	10:50	12:00	TM Tambolaka
JT 922	10:15	12:05	SUB Surabaya
MH 715	09:00	12:05	KUL Kuala Lumpur
EK 3566	09:00	12:05	KUL Kuala Lumpur
KL 3964	09:00	12:05	KUL Kuala Lumpur
ID 6008	08:30	12:10	PER Perth
MXD 9105	08:30	12:10	PER Perth
MXD 306	09:10	12:15	KUL Kuala Lumpur
IW 1851	11:45	12:15	LOP Praya
XT 7520	09:25	12:20	CGK Jakarta
GA 404	09:35	12:30	CGK

			Jakarta
KL 3971	09:35	12:30	CGK Jakarta
NH 5550	09:35	12:30	CGK Jakarta
TK 9366	09:35	12:30	CGK Jakarta
IN 656	11:35	12:45	LBJ Labuan Bajo
IN 9281	12:10	12:45	DIL Dili
JT 775	10:20	12:50	MDC Manado
SJ 274	10:00	12:50	CGK Jakarta
QZ 503	10:20	12:55	SIN Singapore
GA 266	09:45	13:00	PLM Palembang
JT 904	10:20	13:05	BDO Bandung
GA 342	11:00	13:10	SUB Surabaya
IN 281	12:30	13:15	DIL Dili
IW 1885	11:40	13:15	WGP Waingapu
JQ 43	09:15	13:15	MEL Melbourne
QF 257	09:15	13:15	MEL Melbourne
CTV 444	11:50	13:20	BPN Balikpapan
IW 1833	12:05	13:25	TMC

			Tambolaka
QZ 551	10:25	13:25	KUL Kuala Lumpur
QF 4271	10:55	13:40	SIN Singapore
9W 4575	10:55	13:40	SIN Singapore
3K 241	10:55	13:40	SIN Singapore
GA 653	11:20	13:45	TIM Timika
TR 284	11:15	13:50	SIN Singapore
ID 6512	10:55	13:55	CGK Jakarta
MXD 9106	10:55	13:55	CGK Jakarta
AK 376	10:50	13:55	KUL Kuala Lumpur
GA 451	13:05	14:00	LOP Praya
CTV 7310	13:20	14:10	DIL Dili
XT 8455	12:00	14:15	SOC Surakarta
IN 651	13:30	14:15	BMU Bima
JT 22	11:25	14:20	CGK Jakarta
GA 7037	12:55	14:30	LBJ Labuan Bajo
GA 408	11:30	14:30	CGK Jakarta
PG 4362	11:30	14:30	CGK

			Jakarta
QZ 7532	11:30	14:35	CGK Jakarta
EK 360	01:25	14:35	DXB Dubai
9W 4114	11:50	14:40	SIN Singapore
GA 843	11:50	14:40	SIN Singapore
IW 1837	13:30	14:40	BMU Bima
CTV 684	11:40	14:40	CGK Jakarta
EY 8159	11:50	14:40	SIN Singapore
AF 3929	11:50	14:40	SIN Singapore
SQ 5553	11:50	14:40	SIN Singapore
MI 5943	11:50	14:40	SIN Singapore
MF 9507	11:50	14:40	SIN Singapore
KL 4064	11:50	14:40	SIN Singapore
CI 771	09:15	14:40	TPE Taipei
DL 7726	09:15	14:40	TPE Taipei
GA 9983	09:15	14:40	TPE Taipei
VA 43	10:10	14:45	BNE Brisbane
JT 960	12:00	14:45	BDO

			Bandung
QZ 505	12:15	14:55	SIN Singapore
CTV 696	12:55	14:55	SUB Surabaya
TG 431	09:36	14:55	BKK Bangkok
QZ 9431	09:35	14:55	BKK Bangkok
AA 8915	10:10	15:00	HKG Hongkong
CK 785	10:10	15:00	HKG Hongkong
JL 7931	10:10	15:00	HKG Hongkong
XT 402	08:35	15:00	NRT Tokyo
KL 4047	10:00	15:00	SYD Sydney
GA 715	10:00	15:00	DIL Dili
SJ 271	14:15	15:00	DIL Dili
BR 255	10:00	15:15	TPE Taipei
ID 6412	13:30	15:15	SUB Surabaya
GA 439	13:35	15:20	KOE Kupang
QZ 535	11:30	15:20	PER Perth
JT 910	13:30	15:20	SUB Surabaya
QZ 559	12:15	15:20	KUL

			Kuala Lumpur
JT 36	12:30	15:20	CGK Jakarta
IW 1873	13:30	15:20	SUB Surabaya
EK 3590	12:25	15:30	KUL Kuala Lumpur
EY 2740	12:25	15:30	KUL Kuala Lumpur
KL 4108	12:25	15:30	KUL Kuala Lumpur
MH 851	12:25	15:30	KUL Kuala Lumpur
IN 9661	14:20	15:45	MOF Maumere
IN 9966	15:00	15:50	LBJ labuan Bajo
CTV 692	13:50	15:55	SUB Surabaya
WY 5522	13:10	16:10	CGK Jakarta
QZ 7912	13:20	16:10	BDO Bandung
IN 661	14:50	16:10	MOF Maumere
UX 3275	13:10	16:10	CGK Jakarta
IN 9665	15:25	16:10	LBJ Labuan Bajo
SJ 727	15:00	16:10	UPG ujung Pandang
GA 422	13:10	16:10	CGK Jakarta
IN 250	14:05	16:15	SRG

			Semarang
IW 1841	14:15	16:20	MLG Malang
GA 893	08:55	16:20	PEK Beijing
JT 12	13:30	16:20	CGK Jakarta
CTV 686	13:20	16:20	CGK Jakarta
IN 665	15:35	16:25	LBJ Labuan Bajo
DL 7240	11:45	16:30	SYD Sydney
VA 35	11:45	16:30	SYD Sydney
GA 447	11:45	16:35	SRG Semarang
CTV 194	13:40	16:40	HLP Jakarta
JT 925	15:00	16:45	KOE Kupang
PG 4312	14:25	17:20	CGK Jakarta
GA 883	10:50	17:20	KIX Osaka
GA 9771	12:05	17:02	HKG Hongkong
NH 5473	10:50	17:20	KIX Osaka
9W 4810	12:05	17:20	HKG Hongkong
HX 707	12:05	17:20	HKG Hongkong
IW 1899	16:00	17:20	LBJ

			Labuan Bajo
UX 3271	14:25	17:20	CGK Jakarta
GA 410	14:25	17:20	CGK Jakarta
QR 962	02:30	17:30	DOH Doha
JQ 106	13:50	17:30	PER Perth
BA 6362	02:30	17:30	DOH Doha
QF 287	13:50	17:30	PER Perth
IB 7902	02:30	17:30	DOH Doha
JT 18	14:45	17:30	CGK Jakarta
AM 7400	11:00	17:40	NRT Tokyo
GA 881	11:00	17:40	NRT Tokyo
SU 4096	11:00	17:40	NRT Tokyo
NH 5471	11:00	17:40	NRT Tokyo
GA 7027	16:00	17:40	LBJ Labuan Bajo
CX 5350	12:35	17:45	HKG Hongkong
KA 350	12:35	17:45	HKG Hongkong
EK 451	12:50	17:55	AKL Auckland
XT 8449	15:35	18:00	JOG

			Yogyakarta
JT 745	16:40	18:00	UPG Ujung Pandang
CTV 9682	14:55	18:00	CGK Jakarta
WY 5414	14:55	18:00	CGK Jakarta
GA 414	14:55	18:00	CGK Jakarta
JT 955	17:45	18:05	LOP Praya
SU 4095	11:25	18:10	ICN Seoul
GA 871	11:25	18:10	ICN Seoul
CTV 811	15:05	18:10	BDO Bandung
KE 5629	11:25	18:10	ICN Seoul
XT 7514	15:20	18:25	CGK Jakarta
TR 288	15:45	18:25	SIN Singapore
EY 2741	15:00	18:30	KUL Kuala Lumpur
JT 40	15:40	18:30	CGK Jakarta
EK 3592	15:00	18:30	KUL Kuala Lumpur
JT 40	15:40	18:30	CGK Jakarta
EK 3592	15:00	18:30	KUL Kuala Lumpur
MH 853	15:00	18:30	KUL

			Kuala Lumpur
JT 850	16:20	18:30	SRG Semarang
IW 1963	17:50	18:30	LOP Praya
SJ 1191	12:30	18:30	NKG Nanjing
GA 344	16:25	18:40	SUB Surabaya
GA 252	16:15	18:40	JOG Yogyakarta
AK 378	15:35	18:50	KUL Kuala Lumpur
SJ 260	15:50	18:50	CGK Jakarta
SJ 7270	17:45	18:55	UPG Ujung Pandang
JT 1902	16:15	19:00	BDO Bandung
SQ 946	16:25	19:05	SIN Singapore
GA 9073	16:25	19:05	Sin Singapore
MI 5846	16:25	19:05	SIN Singapore
VA 5616	16:25	19:05	Sin Singapore
IN 3761	17:35	19:15	SUB Surabaya
GA 338	17:10	19:15	SUB Surabaya
GA 9000	16:50	19:25	SUB Surabaya
AF 8220	16:50	19:25	SIN

			Singapore
KL 835	16:50	19:25	SIN Singapore
PG 4314	16:30	19:30	CGK Jakarta
WY 5422	16:30	19:30	CGK Jakarta
GA 420	16:30	19:30	CGK Jakarta
VN 3945	16:30	19:30	CGK Jakarta
QZ 507	17:00	19:35	SIN Singapore
MXD 9115	16:40	19:40	Kul Kuala Lumpur
ID 6017	16:40	19:40	KUL Kuala Lumpur
ID 6033	16:35	19:40	KUL Kuala Lumpur
ID 6516	16:50	19:40	CGK Jakarta
MXD 9108	16:50	19:40	CGK Jakarta

Lampiran 2 jadwal keberangkatan pesawat Bandara I Gusti
Ngurah Rai tanggal 15 Juni 2018

Flight	Departure	Arrival	Destination
EK 399	00:05	05:00	DXB Dubai
XT 7523	00:20	01:15	CGK Jakarta
GA 9725	00:30	05:50	XMN Xiamen
MF 892	00:30	05:50	XMN Xiamen
QR 961	00:35	05:50	DOH Doha
BA 6361	00:35	05:10	DOH Doha
IB 7901	00:35	05:10	DOH Doha
GA 882	00:40	08:30	KIX Osaka
NH 5472	00:40	08:30	KIX Osaka
NH 5470	00:45	08:50	NRT Tokyo
AM 7401	00:45	08:50	NRT Tokyo
GA 880	00:45	08:50	NRT Tokyo
SU 4097	00:45	08:50	NRT Tokyo
CZ 6066	01:00	06:10	SZX Shenzhen
MF 9234	01:10	06:15	CAN

			Guangzhou
CZ 626	01:10	06:15	CAN Guangzhou
GA 9780	01:10	06:15	CAN Guangzhou
SU 4094	01:15	09:15	ICN Seoul
KE 5630	01:15	09:15	ICN Seoul
GA 870	01:15	09:15	ICN Seoul
GA 9964	01:20	09:25	ICN Seoul
DL 7873	01:20	09:25	ICN Seoul
KE 630	01:20	09:25	ICN Seoul
GA 652	01:25	06:00	TIM Timika
GA 9772	01:30	06:30	HKG Hongkong
PR 538	01:30	04:55	MNL Manila
MU 5030	01:30	07:40	PVG Shanghai
GA 9300	01:30	07:40	PVG Shanghai
HX 708	01:30	06:30	HKG Hongkong
9W 4813	01:30	06:30	HKG Hongkong
MU 782	01:35	08:40	PEK Beijing
FD 399	01:35	04:55	DMK

			Bangkok
PG 4311	07:00	07:55	CGK Jakarta
QZ 502	07:00	09:40	SIN Singapore
JT 929	07:00	06:50	SUB Surabaya
QZ 550	07:00	10:00	KUL Kuala Lumpur
JT 11	07:00	07:40	CGK Jakarta
GA 401	07:00	07:55	CGK Jakarta
WY 5401	07:00	07:55	CGK Jakarta
TK 9363	07:00	07:55	CGK Jakarta
QZ 7913	07:05	08:00	BDO Bandung
GA 251	07:10	07:40	JOG Yogyakarta
GA 9262	07:10	07:40	BWN Bandar Sari Bagawan
BI 758	07:10	09:35	BWN Bandar Sari Bagawan
QZ 534	07:10	11:00	PER Perth
JT 561	07:20	07:15	SOC Surakarta
XT 8440	07:20	07:50	JOG Yogyakarta
CTV 193	07:20	08:10	HLP

			Jakarta
9W 4116	07:25	10:00	SIN Singapore
MI 5940	07:25	10:00	SIN Singapore
KL 4060	07:25	10:00	SIN Singapore
MF 9510	07:25	10:00	SIN Singapore
VN 3960	07:25	10:00	SIN Singapore
GA 840	07:25	10:00	SIN Singapore
SQ 5550	07:25	10:00	SIN Singapore
GA 7026	07:30	09:05	LBJ Labuan Bajo
CTV 810	08:00	08:35	BDO Bandung
JT 35	08:00	08:55	CGK Jakarta
IW 1888	08:00	09:15	LBJ Labuan Bajo
CTV 8822	08:20	14:55	NKG Nanjing
CTV 8830	08:20	15:00	WUX Wuxi
JT 805	08:25	09:30	SUB Surabaya
QZ 7511	08:30	09:20	CGK Jakarta
JQ 117	08:30	12:10	PER Perth
QF 276	08:30	12:10	PER

			Perth
5J 280	08:35	12:50	MNL Manila
GA 674	08:40	10:10	UPG Ujung pandang
5J 1134	08:50	14:20	FOC Fuzhou
IN 9280	08:50	11:35	DIL Dili
IW 1826	08:55	10:05	BMU Bima
QZ 558	08:55	11:50	KUL Kuala lumpur
CTV 9685	09:00	09:55	CGK Jakarta
JT 658	09:00	09:25	LOP Praya
QZ 504	09:00	11:45	SIN Singapore
IN 280	09:15	12:00	DIL Dili
JT 31	09:20	10:15	CGK Jakarta
IB 7905	09:25	14:00	DOH Doha
VN 3955	09:25	10:25	CGK jakarta
GA 403	09:25	10:25	CGK jakarta
PG 4313	09:25	10:25	CGK jakarta
WY 5403	09:25	10:25	CGK jakarta

TK 9365	09:25	10:25	CGK jakarta
CTV 7300	09:25	12:20	DIL Dili
BA 6372	09:25	14:00	Doh Doha
QR 965	09:25	14:00	DOH Doha
GA 7052	09:25	10:10	LOP Praya
ID 6501	09:30	10:20	CGK Jakarta
SU 4101	09:40	14:45	HKG Hongkong
GA 856	09:40	14:45	HKG Hongkong
HX 1956	09:40	14:45	HKG Hongkong
JT 2621	09:45	15:30	CSX Changhsa
GA 341	09:45	10:10	SUB Surabaya
IW 1884	09:50	11:20	WGP Waingapu
IN 650	10:05	10:50	BMU Bima
IN 654	10:05	11:00	LBJ Labuan Bajo
JT 2619	10:15	16:05	WUH Wuhan
CTV 695	10:15	10:05	SUB Surabaya
IW 1832	10:20	11:45	TMC Tambaloka

IN 9660	10:20	11:40	MOF Maumere
SQ 5275	10:25	13:00	SIN Singapore
MI 175	10:25	13:00	SIN Singapore
JT 569	10:25	10:40	JOG Yogyakarta
IN 660	10:35	11:55	MOF Maumere
SJ 270	10:40	13:35	DIL Dili
JT 17	10:50	11:45	CGK Jakarta
TR 281	10:50	13:25	SIN Singapore
GA 800	10:55	18:05	CGO Zhangzhou
GA 438	10:55	12:50	KOE Kupang
IW 1850	10:55	11:25	LOP Praya
GA 7036	11:00	12:25	LBJ Labuan Bajo
XT 8454	11:05	11:30	SOC Surakarta
JT 746	11:20	12:30	UPG Ujung pandang
GA 450	11:20	12:20	LOP Praya
XT 7527	11:25	12:15	CGK Jakarta
IW 1820	11:25	13:25	MOF

			Maumere
MXD 325	11:35	14:35	KUL Kuala Lumpur
JT 924	11:45	13:30	KOE Kupang
JT 29	11:50	12:45	CGK Jakarta
QF 296	11:50	15:30	PER Perth
JQ 109	11:50	15:30	PER Perth
GA 9744	11:55	14:35	SIN Singapore
MI 5839	11:55	14:35	SIN Singapore
SQ 939	11:55	14:35	SIN Singapore
EY 7109	12:00	12:55	CGK Jakarta
FD 397	12:00	15:25	DMK Bangkok
WY 5407	12:00	12:55	CGK Jakarta
IW 1836	12:00	13:10	BMU Bima
TK 9367	12:00	12:55	CGK Jakarta
GA 407	12:00	12:55	CGK Jakarta
PG 4363	12:00	12:55	CGK Jakarta
JT 851	12:10	12:20	SRG Semarang
CTV 195	12:15	13:10	HLP

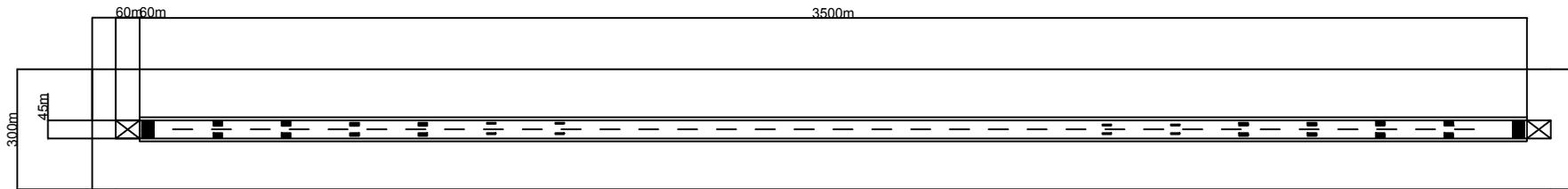
			Jakarta
CTV 697	12:15	12:15	SUB Surabaya
XT 636	12:20	12:30	SUB Surabaya
MXD 178	12:25	15:25	KUL Kuala lumpur
WY 5409	12:45	13:45	CGK Jakarta
JQ 58	12:45	20:10	BNE Brisbane
XT 7521	12:45	13:35	CGK Jakarta
GA 409	12:45	13:45	CGK Jakarta
PG 4315	12:45	13:45	CGK Jakarta
TK 9369	12:45	13:45	CGK Jakarta
MXD 158	12:45	1545	KUL Kuala lumpur
QF 258	12:45	20:10	BNE Brisbane
ID 6413	12:45	12:35	SUB Surabaya
IW 1830	12:50	14:10	LBJ Labuan bajo
GA 460	12:50	14:00	TMC Tambaloka
JT 923	12:50	12:40	SUB Surabaya
JT 736	12:50	12:40	SUB Surabaya
ID 6005	12:55	16:20	PER

			Perth
EY 2716	12:55	15:55	KUL Kuala lumpur
EK 3565	12:55	15:55	KUL Kuala lumpur
MH 714	12:55	15:55	KUL Kuala lumpur
MI 5833	13:05	15:45	SIN Singapore
GA 9072	13:05	15:45	SIN Singapore
SQ 943	13:05	15:45	SIN Singapore
GA 446	13:05	13:30	SRG Semarang
TK 8179	13:05	16:05	KUL Kuala lumpur
VA 5615	13:05	16:45	SIN Singapore
MXD 305	13:05	16:05	KUL Kuala lumpur
GA 335	13:20	14:15	BDO Bandung
QZ 506	13:25	16:20	SIN Singapore
IN 9964	13:30	14:25	LBJ Labuan Bajo
SJ 275	13:35	14:15	CGK Jakarta
D7 799	13:35	16:35	KUL Kuala lumpur
JT 905	13:35	14:40	BDO Bandung
IW 1840	13:40	13:50	MLG

			Malang
GA 267	13:40	15:05	PLM Palembang
JT 41	13:50	14:40	CGK Jakarta
CTV 445	13:50	15:35	BPN Balikpapan
QZ 544	13:55	17:55	PER Perth
GA 347	13:55	14:20	SUB Surabaya
IW 1898	13:55	15:15	LBJ Labuan baj
JT 776	14:00	16:30	MDC Manado
IN 664	14:01	15:05	LBJ Labuan Bajo
IN 9664	14:15	15:00	LBJ Labuan Bajo
AK 377	14:25	17:25	KUL Kuala lumpur
3K242	14:25	17:10	SIN singapore
9W 4576	14:25	17:10	SIN singapore
GA 484	14:25	15:55	LBJ Labuan Bajo
QF 4270	14:25	17:10	SIN singapore
TR 285	14:30	17:10	SIN singapore
GA 653	14:30	15:30	CGK Jakarta
XT 8448	14:40	15:10	JOG

			Yogyakarta
JQ 44	14:50	22:15	MEL Melbourne
QF 256	14:50	22:15	MEL Melbourne
GA 253	14:55	15:30	JOG Yogyakarta
JT 23	14:55	16:00	CGK Jakarta
IN 640	15:00	15:50	TMC Tambolaka
IW 1848	15:00	15:40	LOP Praya
QZ 7531	15:00	15:55	CGK Jakarta
ID 6513	15:30	16:10	CGK Jakarta
MXD 9107	15:30	16:10	CGK Jakarta
KL 4055	15:35	16:35	CGK Jakarta
TK 9371	15:35	16:35	CGK Jakarta
GA 411	15:35	16:35	CGK Jakarta
MI 5942	15:40	18:25	SIN Singapore
MF 9508	15:40	18:25	SIN Singapore
GA 9982	15:40	21:05	TPE taipei

Halaman ini sengaja dikosongkan



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK
SIPIIL, LINGKUNGAN, DAN
KEBUMIHAN

TUGAS AKHIR

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Ervina Ahyudanari, ME., PhD

MAHASISWA

Septiana Rachmawati
0311114000159

GAMBAR

NAMA
GAMBAR

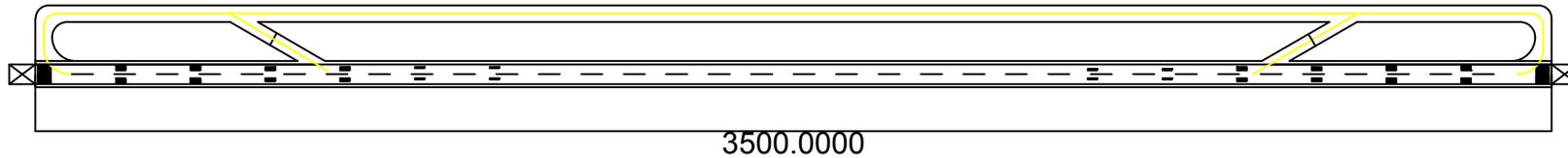
Marking Runway

SKALA
GAMBAR

1 : 100

NOMOR
GAMBAR

TOTAL
GAMBAR



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK
SIPIL, LINGKUNGAN, DAN
KEBUMIHAN

TUGAS AKHIR

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Ervina Ahyudanari, ME., PhD

MAHASISWA

Septiana Rachmawati
0311114000159

GAMBAR

NAMA
GAMBAR

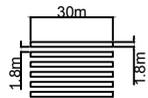
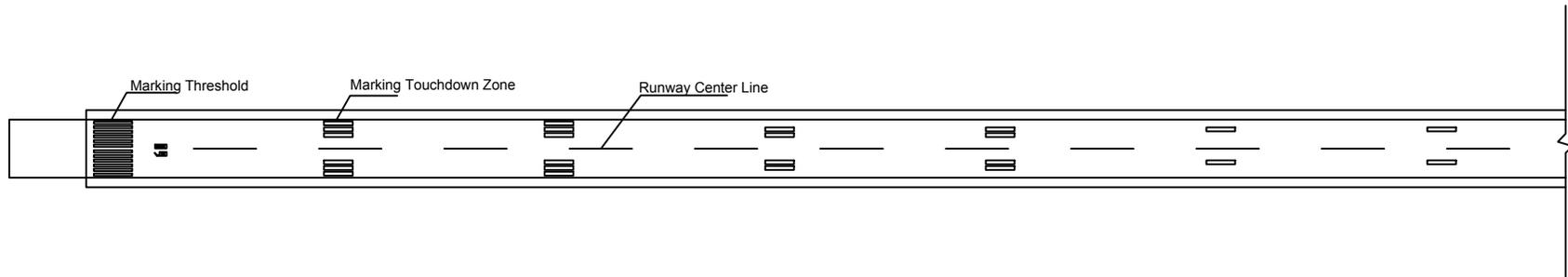
SKALA
GAMBAR

NOMOR
GAMBAR

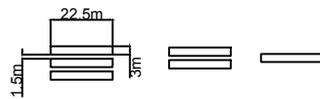
TOTAL
GAMBAR

Layout Runway
dan Taxiway

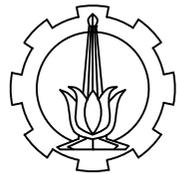
1 : 100



Marking Threshold



Marking Touchdown Zone



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK
SIPIIL, LINGKUNGAN, DAN
KEBUMIHAN

TUGAS AKHIR

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Ervina Ahyudanari, ME., PhD

MAHASISWA

Septiana Rachmawati
0311114000159

GAMBAR

NAMA
GAMBAR

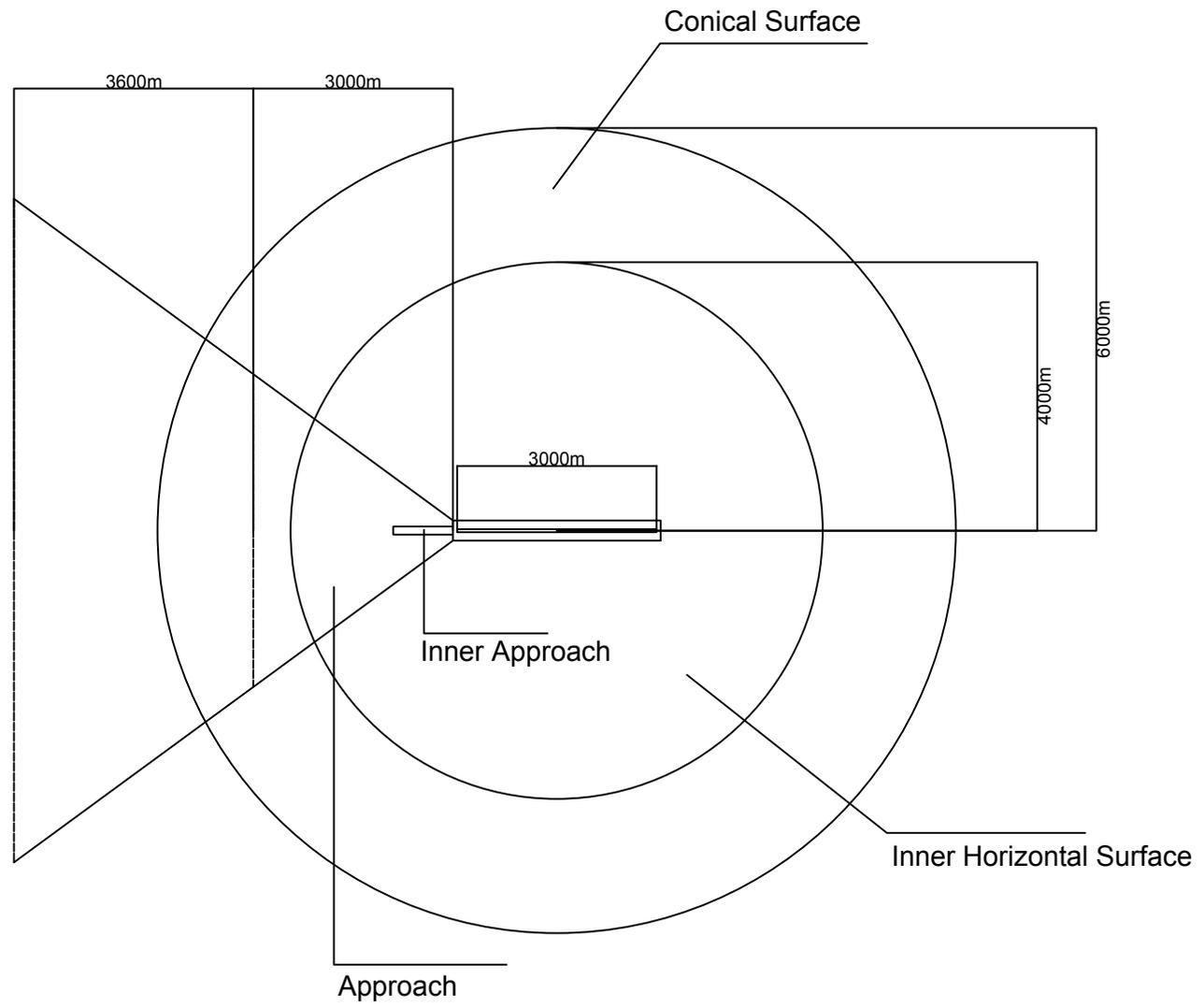
SKALA
GAMBAR

NOMOR
GAMBAR

TOTAL
GAMBAR

Marking Runway

1 : 100



KKOP
SKALA 1 : 500



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK
 SIPIL, LINGKUNGAN, DAN
 KEBUMIHAN

TUGAS AKHIR

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Ervina Ahyudanari, ME., PhD

MAHASISWA

Septiana Rachmawati
 0311114000159

GAMBAR

NAMA GAMBAR	SKALA GAMBAR	NOMOR GAMBAR	TOTAL GAMBAR
KKOP	1 : 100		



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



Form AK/TA-04
rev01

NAMA PEMBIMBING	:	
NAMA MAHASISWA	:	Septiana Rachmawati
NRP	:	
JUDUL TUGAS AKHIR	:	
TANGGAL PROPOSAL	:	
NO. SP-MMTA	:	

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.		Analisa kondisi existing	Meneruskan ke selanjutnya	
2.		Perhitungan peak hour karena data tidak lengkap	membuat tabel agar rencana dibuat perbandingan	
3.		Geometri runway	Kapan melanjutkan KKOP	
4.		KKOP	lanjut lampiran	