



TESIS

ANALISIS PENGARUH *PERGESERAN RUNWAY HOLDING POSITION TERHADAP RUNWAY OCCUPANCY TIME DAN RUNWAY CAPACITY*
(STUDI KASUS: BANDARA INTERNASIONAL JUANDA)

CAHYANING SETYARINI
NRP 3116 206 004

DOSEN PEMBIMBING:
Ir. Ervina Ahyudanari, ME., Ph.D.

PROGRAM MAGISTER
MANAJEMEN DAN REKAYASA TRANSPORTASI
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018



THESIS

**ANALYSIS ON THE EFFECT OF *DISPLACED
RUNWAY HOLDING POSITION TOWARD
RUNWAY OCCUPANCY TIME AND RUNWAY
CAPACITY***
(CASE STUDY: JUANDA INTERNATIONAL AIRPORT)

CAHYANING SETYARINI
NRP 3116 206 004

SUPERVISOR:
Ir. Ervina Ahyudanari, ME., Ph.D.

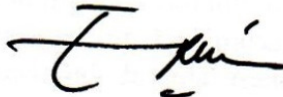
MASTER PROGRAM
MANAGEMENT AND TRANSPORTATION ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ENVIRONMENT AND GEOSCIENCE
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

**Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (M.T)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya**

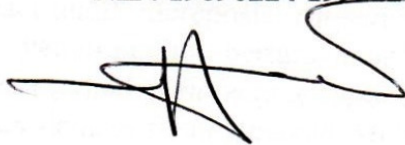
**Oleh:
Cahyaning Setyarini
Nrp. 3116206004**

**Tanggal Ujian : 4 Januari 2018
Periode Wisuda : Maret 2018**

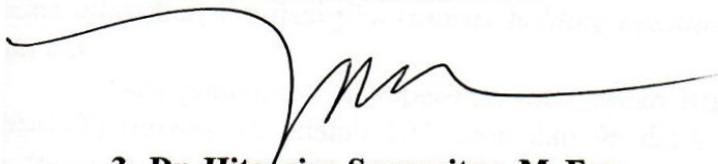
Disetujui oleh :



**1. Ir. Ervina Ahyudanari, ME., Ph.D (Pembimbing)
NIP: 19690224 199512 2 001**



**2. Ir. Hera Widyastuti, MT, Ph.D (Penguji I)
NIP: 19600828 198701 2 001**



**3. Dr. Hitapriya Suprayitno, M. Eng (Penguji II)
NIP: 19541103 198601 1 001**

**Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan
Kebumihan (FTSLK)**

Dekan,




**J.D.A.A. Warmadewanthi, ST. MT. Ph.D
NIP.19750212 199903 2 001**

ANALISIS PENGARUH PERGESERAN *RUNWAY HOLDING POSITION* TERHADAP *RUNWAY OCCUPANCY TIME* DAN *RUNWAY CAPACITY* (STUDI KASUS: BANDARA INTERNASIONAL JUANDA)

Nama mahasiswa : Cahyaning Setyarini
NRP : 3116206004
Pembimbing : Ir. Ervina Ahyudanari, M.E., Ph.D.

ABSTRAK

Bandara Internasional Juanda telah mengalami peningkatan jumlah penumpang, barang dan pergerakan pesawat selama 5 tahun terakhir dengan rata-rata pertumbuhan jumlah penumpang sebesar 7,7% per tahun, pertumbuhan jumlah kargo 2,3% per tahun dan pertumbuhan jumlah pergerakan pesawat 6,3% per tahun. Dengan adanya peningkatan ini pihak pengelola Bandar Udara Juanda dituntut untuk meningkatkan kapasitas bandara baik dari sisi darat maupun sisi udara.

Kapasitas merupakan parameter penting dari kinerja suatu bandara. Bandara Internasional Juanda memiliki satu *runway* dengan kapasitas 33 pesawat/jam (sumber : Airnav Indonesia, 2015). Kondisi permukaan taxiway Bandar Udara Juanda yang mengalami kerusakan mendorong pihak pengelola bandara untuk mereposisi *runway holding position* di taxiway N1 ke taxiway NP2. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari pergeseran tersebut terhadap *runway occupancy time* dan *runway capacity* Bandar Udara Juanda dengan menggunakan Metode DORATASK. Selain itu juga ditinjau pengaruh pergeseran *runway holding position* terhadap *fuel consumption aircraft*. Untuk mengetahui letak *runway holding position* yang paling efektif, maka dilakukan simulasi jika *runway holding position* digeser ke taxiway N2 dan N3.

Dari penelitian ini diperoleh nilai Mean Runway Occupancy Time (MROT) runway 10 adalah 102 detik dan 96 detik untuk runway 28. Dari perhitungan *runway capacity* didapatkan nilai *runway capacity* akibat pergeseran *runway holding position* berkurang 3 pergerakan/jam yaitu 30 pergerakan/jam. Pergeseran *runway holding position* juga berpengaruh terhadap *fuel consumption aircraft*. Peningkatan ROTT akibat pergeseran runway holding position telah menyebabkan penambahan *fuel consumption aircraft* untuk tiap-tiap kategori pesawat. Dari hasil analisis diperoleh besarnya waktu tempuh (*taxiing time*) dari taxiway N2 dan N3 lebih besar dari taxiway NP2 ke threshold runway 10. Waktu tempuh dari taxiway NP2 ke threshold runway 10 adalah 64 detik, N2 ke threshold sebesar 207 detik dan taxiway N3 ke threshold runway 10 adalah 337 detik. Dari hasil penelitian ini jelas nampak bahwa pergeseran runway holding position mengakibatkan penurunan kinerja runway.

Kata kunci: runway occupancy time, kapasitas runway, pergeseran lokasi runway holding position.

**ANALYSIS OF THE EFFECT OF DISPALCED RUNWAY
HOLDING POSITION TOWARD RUNWAY OCCUPANCY
TIME AND RUNWAY CAPACITY
(CASE STUDY: JUANDA INTERNASIONAL AIRPORT)**

Name : Cahyaning Setyarini
NRP : 3116206004
Supervisor : Ir. Ervina Ahyudanari, M.E., Ph.D.

ABSTRACT

For the last five years Juanda International Airport increases the number of passengers, cargo and aircraft movements up to 7.7%, 2.3% and 6.3% per year respectively. With this escalation the airport operator is required to increase the capacity of the airport both the landside and the air side.

Capacity is an important parameter of an airport's performance. Juanda International Airport has single runway with a capacity of 33 aircraft / hour (source: Airnav Indonesia 2015). The defect of runway and taxiway surface at Juanda Airport prompted the airport management to displace the runway holding position on the taxiway N1 to the taxiway NP2. This study aims to determine the effect of that diplacement to runway occupancy time and runway capacity of Juanda Airport by using DORATASK Method. Besides, it also reviewed the effect of dispalcement on aircraft fuel consumption. To determine the the most effective location of runway holding position, simulations are performed if the runway holding position is shifted to the N2, N3 and the new taxiway at the end of R10 threshold.

This research results the Mean Runway Occupancy Time (MROT) for runway 10 is 102 seconds and 96 seconds for runway 28. The runway capacity value due to displaced runway holding position is decreased 3 movement / hour become 30 movement / hour. ROTT due to that displacement has led to addition of fuel consumption aircraft for each category of aircraft. From analisys obtained the taxiing time from taxiway N2 and N3 is greater than taxiway NP2 to threshold runway 10. The travel time from taxiway NP2 to threshold runway 10 is 64 seconds, N2 to threshold is 207 seconds and taxiway N3 to threshold runway 10 is 337 seconds. Therefore, the displacement of runway holding position reduces runway performance.

Keywords: airside, runway occupancy time, runway capacity, displaced runway holding position

KATA PENGANTAR

Tertulis segala syukur penulis rangkai kepada Allah SWT yang melancarkan semua urusan sehingga penulis dapat menyelesaikan rangkaian tesis ini yang berjudul “ANALISIS PENGARUH PERGESERAN RUNWAY HOLDING PSITION TERHADAP RUNWAY OCCUPANCY TIME DAN RUNWAY CAPACITY (STUDI KASUS: BANDARA INTERNASIONAL JUANDA)” dengan lancar dengan beberapa kekurangan dan kelebihannya.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tesis ini tidak terlepas dari bantuan, arahan dan bimbingan dari berbagai pihak baik langsung maupun tidak langsung. Sehingga penulis berucap terima kasih banyak kepada:

1. Kedua orang tua yang tidak henti-hentinya mendoakan, memberikan dukungan baik moril maupun materi sehingga tesis ini dapat terselesaikan dengan baik.
2. Suami tercinta yang selalu memberikan dukungan, motivasi dan pengertian yang luar biasa sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini tepat pada waktunya.
3. Ibu Ir. Ervina Ahyudanari, M.E., Ph.D. selaku dosen pembimbing tesis yang senantiasa meluangkan waktu, mendengarkan keluh kesah, memberikan wawasan, membimbing dan mengarahkan sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan baik.
4. Ibu Ir. Hera Widyastuti, MT., Ph.D. selaku dosen penguji yang telah membantu kelancaran tugas, membimbing dan mengarahkan sehingga tesis ini dapat terselesaikan dengan baik.
5. Bapak Dr. Ir. Hitapriya Suprayitno, M.Eng. selaku dosen penguji tesis yang telah memberikan arahan dan kritik yang membangun sehingga tesis ini dapat terselesaikan.
6. Segenap dosen dan staff Program Pascasarjana Teknik Sipil ITS yang mendidik, memberikan ilmu, pengalaman serta atas segala pelayanan yang diberikan.

7. Teman-teman MRT ITS 2016 yang selalu memberikan dukungan.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari kesempurnaan. Sehingga diharapkan saran yang membangun demi kesempurnaan tesis ini. Semoga tesis ini bisa bermanfaat baik sebagai bacaan maupun referensi.

Surabaya, 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
ABSTRAK.....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	5
1.3 Manfaat Penelitian.....	6
1.4 Ruang Lingkup Penelitian.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1 Bandar Udara.....	9
2.2 Fasilitas Sisi Udara.....	10
2.3 Pergerakan Pesawat.....	17
2.3.1 Proses Keberangkatan Pesawat.....	19
2.3.2 Proses Kedatangan Pesawat.....	20
2.4 Kapasitas Runway.....	21
2.4.1 Runway Occupancy Time (ROT).....	22
2.4.2 Faktor Yang Mempengaruhi Kapasitas Runway.....	24
2.5 Sistem Navigasi Transportasi Udara.....	38
2.5.1 Fasilitas Navigasi di Bandara.....	38
2.5.2 Pemandu Lalu lintas Bandar.....	39
2.5.3 Jenis Pelayanan Pemandu Lalu Lintas Udara.....	40
2.5.4 Sistem Pendaratan Pesawat.....	43
2.6 Separasi Pesawat.....	44

2.7	Karakteristik Pesawat.....	46
2.8	Perhitungan Bahan Bakar Operasi Pesawat.....	48
2.9	Hubungan Kapasitas Dan Delay.....	49
2.10	Penelitian Terdahulu.....	50
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN.....	53
3.1	Lokasi Penelitian.....	53
3.2	Spesifikasi Bandara.....	54
3.3	Layout Bandara.....	55
3.4	Rancangan Penelitian.....	58
3.4.1	Identifikasi Permasalahan.....	59
3.4.2	Studi Literatur.....	59
3.4.3	Pengumpulan Data.....	59
3.4.4	Analisis dan Evaluasi.....	61
3.4.5	Kesimpulan.....	61
BAB IV	PEMBAHASAN DAN ANALISIS.....	63
4.1	Penentuan Peak Hour.....	63
4.2	Perhitungan Runway Occupancy Time.....	66
4.3	Perhitungan Runway Capacity.....	78
4.4	Perhitungan pengaruh pergeseran <i>runway holding position</i> terhadap <i>fuel consumption aircraft</i>	93
4.5	Analisis runway holding position di taxiway N2 dan N3.....	95
4.5.1	Pengukuran jarak taxiway terhadap runway.....	95
4.5.2	Perhitungan Waktu Taxiing.....	98
4.6	Diskusi.....	101
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN.....	103
5.1	Kesimpulan.....	103
5.2	Saran.....	104
	DAFTAR PUSTAKA.....	xvi
	BIODATA PENULIS.....	xix

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Layout Fasilitas Sisi Udara Bandar Udara Juanda.....	3
Gambar 1.2	Layout Runway Holding Position N1.....	4
Gambar 1.3	Posisi Runway Holding Position NP2.....	4
Gambar 2.1	Bagian-bagian sistem bandara untuk suatu bandara yang besar.....	11
Gambar 2.2	Fase Penerbangan.....	17
Gambar 2.3	Proses Keberangkatan Pesawat.....	20
Gambar 2.4	Proses Kedatangan Pesawat.....	21
Gambar 2.5	Runway Occupancy Time Take Off.....	22
Gambar 2.6	Runway Occupancy Time Landing.....	23
Gambar 2.7	Runway Capacity and Annual Service Volume.....	27
Gambar 2.8	Konsep Diagram Waktu dan Jarak.....	30
Gambar 2.9	Diagram Perhitungan Runway Capacity.....	37
Gambar 2.10	Wilayah FIR Indonesia.....	42
Gambar 3.1	Fasilitas Sisi Udara Bandara Internasional Juanda	54
Gambar 3.2	Runway Bandara Internasional Juanda.....	56
Gambar 3.3	Apron terminal 1.....	57
Gambar 3.4	Apron terminal 2.....	57
Gambar 3.5	Maskapai penerbangan yang dilayani Bandara.....	58
Gambar 3.6	Proses Pelaksanaan survey.....	61
Gambar 3.7	Flowchart Penyusunan Tesis.....	62
Gambar 4.1	Proses Perhitungan ROTT.....	66
Gambar 4.2	Proses Perhitungan ROTL.....	67
Gambar 4.3	Diagram Perhitungan Runway Capacity dengan DORATASK.....	81
Gambar 4.4	Layout taxiway NP2, N2 dan N3.....	96
Gambar 4.5	Model Pergerakan Pesawat dari Taxiway N2.....	97
Gambar 4.6	Model Pergerakan Pesawat dari Taxiway N3.....	97

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Lebar Minimum Runway.....	12
Tabel 2.2	Lebar Minimum Taxiway.....	13
Tabel 2.3	Jarak minimum Runway Holding Position.....	16
Tabel 2.4	Dimensi Apron.....	17
Tabel 2.5	Kategorisasi Pesawat Untuk Perhitungan ROT.....	23
Tabel 2.6	Batas Kecepatan Pesawat Saat Holding.....	44
Tabel 2.7	Jarak Minimum Arrival-Arrival.....	45
Tabel 2.8	Jarak Minimum Departure-Departure.....	45
Tabel 2.9	Jarak minimum Arrival-Arrival pada kondisi VMC.....	46
Tabel 2.10	Jarak Minimum Departure-Departure pada Kondisi VMC.....	46
Tabel 2.11	Karakteristik Pesawat.....	47
Tabel 2.12	Rata- rata Konsumsi Bahan Bakar Pesawat Jet.....	49
Tabel 2.13	Analisa Research Gap.....	52
Tabel 3.1	Sudut dan Jarak Exit Taxiway.....	56
Tabel 4.1	Data Peak Hour.....	65
Tabel 4.2	Runway Occupancy Times during Take Off (ROTT) runway 10.....	67
Tabel 4.3	Runway Occupancy Times during Take Off (ROTT) runway 28.....	70
Tabel 4.4	Mean ROTT (MROTT) runway 10.....	71
Tabel 4.5	Mean ROTT (MROTT) runway 28.....	71
Tabel 4.6	Runway Occupancy Time Landing (ROTL) runway 10	72
Tabel 4.7	Runway Occupancy Time Landing (ROTL) runway 28	74
Tabel 4.8	Mean ROTL (MROTL) runway 10.....	75
Tabel 4.9	Mean ROTL (MROTL) runway 28.....	75
Tabel 4.10	Aircraft Mix Runway Occupancy Time (AMROT).....	76
Tabel 4.11	Aerodrome Percentage Utilisation by Aircraft Category	76

	(MIX) runway 10.....	
Tabel 4.12	Aerodrome Percentage Utilisation by Aircraft Category (MIX) runway 28.....	77
Tabel 4.13	Mean Runway Occupancy Time (MROT) runway 10....	77
Tabel 4.14	Mean Runway Occupancy Time (MROT) runway 28....	78
Tabel 4.15	Physical Capacity per Runway (PCR).....	82
Tabel 4.16	Runway Utilisation Percentage (UP).....	83
Tabel 4.17	Aerodrome physical capacity (APC).....	83
Tabel 4.18	Collective Flight Time between OM and THR (T) Runway 10.....	84
Tabel 4.19	Collective Flight Time between OM and THR (T) Runway 28.....	86
Tabel 4.20	Flight Time between OM and THR (T) Runway 10.....	87
Tabel 4.21	Flight Time between OM and THR (T) Runway 28.....	88
Tabel 4.22	Avarage Speed (AV) Runway 10.....	88
Tabel 4.23	Avarage Speed (AV) Runway 28.....	89
Tabel 4.24	Mean Speed in the Final Approach (MV).....	89
Tabel 4.25	Safety Separation (SS).....	90
Tabel 4.26	Total Separation Between Two Consecutive Landings (TS).....	90
Tabel 4.27	Weighted Time Between 2 Consecutive Landing (MTTS).....	91
Tabel 4.28	The number of Landings in One-Hour Interval (P).....	91
Tabel 4.29	The number of take-offs in one hour interval (D).....	92
Tabel 4.30	Theoretical Runway Capacity (TRC).....	92
Tabel 4.31	Rekapitulasi selisih ROTT runway 10 dan runway 28....	94
Tabel 4.32	Rata-rata konsumsi bahan bakar pesawat jet.....	94
Tabel 4.33	Perhitungan <i>Fuel Consumption</i> akibat <i>pergeseran runway holding position</i>	95
Tabel 4.34	Jarak Runway-Taxiway Terminal 1.....	96
Tabel 4.35	Jarak taxiing pesawat dari taxiway N2 dan N3 ke runway 10.....	98

Tabel 4.36	Asumsi kecepatan taxiing berdasarkan kategori pesawat.....	98
Tabel 4.37	Waktu tempuh dari taxiway ke runway 10.....	100

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A	LAYOUT BANDARA JUANDA
LAMPIRAN B	HASIL SURVEY ROTT
LAMPIRAN C	HASIL SURVEY ROTL

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bab 1 ini akan dibahas mengenai landasan awal yang menjadi maksud dan tujuan dalam penulisan penelitian. Adapun landasan awal penelitian ini terdiri atas latar belakang penulisan penelitian yang dilanjutkan perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan batasan masalah dari penelitian ini.

1.1. Latar Belakang

Transportasi udara di Indonesia telah mengalami perkembangan yang sangat pesat dalam satu dekade terakhir. Pemicu pesatnya perkembangan tersebut antara lain adalah adanya konsep *Low Cost Carrier* yang telah merubah aturan main dalam industri penerbangan. *Low Cost Carrier* adalah konsep di mana maskapai penerbangan memiliki tarif lebih rendah dengan mengurangi beberapa kenyamanan. Layanan yang ditawarkan dalam konsep ini adalah layanan yang minimum (*no frill*), seperti menghilangkan layanan makanan, mengurangi batasan berat bagasi, jarak antar kursi yang pendek dan pemesanan tiket yang harus dilakukan jauh hari sebelum keberangkatan, sehingga tarif yang ditawarkan semakin terjangkau oleh hampir semua lapisan masyarakat dan mampu bersaing dengan moda transportasi lain. Pertumbuhan jumlah penumpang menuntut pemerintah dan pengelola bandara untuk membangun dan mengembangkan bandara-bandara yang ada di Indonesia.

Salah satu bandara di Indonesia yang mengalami pertumbuhan jumlah penumpang yang cukup signifikan adalah Bandara Juanda Surabaya. Hal ini terjadi karena letak Bandara Juanda yang sangat strategis. Surabaya merupakan Ibu Kota Provinsi Jawa Timur, kota industri dan perdagangan, serta pintu gerbang pergerakan orang dan barang menuju Indonesia Timur. Faktor lain yang mendukung tingginya pertumbuhan penumpang adalah pertumbuhan ekonomi Provinsi Jawa Timur yang selalu diatas rata-rata pertumbuhan ekonomi nasional selama beberapa tahun terakhir.

Bandara Internasional Juanda telah mengalami peningkatan jumlah penumpang, barang dan pergerakan pesawat selama 5 tahun terakhir dengan rata-rata pertumbuhan jumlah penumpang sebesar 7,7% per tahun, pertumbuhan jumlah kargo 2,3% per tahun dan pertumbuhan jumlah pergerakan pesawat 6,3% per tahun. Dengan adanya peningkatan ini pihak pengelola Bandar Udara Juanda dituntut untuk melakukan optimalisasi kapasitas bandara baik dari sisi darat maupun sisi udara.

Dengan pertumbuhan penumpang yang semakin pesat, maka pergerakan di sisi udara dan sisi darat bandara semakin padat, sedangkan kapasitas sisi darat dan sisi udara mempunyai keterbatasan dalam melayani pergerakan pesawat dan penumpang. Dampak dari ketidakseimbangan antara kondisi eksisting dengan kapasitas riil adalah sering terjadi antrian baik di sisi darat maupun di sisi udara. Di sisi darat, sering kali kita melihat penumpang yang berjubel karena harus mengantri giliran di layanan *check in*, *boarding gate* dan *baggage claim* sedangkan di sisi udara, banyak pesawat yang antri menunggu giliran untuk memasuki *runway* baik untuk melakukan *takeoff* maupun *landing*. Kondisi seperti ini akan menyebabkan *delay* atau keterlambatan yang dapat merugikan bagi banyak pihak, seperti penumpang, maskapai dan pihak bandara. Tidak hanya itu, penundaan jadwal keberangkatan dan kedatangan pesawat menimbulkan efek domino untuk penerbangan berikutnya karena dipastikan akan berpengaruh ke semua rute yang terkait (Pudjobroto, 2014).

Antrian pada fasilitas sisi udara ini bertambah dengan adanya kerusakan permukaan perkerasan yang sering terjadi di Bandar Udara Juanda. Tercatat dari tahun 2014 sampai dengan 2016 telah terjadi beberapa kali kerusakan perkerasan runway dan taxiway.

Kerusakan permukaan perkerasan runway di Bandara Juanda diatasi dengan pekerjaan overlay runway yang saat ini sedang berjalan. Sedangkan kerusakan taxiway N1 belum bisa diatasi oleh pihak pengelola bandara. Akibatnya pesawat yang akan memasuki runway dari taxiway N1 beberapa kali mengalami insiden

ambles dikarenakan adanya penurunan permukaan perkerasan taxiway pada saat dilalui oleh pesawat.

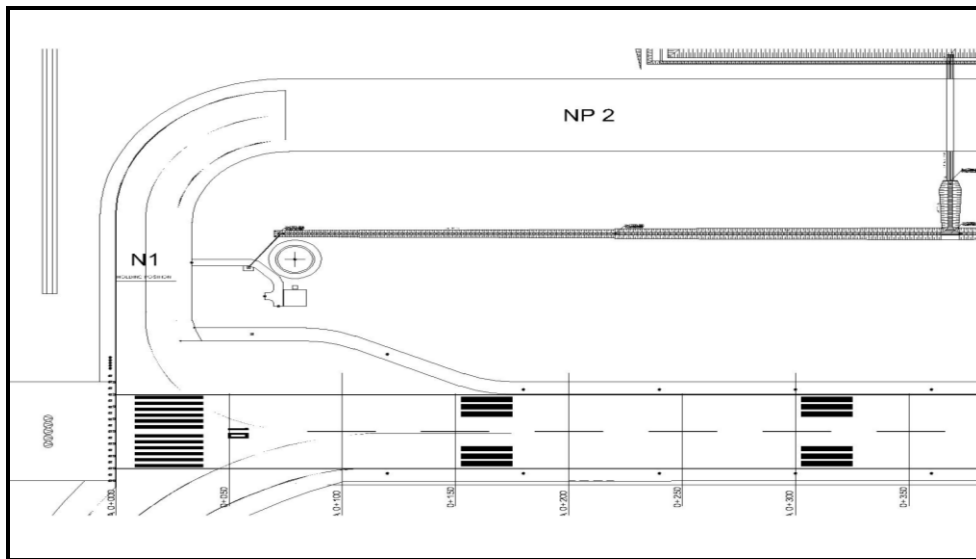
Mitigasi yang dilakukan oleh pihak bandara terhadap insiden yang terjadi adalah dengan mereposisi/menggeser *Runway Holding Position* ke paralel taxiway NP2. Pergeseran posisi Runway Holding Position ini menyebabkan jarak antara titik di mana pesawat menunggu *clearance* dari Air Traftic Controller untuk memasuki runway terhadap runway threshold menjadi lebih jauh.



Gambar 1.1 Layout fasilitas sisi udara Bandar Udara Juanda

Sumber : Google Earth

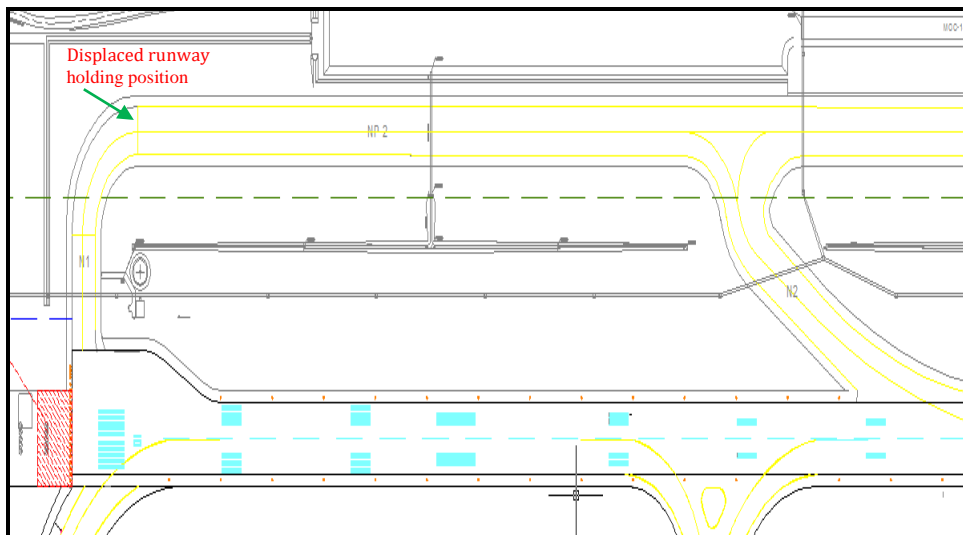
Gambar 1.2 menunjukkan posisi fasilitas-fasilitas sisi udara seperti runway, taxiway dan apron di Bandar Udara Internasional Juanda. Terdapat 1 runway dengan designation number R10 dan R28, 14(empat belas) taxiway dan 2 (dua) apron yang melayani terminal 1 dan terminal 2.



Gambar 1.2. Layout *runway holding position* N1 (posisi awal)

Sumber : PT. Angkasa Pura I (2015).

Posisi *runway holding position* awalnya berada pada taxiway N1, berjarak 90 m dari threshold runway 10. Dikarenakan seringnya terjadi kerusakan permukaan perkerasan di taxiway N1, maka *runway holding position* digeser ke taxiway NP2.



Gambar 1.3 Posisi *runway holding position* setelah digeser ke taxiway NP2 dengan jarak 275 m terhadap threshold runway 10.

Sumber : PT. Angkasa Pura I Cabang Surabaya (2017)

Perhitungan kapasitas runway pada saat *runway holding position* N1 berada di posisi 90 m dari *threshold* runway 10 nantinya akan digunakan sebagai *baseline* dan tolok ukur terhadap pengaruh pergeseran *runway holding position* ke posisi 275 m dari *threshold* runway 10. Perhitungan *runway capacity* pada saat *runway holding position* N1 berjarak 90 m dari *threshold* runway 10 telah dilakukan oleh Airnav Indonesia dan didapatkan hasilnya adalah 33 movement/hour (sumber: Airnav Indonesia, 2015).

Penelitian ini akan menganalisa pengaruh yang ditimbulkan dari adanya pergeseran *runway holding position* tersebut terhadap *runway occupancy time* di Bandar Udara Juanda Surabaya. Kemudian dilakukan analisa perhitungan kapasitas runway menggunakan metode DORATASK dan selanjutnya dilakukan analisis letak *runway holding position* yang lebih efektif pada taxiway- taxiway lain untuk mengakomodir pesawat yang memasuki runway melalui taxiway N1 apabila taxiway N1 diperbaiki. Selain itu juga dihitung berapa *fuel consumption aircraft* akibat adanya pergeseran *runway holding position* tersebut.

1.2. Perumusan Masalah

Pergerakan pesawat yang terus meningkat ditambah adanya pergeseran *runway holding position*, diperkirakan kinerja runway akan turun. Hal ini perlu pembuktian dengan rumusan beberapa masalah yang harus dipecahkan sebagai berikut:

1. Apakah pergeseran *Runway Holding Position* berpengaruh terhadap *Runway Occupancy Time* di Bandara Internasional Juanda?
2. Bagaimana dampak pergeseran *Runway Holding Position* ke taxiway NP2 terhadap kapasitas runway Bandara Internasional Juanda?
3. Bagaimana pengaruh pergeseran *Runway Holding Position* ke taxiway NP2 terhadap konsumsi bahan bakar pesawat?
4. Bagaimana jika *Runway Holding Position* di Taxiway N1 direposisi ke taxiway lain yang ada di Bandara Juanda (N2 dan N3)?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam menganalisis dampak Pergeseran *Runway Holding Position* di Taxiway N1 adalah untuk memberikan beberapa solusi, yakni:

1. Mengetahui *Runway Occupancy Time* eksisting Bandar Udara Internasional Juanda akibat adanya pergeseran *Runway Holding Position* di Taxiway NP2.
2. Mengetahui *kapasitas runway Juanda* sebagai dampak dari pergeseran *Runway Holding Position* Taxiway N1 di Bandara Internasional Juanda.
3. Menghitung pengaruh pergeseran *Runway Holding Position* ke taxiway NP2 terhadap konsumsi bahan bakar pesawat.
4. Mengetahui *Runway Occupancy Time* Bandar Udara Internasional Juanda bilamana *Runway Holding Position* Taxiway N1 direposisi ke taxiway lainnya.

1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini merupakan bagian dari usaha evaluasi terhadap setiap keputusan yang diambil dalam rangka memperlancar operasional bandara. Keputusan yang dievaluasi di sini adalah perubahan lokasi *runway holding position*. Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk lebih memahami tentang aplikasi ilmu transportasi terutama transportasi udara dalam operasi penerbangan di suatu bandara.
2. Membantu pihak pengelola PT. Angkasa Pura 1 Bandar Udara Juanda Surabaya untuk mengetahui dampak dari pergeseran *Runway Holding Position* taxiway N1 terhadap *Runway Occupancy Time* dan kapasitas runway sehingga nantinya dapat digunakan untuk mengambil keputusan dalam perubahan suatu fasilitas sisi udara.
3. Dasar masukan dalam perencanaan dan perancangan perubahan desain/layout fasilitas sisi udara dalam pengembangan Bandar Udara Juanda Surabaya.
4. Dapat menjadi bahan rujukan dan informasi bagi pihak terkait dalam mengevaluasi perubahan fasilitas sisi udara di bandar udara yang lain.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian mengenai analisis dampak pergeseran *runway holding position* perlu difokuskan pada masalah efek pergeseran *runway holding position*, maka ruang lingkup yang akan dibahas dalam penelitian ini dibatasi pada:

1. Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data sekunder yang diperoleh dari pihak-pihak yang terkait.
2. Data primer diperoleh dari survey/pengamatan langsung di lapangan.
3. Penelitian ini menganalisa *runway occupancy time* dan kapasitas *runway* berdasarkan pergerakan/ kondisi lalu lintas saat ini.
4. Metode yang digunakan dalam menghitung kapasitas *runway* adalah Metode DORATASK.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Dalam Bab 2 ini akan dipaparkan beberapa *literature review* yang telah didapatkan dari buku, regulasi mengenai bandara dan hasil telaah beberapa jurnal. Terdapat beberapa sub bab yang akan didefinisikan antara lain, penjelesan mengenai bandar udara, fasilitas sisi udara, kapasitas runway, fasilitas sisi darat, proses pergerakan pesawat, *fuel consumption aircraft* dan hasil analisis dari beberapa penelitian sebelumnya.

2.1 Bandar Udara

Menurut Undang-Undang No. 1 Tahun 2009 tentang Penerbangan disebutkan bahwa Bandar Udara adalah kawasan didaratan dan/atau perairan dengan batas-batas tertentu yang digunakan sebagai tempat pesawat udara mendarat dan lepas landas, naik turun penumpang, bongkat muat barang, dan perpindahan intra dan antarmoda transportasi, yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan dan keamanan penerbangan serta fasilitas pokok dan fasilitas penunjang lainnya.

Berdasarkan klasifikasi atau status bandar udara, menurut pelayanannya sesuai dengan rute penerbangan dan peranan pemerintah bandar udara dapat dibedakan atas bandar udara domestic dan internasional.

- a. Bandar Udara Domestik merupakan sebuah bandar udara yang hanya menangani penerbangan domestik atau penerbangan di negara yang sama. Bandara domestik tidak memiliki fasilitas bea cukai dan imigrasi dan tidak mampu menangani penerbangan menuju atau dari bandara luar negeri.
- b. Bandar Udara Internasional merupakan sebuah bandar udara yang dilengkapi dengan fasilitas bea cukai dan imigrasi untuk menangani penerbangan internasional menuju dan dari negara lainnya. Bandara sejenis itu umumnya lebih besar, dan sering memiliki landasan lebih panjang dan fasilitas untuk menampung pesawat besar yang sering digunakan untuk perjalanan internasional atau antar benua.

2.2 Fasilitas Sisi Udara dan Sisi Darat

Fasilitas suatu bandara dibagi atas dua bagian utama yakni sisi darat (*land side*) dan sisi udara (*air side*). Fasilitas sisi darat terdiri dari:

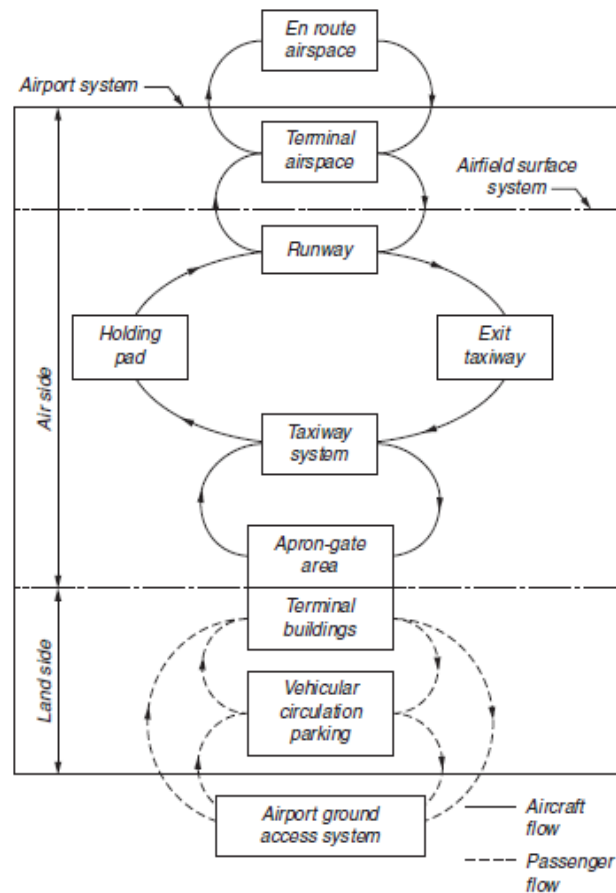
- a. Bangunan terminal penumpang
- b. Bangunan terminal kargo
- c. Bangunan operasi
- d. Menara pengawas lalu lintas udara atau ATC (Air Traffic Control)
- e. Bangunan SAR (Search And Rescue)
- f. Bangunan meteorologi
- g. Bangunan penumpang kelas utama/VIP
- h. Jalan masuk (access road)
- i. Bangunan pengisian bahan bakar
- j. Bangunan administrasi dan perkantoran

Sedangkan fasilitas sisi udara terdiri dari :

- a. Landas pacu (runway)
- b. Penghubung landas pacu (taxiway)
- c. Area parkir pesawat (apron)
- d. Runway strip/Runway end safety area
- e. Fasilitas Pertolongan Kecelakaan Penerbangan dan Pemadam Kebakaran (PKPPK)

2.2.1 Komponen Fasilitas Sisi Udara

Menurut Horeonjeff dan McKelvey, komponen sisi udara terdiri dari *runway*, *exit taxiway*, *holding pad*, *taxiway system* dan *apron-gate area*. Hubungan bagian-bagian tersebut diilustrasikan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Bagian-bagian sistem bandara untuk suatu bandara yang besar
 Sumber: Horenjeff dkk (2010).

Pada gambar 2.1 digambarkan bahwa tata letak bandar udara secara umum terdiri dari 3 daerah yakni sisi udara, sisi darat dan air space terminal. Setiap bagian memiliki persyaratan khusus masing-masing. Prosedur keamanan dan keselamatan yang ketat mutlak diperlukan dalam setiap operasi pergerakan pesawat maupun kendaraan di sisi udara.

Runway

Runway adalah jalur perkerasan yang dipergunakan oleh pesawat untuk mendarat (*landing*) dan melakukan lepas landas (*take off*). Menurut Horenjeff (2010), sistem *runway* terdiri atas perkerasan struktur, bahu landasan (*shoulder*), bantal hembusan (*blast pad*) dan daerah aman *runway* (*runway end safety area*).

Dalam CASR (Civil Aviation Safety Regulation) part 139 dinyatakan bahwa *runway* adalah suatu daerah persegi empat yang ditetapkan pada Bandar Udara yang dipersiapkan untuk kegiatan pendaratan (landing) dan lepas landas (take-off) pesawat udara.

Dimensi runway harus cukup untuk memenuhi persyaratan operasional pesawat udara yang direncanakan.

Tabel 2.1 Lebar Minimum Runway

Code number	Code letter					
	A	B	C	D	E	F
1 ^a	18 m	18 m	23 m	-	-	-
2	23 m	23 m	30 m	-	-	-
3	30 m	30 m	30 m	45 m	-	-
4	-	-	45 m	45 m	45 m	60 m

Catatan:
^a Jika sebuah Code Number precision approach runway adalah 1 atau 2, maka lebar landas pacu (runway) tidak boleh kurang dari 30 m.

Sumber: CASR part 139.

Taxiway

Taxiway merupakan jalur tertentu pada aerodrome yang ditujukan untuk taxi pesawat udara dan menjadi penyambung antara satu bagian bandar udara dengan bagian lainnya, termasuk:

- a. *Aircraft parking position taxilane*. Bagian dari apron yang ditetapkan sebagai *taxiway* dan ditujukan hanya untuk memberikan akses ke posisi 15tanda pesawat.
- b. *Apron taxiway*. Bagian dari 15tanda *taxiway* berlokasi di apron dan ditujukan sebagai jalur *taxi* melintasi apron.
- c. *Rapid exit taxiway*. *Taxiway* yang dihubungkan dengan landas pacu dengan sudut yang tajam dan dirancang untuk memungkinkan pesawat udara yang mendarat dapat dengan segera keluar dari *runway* pada tingkat kecepatan yang lebih tinggi dari yang biasanya dicapai di *taxiway* yang lain, yang dapat meminimalkan waktu penggunaan landas pacu.

Lebar dari bagian yang lurus dari sebuah *taxiway* tidak boleh kurang dari lebar yang telah ditentukan menggunakan Tabel 2.2 berikut :

Tabel 2.2 Lebar Minimum Taxiway

Code Letter	Lebar Taxiway Minimum (Bagian Lurus)
A	7.5 m
B	10.5 m
C	18 m ^a
D	23 m ^b
E	23 m
F	25 m
^a Jika <i>taxiway</i> hanya ditujukan untuk melayani pesawat udara dengan jarak antar roda (<i>wheelbase</i>) kurang dari 18 m, lebarnya dapat dikurangi menjadi 15 m. ^b Jika <i>taxiway</i> hanya ditujukan untuk melayani pesawat udara dengan bentangan roda utama terluar kurang dari 9 m, lebarnya dapat dikurangi menjadi 18 m.	

Sumber: CASR part 139.

Dalam buku *Airport Engineering* (Ashford dkk, 2011) dijelaskan bahwa kunci dalam tata letak bandara adalah sistem *taxiway*, yang menghubungkan runway ke terminal daerah *gate apron* dan layanan pesawat di hanggar. Dalam desain dan tata letak *taxiway*, penekanan utama adalah untuk menyediakan kelancaran arus dan efisien dari pesawat sepanjang *taxiway*. *Taxiway* harus dirancang dengan kapasitas maksimum dan aman. Kapasitas *taxiway* adalah jumlah maksimum operasi pesawat ditampung pada komponen *taxiway* di bandara. Terdapat tiga jenis *taxiway* berdasarkan letaknya, antara lain:

1. *Parallel Taxiway*

Parallel taxiway adalah *taxiway* yang konfigurasinya sejajar dengan runway. *Parallel taxiway* ini menghubungkan *taxiway* biasa ataupun *exit taxiway* dengan *apron*. Berdasarkan panjangnya *parallel taxiway* dibedakan atas dua jenis:

- *Parallel taxiway* penuh, yaitu *parallel taxiway* yang panjangnya sama dengan panjang *runway*.
- *Parallel taxiway* tak penuh, yaitu *parallel taxiway* yang panjangnya kurang dari panjang *runway*.

Parallel taxiway mempunyai keuntungan dibandingkan yang lainnya jika ditinjau dari aspek keselamatan dan menambah efisiensi pengoperasian. Jenis *taxiway* ini memungkinkan untuk pendaratan pesawat untuk keluar *runway* lebih cepat dan mengurangi penundaan pesawat lain yang menunggu untuk menggunakan *runway* (Ashford dkk, 2011)

2. *Apron Taxiway*

Apron taxiway adalah *taxiway* yang terletak didekat *apron*. Secara umum *apron taxiway* dibedakan atas dua jenis, yaitu:

- *Taxiway* yang terletak didekat *apron* dan dimasukkan sebagai jalan pintas pesawat dari *apron* ke *taxilane* dimana pesawat akan parkir.
- *Taxilane*, yaitu bagian dari *apron* yang diperuntukan bagi jalan hubung ke areal parkir.

3. *Cross Taxiway*

Cross taxiway merupakan *taxiway* yang berfungsi untuk menghubungkan dua *runway* yang berdekatan sehingga pemanfaatan kedua *runway* dapat dilakukan secara optimal. Jenis *taxiway* seperti ini biasanya baru diadakan jika terdapat dua *runway* sejajar dalam suatu bandar udara.

Pada saat di *taxiway* kecepatan pesawat terbang lebih rendah dibandingkan saat di *runway* ketika pesawat terbang melakukan *take-off* atau *landing*. Kecepatan *taxiing* biasanya 5 sampai 20 knot (9-37 km/h atau 6-23 mph). Dengan demikian, standar perencanaan geometrik *taxiway* tidak seperti perencanaan pada *runway*. Berikut ini adalah faktor yang perlu diperhatikan dalam perencanaan *taxiway*, yaitu:

- Panjang *taxiway*
- Lebar *taxiway*
- Lebar area keselamatan (*safety area*)
- Kemiringan longitudinal
- Kemiringan melintang
- Perubahan kemiringan longitudinal

- Jarak pandang pada *taxiway*
- Radius putar pesawat pada persilangan atau *fillet* (lebar perkerasan yang diperlukan)
- Jarak pemisahan yang cukup antara *taxiway* dan *runway*, dan diantara dua *taxiway* yang paralel/sejajar.

Daya dukung *Taxiway* (*Taxiway Bearing Strength*)

Daya dukung *taxiway* setidaknya harus sama dengan daya dukung *runway*, karena pertimbangan fakta bahwa *taxiway* akan menerima kepadatan lalu lintas yang lebih banyak dan sebagai akibat dari pesawat udara yang bergerak lambat dan diam, maka tekanannya akan lebih tinggi dari pada tekanan di *runway*.

Holding Bays, Runway-Holding Positions, Intermediate Holding Positions and Road-Holding Positions

- a. *Holding bay* didefinisikan sebagai area di luar *taxiway* dimana pesawat udara dapat diminta untuk menunggu/berhenti.
- b. *Runway-holding position* adalah posisi yang ditetapkan pada *taxiway* untuk memasuki *runway*.
- c. *Intermediate holding position* adalah posisi yang ditetapkan pada *taxiway* selain dari *taxiway* yang menuju ke *runway*.
- d. *Road-holding position* adalah posisi yang ditetapkan dimana kendaraan menunggu/berhenti sementara sebelum melewati *runway*.

Jarak dari Runway-holding Position, Intermediate Holding Position atau Road-holding Position ke Runway Centre line dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.3 Jarak minimum dari runway-holding position, intermediate holding position atau road-holding position ke garis tengah runway yang berhubungan

Code Number	Jenis Runway				
	Non-instrument	Non-Precision Approach	Precision Category I	Precision Kategori II atau III	Lepas Landas
1	30 m	40 m	60 m	-	30 m
2	40 m	40 m	60 m	-	40 m
3	75 m	75 m	90 m ^(ab)	90 m ^(ab)	75 m
4	75 m	75 m	90 m ^(abc)	90 m ^(abc)	75 m
<p>^a Untuk <i>precision approach runway Cat I, II dan III</i>, jarak dalam Tabel 6.8-1 dapat dikurangi sebesar 5 meter untuk setiap meter dimana elevasi <i>runway-holding position</i> lebih rendah dari elevasi <i>threshold runway</i>, asalkan tidak melanggar permukaan transisional dalam.</p> <p>^b Untuk <i>precision approach runway Cat I, II dan III</i>, jarak dalam Tabel 6.8-1 dapat ditambah guna menghindari interference dengan alat bantu radio navigasi, khususnya glide path and localizer facilities.</p> <p>^c Jarak runway holding position 107,5 m jika Code Number adalah 4 F untuk precision approach cat I, II dan III Where the code letter is F, this distance should be 107.5 m.</p>					

Sumber : CASR – 139

Apron

Apron adalah suatu area bandar udara di darat yang telah ditentukan untuk mengakomodasi pesawat udara dengan tujuan naik turun penumpang, bongkar muat kargo, penumpang, surat, pengisian bahan bakar, parkir, atau pemeliharaan pesawat udara.

Apron harus diposisikan sehingga pesawat udara yang diparkir di atasnya tidak melanggar permukaan batas rintangan, dan terutama permukaan transisional.

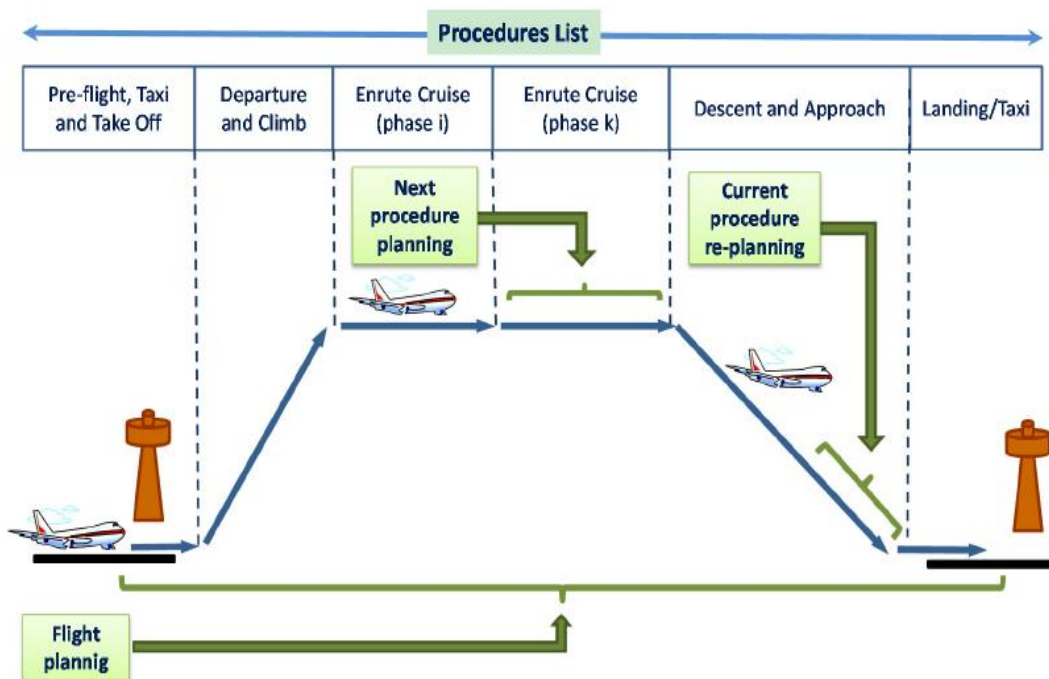
Tabel 2.4 Dimensi Apron

Penjelasan	Kategori Pesawat udara					
	A	B	C	D	E	F
Dimensi Apron (untuk 1 pesawat)						
a. <i>Self taxiing</i> (45° taxiing)						
Panjang (m)	40	40	70	70-85	70	85
Lebar (m)	25	25	55	55-80	55-80	55-80
b. <i>Nose in</i>						
Panjang (m)	-	-	95	190	190	190
Lebar (m)	-	-	45	70	70	70

Sumber : CASR part 139.

2.3 Pergerakan Pesawat

Proses pergerakan pesawat terdiri dari beberapa fase, fase tersebut dapat dideskripsikan sebagai berikut :



Gambar 2.2 Fase Penerbangan
 Sumber: <http://aeroengineering.co.id/>

Masing-masing fase pergerakan pesawat dari gambar 2.2 dijelaskan sebagai berikut:

1. Fase Taxi and *Take-off*:

Dalam fase ini pesawat meluncur dari taxiway menuju ujung runway (*runway threshold*). Pada posisi final pesawat meluncur dan kecepatan pesawat bertambah hingga pesawat mencapai kecepatan menanjak tertentu pada ketinggian 35ft (10.7 m) untuk pesawat transport atau 50ft (15.2m) untuk pesawat militer atau pesawat kecil dengan tenaga propeller.

2. Fase *climb*:

Climb adalah fase dimana pesawat menuju pada ketinggian tertentu untuk mendapatkan kondisi operasi yang optimal (*cruise*). Untuk naik pada ketinggian tersebut, pesawat terbang *lift up* dengan cara meningkatkan *angle of attack* dan meningkatkan daya pada mesin untuk mendapatkan gaya dorong yang berakibat pada naiknya kecepatan hingga gaya angkat melebihi berat pesawat.

3. Fase *Cruise*:

Merupakan keadaan terbang dimana pesawat menggunakan bahan bakar paling ekonomis dan kondisi desain yang optimal secara teknis. Fase ini memiliki durasi yang paling lama selama perjalanan di udara maupun melakukan misi hingga sampai di tujuan. Saat *cruise*, pesawat bergerak dalam kondisi kecepatan dan ketinggian yang relatif konstan, hanya saja berubah arah haluan/*heading* yang mana gaya angkat sayap akan sama dengan berat pesawat.

4. Fase *Descent*:

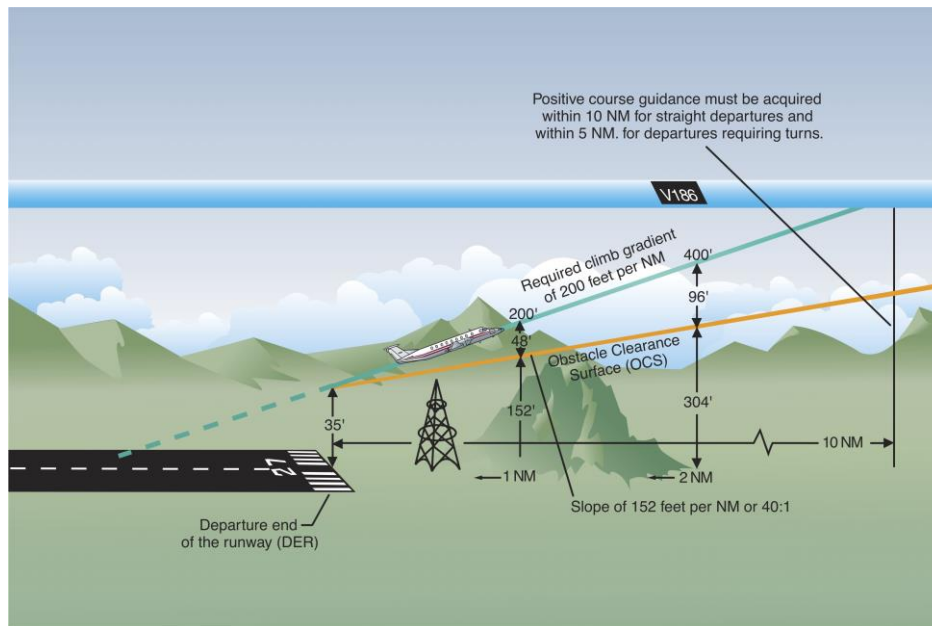
Setelah pesawat mendekati *runway* untuk mendarat, pesawat melakukan *descent*, yaitu pesawat melakukan pergerakan turun dengan kecepatan konstan dengan mengatur daya mesin maupun *pitch*. Adapun sudut *descent* secara umum adalah tiga derajat menuju bandara. Kondisi *descent* menuju bandara ini disebut dengan istilah *approaching*. Akhir dari *approaching* itu sendiri adalah pengambilan posisi untuk *landing*. Apabila pesawat tidak dapat melakukan *landing*, pesawat harus berputar di area *holding*. *Holding* merupakan area yang disediakan untuk menunda *landing* dari suatu pesawat.

5. Fase *Landing*:

Fase terakhir pada penerbangan. Setelah posisi *landing* diperoleh, pesawat berusaha menurunkan kecepatan serendah mungkin supaya dapat menyentuh *runway* sehalus mungkin. Penurunan kecepatan tersebut dapat dilakukan dengan penggunaan *flap* maupun *speed brakes* pada pesawat yang besar. Penurunan kecepatan tersebut dapat juga dibantu dengan memanfaatkan kondisi *head-wind* seperti pada *take-off*. Kondisi pesawat saat menyentuh darat disebut dengan *touch down*. Adapun setelah *landing*, pesawat kembali melakukan *taxiing* untuk menempatkan diri pada *parking stand* yang disediakan di apron.

2.3.1 Proses Keberangkatan Pesawat

Proses keberangkatan pesawat dimulai dari *parking stand*, pilot mengkomunikasikan dengan pihak *controller* ATC untuk meminta izin *clearance* area minimal 30 menit sebelum melakukan pushback atau mendorong pesawat mundur. Setelah mendapatkan izin lalu pushback dilakukan sesuai dengan waktu yang ditentukan. Pergerakan pesawat selanjutnya menuju *taxiway* dengan arahan dari pihak ATC mengenai jalur mana yang dilewati untuk *queuing taxiway*. Ketika pesawat telah berada pada *queuing taxiway*, pilot menunggu konfirmasi dari ATC mengenai informasi *departure clearance*. Hal ini ditujukan untuk mengatur separasi atau jarak antar pesawat. Gambar berikut merupakan urutan proses keberangkatan pesawat.

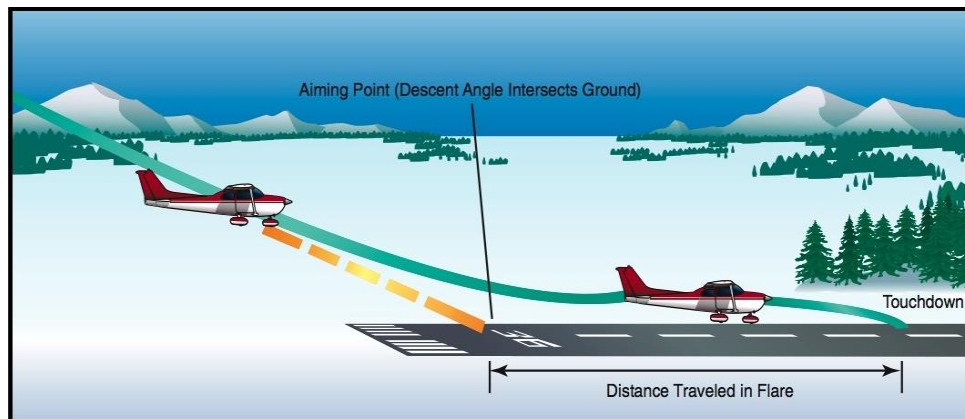


Gambar 2.3 Proses Keberangkatan Pesawat

Setelah beberapa proses yang dijelaskan diatas, sesuai dengan gambar 2.3 maka proses selanjutnya yakni pesawat berada di area *runway*. Pada saat jalur keberangkatan dinyatakan *clear* maka pilot diinstruksikan untuk bersiap melakukan *lined-up*, yakni berada pada tengah *runway* untuk proses *take-off*. Setelah pesawat berhasil mengudara, pilot melakukan manuver pada ketinggian tertentu sesuai dengan informasi dari ATC, hal ini dikenal dengan *flight level*. Selanjutnya pesawat memasuki rute SID (*Standard Instrumen Departure*) ini merupakan jalur menuju ke bandara tujuan sesuai dengan rencana penerbangan (*flight plan*).

2.3.2 Proses Kedatangan Pesawat

Proses kedatangan pesawat dimulai ketika pesawat memasuki STAR (*Standard Arrival Route*), merupakan rute standar pesawat ketika akan mendarat menuju *runway*. Selanjutnya pesawat melakukan *approach* menuju *runway* untuk bersiap melakukan *landing*. Pesawat yang akan *landing* berkomunikasi dengan pihak ATC agar secara konstan menjaga jarak pemisahan antar pesawat baik pesawat yang didepannya ataupun dengan pesawat yang dibelakangnya.



Gambar 2.4 Proses Kedatangan Pesawat

Pada gambar 2.4 setelah proses *landing* di *runway* pesawat harus sesegera mungkin menuju *exit taxiway* terdekat, *exit taxiway* merupakan jalur keluar dari *runway* menuju *taxiway*. Selanjutnya pesawat *taxiing* menuju apron. Pada saat di apron pesawat melakukan *parking stand* pada posisi yang telah ditentukan, setelah pesawat berhenti sempurna dilakukan pencacatan waktu *on block* oleh *Apron Management Control*. Proses selanjutnya yakni *ground handling*.

2.4 Kapasitas Runway

Kapasitas *runway* adalah maksimum pergerakan pesawat secara berkelanjutan, baik kedatangan maupun keberangkatan, yang dapat diselenggarakan pada periode waktu tertentu pada konfigurasi *runway* yang ditentukan, pada kondisi cuaca tertentu dan tundaan yang bisa diterima. (Norman J. Ashford, 2011).

Pengertian kapasitas runway dalam Manual Perhitungan Runway Capacity Airnav Indonesia adalah jumlah pergerakan pesawat di runway baik untuk mendarat, lepas landas, proses pendaratan serta proses lepas landas yang dapat ditampung dalam satu satuan waktu.

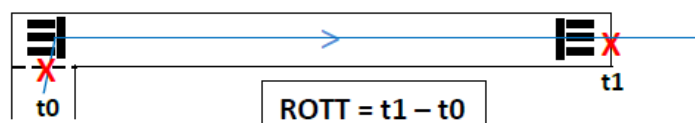
Konfigurasi dari *runway* udara memiliki dampak yang signifikan pada kapasitas per jam. Kapasitas suatu *runway* yang hanya digunakan untuk melayani pesawat yang datang dipengaruhi oleh faktor-faktor berikut (Horronjeff & McKelvey, 1994)

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 tersebut.

2.4.1 Runway Occupancy Time (ROT)

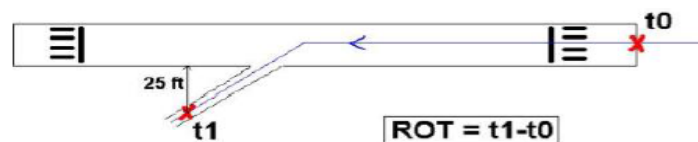
Salah satu elemen yang penting dalam mengoptimalkan kapasitas *runway* yakni mengurangi waktu yang dihabiskan oleh pesawat di *runway*. Runway Occupancy Time adalah waktu rata-rata yang diperlukan setiap pesawat udara dalam penggunaan runway baik untuk lepas landas maupun mendarat. Ada dua jenis ROT yaitu waktu yang digunakan pesawat, yakni:

1. Runway Occupancy Time Take Off (ROTT), secara definisi ROTT merupakan waktu yang digunakan pesawat ketika melewati marka tanda berhenti, sampai dengan roda pendarat utama lepas dari *runway*. Secara umum Runway Occupancy Time Take-off (ROTT) dihitung mulai pesawat memasuki runway hingga melewati batas imajiner threshold runway.



Gambar 2.5 Runway Occupancy Time Take Off

2. *Runway Occupancy Time Landing* (ROTL), merupakan jarak waktu yang digunakan pesawat ketika melintasi *threshold* sampai dengan ekor pesawat telah meninggalkan *runway*. Secara umum *Runway Occupancy Time Landing* (ROTL) dihitung ketika pesawat melewati batas imajiner *threshold* hingga meninggalkan *runway*.



Gambar 2.6 *Runway Occupancy Time Landing*

Setiap jenis pesawat memiliki karakter masing-masing ketika menggunakan *runway*. Faktor yang mempengaruhi ROT bukan hanya jenis pesawat saja melainkan *speed exit taxiway*. Apabila suatu *runway* dilengkapi fasilitas *high speed exit taxiway* maka angka ROT semakin kecil, hal ini disebabkan setelah pesawat mendarat, pesawat dapat dengan cepat keluar dari *runway*.

Kategorisasi pesawat terkait dengan ROT dan ROTL adalah berdasarkan kecepatan pendekatan pesawat. Adapun contoh tipe pesawat pada masing-masing kategori tipe pesawat adalah sebagai berikut :

Tabel 2.5 Kategorisasi pesawat untuk perhitungan ROT

Kategori	Kecepatan	Contoh Tipe pesawat
A	< 90 kt	Single engine aircraft, beechcraft, baron 58, C172, C208, dll
B	91 – 120 kt	Beech 1900, Saab 2000, Saab 340, Embraer 120, CS 212, FK 27, ATR72, RJ100, AN24, FK50, dll
C	121 – 140 kt	B727, B737, MD80, A320, F100, B757, B732, B734, A320, A330, A380, dll
D	141 – 165 kt	B747, L-1011, MD11, DC10, A340, A300, B738, B739, B787, B777, B767, dll
E	166 – 210 kt	Military fighter aircraft F16, SU30, dll

2.4.2 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kapasitas *Runway*

Kapasitas dari sistem *runway* dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:

a. Pengawasan Lalu Lintas Udara

Dalam pengawasan lalu lintas udara terdapat aturan yang melarang dua pesawat udara berada pada *runway* saat bersamaan sehingga hal itu dapat membatasi penggunaan *runway* atau mengurangi kapasitas operasionalnya.

b. Karakteristik Permintaan

Karakteristik permintaan mempengaruhi penggunaan *runway* untuk pendaratan, yang selanjutnya berdampak pada ketersediaan waktu bagi pesawat udara yang akan bertolak. Sehubungan dengan hal itu, yang cukup kuat menentukan kapasitas *runway* ialah proporsi jumlah semua pesawat udara yang datang pada suatu waktu tertentu.

c. Lingkungan

Faktor lingkungan yang cukup berpengaruh pada kapasitas *runway* ialah batas penglihatan (*visibility*), kondisi permukaan *runway*, arah dan kecepatan angin, dan ketentuan tentang pembatasan kebisingan.

d. Rancang Bangun

Denah (*layout*) dan keistimewaan rancang bangun (*design*) suatu bandar udara mengandung banyak faktor yang mempengaruhi kapasitas *runway*. Faktor-faktor yang dimaksud terutama menyangkut hal-hal berikut :

1. Jumlah, jarak, panjang dan arah *runway*
2. Jumlah, lokasi, dan rancang bangun *taxiway* keluar
3. Rancang bangun jalan menuju apron (*ramp entrances*)

2.4.3 Metode Perhitungan *Runway Capacity*

Metode yang digunakan untuk menganalisa kapasitas runway, batasan dari kapasitas serta parameter yang digunakan harus mendapatkan pemahaman lebih karena akan berpengaruh terhadap hasil kalkulasi. Terdapat berbagai macam metode yang dapat digunakan untuk menganalisa kapasitas runway, adapun metode tersebut antara lain:

2.4.3.1 Metode Perhitungan Peak Hour

Perhitungan peak hour dalam penelitian ini diperlukan sebagai dasar acuan yang digunakan untuk menentukan kondisi paling maksimum pemakaian *runway*. Berdasarkan data *existing* jumlah rata-rata pergerakan harian di *runway* pada bulan puncak dalam 1 tahun, di dapat *ratio* jumlah pergerakan pesawat total 1 tahun. Dirumuskan sebagai berikut (Pignataro,1973) :

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

Dimana :

R_{month} = *Peak month ratio*

N_{month} = Jumlah Pergerakan total pesawat di *runway* dalam 1 tahun

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_{day} = *Peak day 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 peak hour

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

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

2.4.3.2 Metode FAA

American Federal Aviation Administration (FAA) membuat petunjuk perhitungan kapasitas bandar udara untuk komposisi pesawat yang berbeda – beda seperti yang terdapat pada *Federal Aviation Administration (FAA) Advisory Circular (AC) 150/5060-5, Airport Capacity and Delay* tahun 1983 dengan revisi tahun 1995. Konfigurasi runway yang paling sederhana adalah sistem landasan tunggal, diilustrasikan sebagai konfigurasi A. Meskipun kapasitas sangat bervariasi dengan campuran pesawat terbang, kapasitas per jam adalah 51-98 operasi per jam dalam kondisi VFR dan 50-59 operasi per jam dalam kondisi IFR (Ashford dkk, 2011). Besarnya runway capacity tersebut ditentukan oleh beberapa faktor, diantaranya :

1. Aircraft Mix
2. Landasan pacu yang melayani pendatang dan pemberangkatan
3. Touch-and-go operations
4. Konfigurasi taxiway keluar yang berbeda
5. Kondisi lingkungan (VFR, IFR)
6. Berbagai konfigurasi dan penggunaan landasan

Kondisi IFR ada saat ceiling kurang dari 1000 kaki dan / atau visibilitasnya kurang dari 3 mil. Kapasitas pacu biasanya kurang dalam kondisi IFR daripada kondisi VFR.

Gambar 2.7 menyediakan kapasitas per jam (VFR dan IFR) dan volume layanan tahunan (ASV) untuk konfigurasi landasan pacu umum dan untuk perbedaan bauran pesawat terbang.

Configuration	Runway configuration diagram	Mix index — percent (C + 3D)	Hourly capacity (operations per hour)		Annual service volume (operation per year)
			VFR	IFR	
A Single Runway		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 Dual Lane Runways		0–20	197	59	355,000
		21–50	145	57	275,000
		51–80	121	56	260,000
		81–120	105	59	285,000
		121–180	94	60	340,000
C Independent IFR Parallels		0–20	197	119	370,000
		21–50	149	114	320,000
		51–80	126	111	305,000
		81–120	111	105	315,000
		121–180	103	99	370,000
D Parallels plus Crosswind Runway		0–20	197	62	355,000
		21–50	149	63	285,000
		51–80	126	65	275,000
		81–120	111	70	300,000
		121–180	103	75	365,000
E Four Parallels		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 Open V Runways		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
G Parallels plus Crosswind Runway		0–20	295	59	385,000
		21–50	210	57	305,000
		51–80	164	56	275,000
		81–120	146	59	300,000
		121–180	129	60	355,000

Gambar 2.7 Capacity and Annual Service Volume
Sumber : Ashford dkk, 2011.

Kapasitas dalam gambar 2.7 di atas didasarkan pada asumsi berikut:

1. Ketersediaan wilayah udara yang memadai untuk mengakomodasi semua kebutuhan pesawat terbang
2. Ketersediaan lingkungan radar dengan setidaknya satu landasan yang dilengkapi ILS
3. Ketersediaan taxiway yang cukup untuk memperlancar lalu lintas dan mematikan landasan pacu
4. Operasi *touch and go* mulai dari 0 sampai 50%, tergantung pada indeks campuran

Analisa kebutuhan kapasitas runway dihitung sesuai operasi campuran (*mix operation*) berdasarkan empat pengaturan pengoperasian yaitu:

- a. Kedatangan mempunyai prioritas daripada keberangkatan;
- b. Hanya satu pesawat terbang dapat berada dirunway pada suatu waktu;
- c. Keberangkatan tidak dapat dilaksanakan apabila pesawat terbang yang datang berikutnya berada pada jarak yang kurang dari suatu jarak tertentu dari Threshold Runway, 2 NM pada kondisi *Instrument Flight Rules*;
- d. Keberangkatan yang berurutan diatur sehingga pemisahan waktu minimum sama dengan waktu pelayanan keberangkatan.

2.4.3.3 Steady-State Queuing Theory (mathematical Theory).

Analisa kapasitas runway dengan menggunakan metode Steady-state queuing theory dapat diimplementasikan untuk 2 tipe pengaturan pesawat yaitu :

- a. Segregated Operation Runway (setiap runway dikhususkan untuk take off saja/landing saja);

Menggunakan sistem antrian simple poisson dimana teori ini berpedoman pada "*first come first served*" atau "*first contact first served*" atau pesawat yang datang terlebih dahulu akan mendapat pelayanan prioritas. Teori ini dapat digunakan secara ideal apabila suatu bandar udara memiliki runway yang berbeda untuk operasi lepas landas dan operasi pendaratan pesawat. Bandar udara yang hanya memiliki 1 runway digunakan untuk operasi lepas landas dan pendaratan, maka keberangkatan dihitung dengan menggunakan distribusi Poisson, sedangkan proses pendaratan lebih pada teori antrian. Hal ini dapat dirumuskan apabila jadwal keberangkatan dan kedatangan pada suatu bandar udara diketahui secara tepat dan pasti.

- b. Mixed Operation Runway (runway digunakan untuk operasi campuran).

Untuk operasi campuran, proses perhitungan akan semakin kompleks dimana model jarak arrival harus dikembangkan terlebih dahulu. Dalam penggunaan runway, arrival diprioritaskan daripada departure. Proses permintaan yang akan take-off diasumsikan akan menggunakan distribusi poisson dan proses landing

tidak diasumsikan menggunakan distribusi poisson akan tetapi merupakan output dari antrian pesawat yang akan take-off.

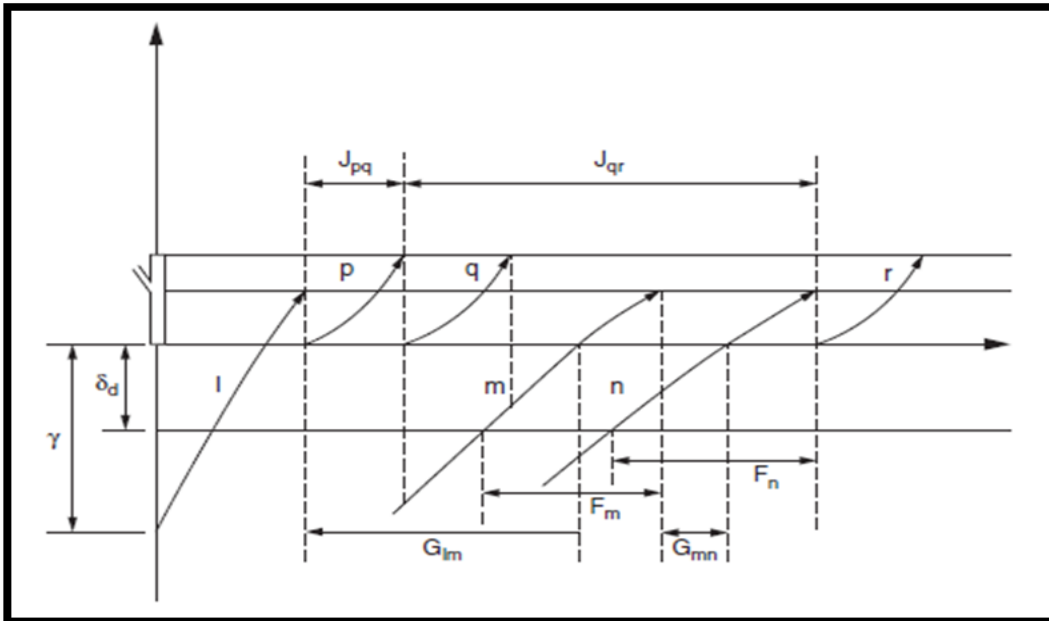
2.4.3.4 Time-Space Concept

Diagram konsep time space digunakan dan dimanfaatkan untuk *sequencing* pesawat dan pada *adjacent airspace*. Diagram tersebut dimanfaatkan dengan ketentuan sebagai berikut :

- a. 2 (dua) pesawat tidak boleh menggunakan runway pada waktu bersamaan;
- b. Pesawat yang mendarat prioritas daripada pesawat take-off;
- c. Pesawat dapat direlease jika runway telah aman (*clear runway*) atau pesawat yang akan landing selanjutnya memiliki jarak separasi yang aman dengan pesawat yang take-off/landing.

Perhitungan yang digunakan adalah konsep jarak pisah aman yang dinyatakan dalam waktu tempuh. Waktu yang diperlukan untuk operasi masing-masing pesawat akan dihitung hingga diketahui berapa banyak operasi pesawat yang dapat di akomodirrunway pada setiap satuan waktu tertentu.

Berbagai selang waktu yang terdapat dalam model digambarkan pada gambar *time space diagram analysis*. Fungsi diagram yakni untuk mengerti urutan operasi pesawat pada suatu sistem *runway* dan pada ruang angkasa disekitarnya. *Time space analysis* merupakan sebuah metode sederhana yang digunakan untuk menghitung kapasitas *runway* udara jika waktu antar kedatangan (*headway*) pesawat diketahui.



Gambar 2.8 Konsep diagram waktu dan jarak untuk operasi-operasi campuran pada sistem runway, Sumber: Horenjeff dkk (2010).

Pada gambar 2.8 diperlihatkan tiga operasi kedatangan dan tiga operasi keberangkatan. Aturan-aturan pengurutan dasar yang digunakan untuk melayani pesawat terbang tersebut:

1. Dua pesawat terbang tidak boleh dioperasikan pada *runway* pada saat yang bersamaan.
2. Pesawat yang datang diberikan prioritas untuk menggunakan *runway* dari pada pesawat yang berangkat

Operasi keberangkatan dapat dilakukan apabila *runway* telah bebas dan kedatangan selanjutnya paling sedikit berada pada suatu jarak tertentu dari ambang *runway*.

2.4.3.5 Metode DORATASK

Model yang banyak digunakan untuk penilaian tugas dan analisis *capacity* adalah model DORATASK. Model ini digunakan oleh Biro Riset dan Analisis Operasional Inggris untuk memperkirakan kapasitas sektor ATC (DORA Interim Report 8818), untuk sektor terminal (DORA Interim Report 8916) dan untuk

mengkalibrasi model simulasi untuk dua sektor rute dari London ACC DORA Report 8927).

Model DORATASK telah menjadi dasar bagi banyak aplikasi dan model perhitungan kapasitas lainnya, dengan memperhitungkan beban kerja *controller*. Namun, ini bukan satu-satunya model yang harus dipertimbangkan karena, seperti dicatat, ada beberapa keterbatasan. Namun demikian, model ini cukup sesuai untuk studi kapasitas sektor ATC.

Parameter yang digunakan dalam analisa adalah sebagai berikut:

- *Aircraft Mix*;
- *Runway Occupancy Time*;
- Separasi yang diberikan oleh controller.

Aircraft Mix. Kategori pesawat berdasarkan pada kecepatan pendekatan/*approach speed* sesuai dengan Dokumen ICAO Doc. 8168 PANS-OPS. Kecepatan pendekatan terbagi atas 5 (lima) kategori, tergantung pada kecepatan pesawat menuju threshold (*threshold speed*) dimana kecepatan tersebut adalah 130% dari *stall speed* pada saat konfigurasi pendaratan (*full flap, gear down*).

Runway Occupancy Time adalah waktu rata – rata yang diperlukan setiap pesawat udara untuk menggunakan runway baik untuk lepas landas maupun mendarat.

Separasi yang diberikan oleh petugas ATC tertuang dalam SOP lokal. Data separasi yang perlu diketahui oleh surveyor antara lain separasi pesawat outgoing & incoming, dan prosedur lainnya.

Langkah-langkah Perhitungan Runway Capacity Dengan Menggunakan Metode DORATASK

Langkah 1 :

Pengumpulan data *Runway occupancy time* (ROT) ketika take off (ROTT) dan landing (ROTL) seperti yang terdapat pada lampiran. Data ROT direkapitulasi dan

dikategorisasi hingga mendapatkan 1 (satu) nilai tunggal untuk masing-masing kategori pesawat pada masing-masing runway.

Langkah 2 :

Menghitung waktu rata-rata aritmatika ROT berdasarkan kategori pesawat (*Arithmetical Mean Runway Occupancy Time/AMROT*).

Langkah 3:

Data sekunder pergerakan pesawat selama 1 minggu dapat digunakan untuk menghitung persentase penggunaan runway berdasarkan kategori pesawat (*MIX*).

Langkah 4 :

Nilai *Runway Occupancy Times* setiap kategori pesawat (langkah 2) dikalikan dengan *Mix Index* setiap kategori pesawat (langkah 3) dan dimasukkan dalam persamaan :

$$MROT = \frac{\sum (AMROT_{CATX} \cdot MIX_{CATX})}{100} \quad (2.4)$$

Langkah 5 :

Menghitung kapasitas fisik runway (*Physical Capacity Runway/PCR*) selama 1 jam yang diubah kedalam satuan detik, maka dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$PCR = \frac{3600}{MROT} \quad (2.5)$$

Langkah 6 :

Data pergerakan pesawat selama 1 tahun diperlukan untuk menghitung kapasitas fisik aerodrome (*Aerodrome Physical Capacity/APC*). Persentase pembobotan dihitung pada tiap runway walaupun pada akhir penghitungan akan dianalisis menjadi 1 nilai runway.

$$APC = \frac{\sum(PCR_{RWYX} \cdot \%UP_{RWYX})}{100} \quad (2.6)$$

Langkah 7:

Survey waktu terbang antara Outer Marker/Final Approach Segment/poin referensi dan Threshold. Waktu pencatatan dimulai ketika pesawat melewati Outer Marker hingga melewati threshold, jika tidak terdapat Outer Marker dapat dihitung ketika pesawat memasuki *Final Approach Segment* hingga melewati threshold atau suatu poin referensi. Poin referensi adalah suatu titik/jarak aman terdekat posisi pesawat yang akan landing dimana pesawat tidak boleh menggunakan runway untuk take-off. Data waktu terbang direkap dan dikategorisasikan hingga mendapatkan nilai tunggal untuk masing-masing kategori pesawat pada setiap runway.

Langkah 8:

Menghitung kecepatan pendekatan pesawat antara Outer marker dan Threshold (AV). Data yang didapat pada langkah 7 digunakan untuk menghitung waktu rata-rata setiap kategori pesawat untuk melewati Outer Marker/final approach segment/poin referensi hingga melewati threshold pada setiap runway.

$$AV_{CATX} = \frac{\text{Jarak OM/FAS - THR (nm)}}{T Flight_{CATX}} \quad (2.7)$$

Langkah 9 :

Menghitung rata – rata kecepatan pendekatan pesawat antara OM/FAS/poin referensi dan THR (*Mean speed in the Final approach/MV*)

$$MV = \frac{(MIX_A \cdot AV_A) + (MIX_B \cdot AV_B) + \dots + (MIX_E \cdot AV_E)}{100} \quad (2.8)$$

Langkah 10:

Menentukan jarak aman (Safety separation/SS). Metode Doratask menerapkan kemungkinan memasukan pesawat take-off diantara 2 pesawat landing tanpa mempengaruhi *RSM (Regulatory Separation Minima)* yang ada.

Dengan memperkirakan jarak terbang (*distance flown*) pesawat kedua ketika berada di final approach ketika pesawat yang pertama dirunway (sudah landing) ditambahkan dengan RSM maka separasi yang dibutuhkan untuk memasukan pesawat take-off diantara 2 pesawat landing akan didapatkan.

Adapun jarak terbang (*flown distance*) didapatkan dengan mengalikan mean speed final approach yang kita dapatkan pada langkah 9 dengan MROT yang didapatkan pada langkah 4.

$$SS = MV \times MROT \quad (2.9)$$

Langkah 11:

Menentukan total jarak aman antara 2 consecutive landing (*total separation between 2 consecutive landing/TS*). Total jarak aman didapatkan dengan menambahkan safety separation pada langkah 10 dengan RSM. RSM adalah *regulatory separation minima*, yaitu separasi yang diberikan antar pesawat incoming dan outgoing sesuai dengan SOP yang berlaku. Untuk memasukan pesawat take-off tersebut maka safety distance harus ditambahkan dengan separasi approach antar 2 pesawat yang akan landing untuk dapat memasukan pesawat take-off ketika pesawat pertama sudah landing tanpa mempengaruhi separasi dengan pesawat kedua yang berada pada posisi approach.

$$TS = SS + RSM \quad (2.10)$$

Langkah 12:

Menghitung waktu antara 2 *consecutive landing* (*weighted time between 2 consecutive landing/MTTS*), dilakukan dengan menghitung total separasi antara 2 *consecutive landing* yang didapat dari pembagian antara jarak aman total (langkah 11) dengan kecepatan rata – rata pesawat dan dihitung untuk tiap threshold pada masing – masing runway.

$$MTTS = \frac{TS}{MV} \quad (2.11)$$

Langkah 13:

Menentukan jumlah pesawat yang dapat mendarat dalam 1 jam (*Number of Landings in a One-hour Interval/P*). Hasil yang didapat pada langkah 12 digunakan sebagai pembagi untuk menghitung berapa kemungkinan pesawat yang dapat landing.

Langkah 14:

Menentukan jumlah pesawat yang dapat take off dalam kurun waktu 1 jam (*Number of Take-offs in a One-hour Interval/D*). Berdasarkan waktu total separasi yang didapat memungkinkan 1 pesawat dapat take-off diantara 2 consecutive landing, maka dari jumlah pesawat yang landing dapat dihitung jumlah pesawat yang dapat take-off diantara pesawat landing tersebut dengan persamaan :

$$D = P - 1 \quad (2.12)$$

Langkah 15:

Menentukan *Theoretical Runway Capacity/TRC*. Adapun nilai kapasitas runway secara teori adalah nilai kapasitas dengan mempertimbangkan ROT, waktu terbang dan separasi yang diberikan. Nilai tersebut didapatkan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

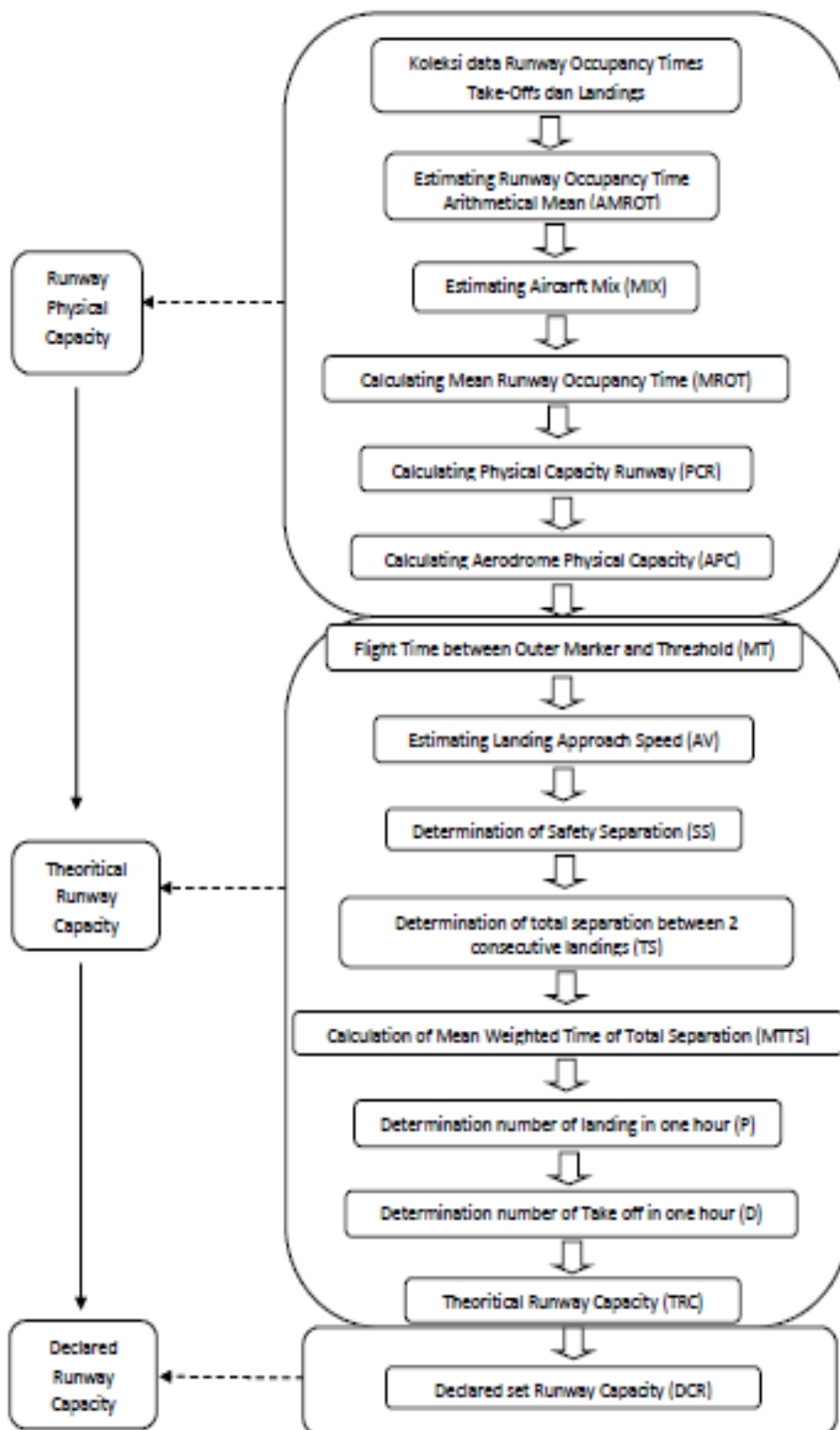
$$TRC = D + P \quad (2.13)$$

Langkah 16:

Kapasitas total runway yang dipublikasikan (*Declared Capacity of the Runway/DCR*) adalah nilai kapasitas total berdasarkan persentase penggunaan setiap runway yang dinilai tepat secara operasional.

$$DCR = \frac{(UP_A.TRC_A)+(UP_B.TRC_B)+.....(UP_E.TRC_E)}{UP_A+UP_B+.....UP_E} \quad (2.14)$$

Nilai DRC yang didapat pada langkah 16 adalah nilai 100%, untuk keperluan publikasi nilai kapasitas dapat menggunakan nilai 80 s/d 90% sesuai dengan kebijakan manajemen dan keperluan operasional.



Gambar 2.9 Diagram Perhitungan Runway Capacity dengan Metode Doratask

2.5. Sistem Navigasi Transportasi Udara

Sistem navigasi ditujukan agar pesawat tidak tersesat dalam melakukan penerbangan. Panel-panel instrument navigasi pada kokpit pesawat memberikan berbagai informasi untuk system navigasi mulai dari informasi arah dan ketinggian pesawat. Teknik yang digunakan untuk navigasi di udara akan tergantung pada pesawat yang terbang, yakni pesawat menggunakan *Visual Flight Rules (VFR)* atau *Instrument Flight Rules (IFR)*

2.5.1. Fasilitas Navigasi di Bandara

Fasilitas navigasi adalah salah satu prasarana penunjang operasi bandara. Fasilitas ini dibagi menjadi dua kelompok peralatan, yaitu:

1. Peralatan pengamatan penerbangan

a. *Primary Surveillance Radar (PSR)*

PSR merupakan peralatan untuk mendeteksi dan mengetahui posisi dan data target yang ada di sekelilingnya secara pasif, di mana pesawat tidak ikut aktif jika terkena pancaran sinyal RF radar primer. Pancaran tersebut dipantulkan oleh badan pesawat dan dapat diterima di system penerima radar.

b. *Secondary Surveillance Radar (SSR)*

SSR merupakan peralatan untuk mendeteksi dan mengetahui posisi dan data target yang ada di sekelilingnya secara aktif, di mana pesawat ikut aktif jika menerima pancaran sinyal RF radar sekunder. Pancaran radar ini berupa pulsa-pulsa mode, pesawat yang dipasang transponder, akan menerima pulsa-pulsa tersebut dan akan menjawab berupa pulsa-pulsa code ke system penerima radar.

c. *Air Traffic Control Automation (ATC Automation)* terdiri dari RDPS, FDPS. *ADBS-B Processing* dan *ADS-C Processing*.

d. *Automatic Dependent Surveillance Broadcast (ADS-B)* dan *Automatic Dependent Surveillance Contract (ADS-C)* merupakan teknologi pengamatan yang menggunakan pemancaran informasi posisi oleh pesawat sebagai dasar pengamatan.

- e. *Airport Surface Movement Ground Control System (ASMGCS)*
- f. *Multilateration*
- g. *Global Navigation Satellite System*

2. Peralatan rambu udara radio

Peralatan rambu udara radio yaitu peralatan navigasi udara yang berfungsi memberikan signal informasi berupa bearing (arah) dan jarak pesawat terhadap *Ground Station*, yang terdiri dari peralatan:

a. Non Directional Beacon (NDB)

Fasilitas navigasi penerbangan yang bekerja dengan menggunakan frekuensi rendah (low frequency) dan dipasang pada suatu lokasi tertentu di dalam atau di luar lingkungan Bandar udara sesuai fungsinya.

b. VHF Omnidirectional Range (VOR)

Fasilitas navigasi penerbangan yang bekerja dengan menggunakan frekuensi radio dan dipasang pada suatu lokasi tertentu di dalam atau di luar lingkungan Bandar udara sesuai fungsinya.

c. Distance Measuring Equipment (DME)

Alat Bantu navigasi penerbangan yang berfungsi untuk memberikan panduan/informasi jarak bagi pesawat udara dengan stasiun DME yang dituju (*Stant range distance*). Penempatan DME pada umumnya berpasangan (*collocated*) dengan VOR atau *Glide Path* ILS yang ditempatkan di dalam atau di luar lingkungan bandara tergantung fungsinya.

2.5.2 Pemandu Lalu lintas Bandara

Pemandu lalu lintas udara atau *Air traffic controller* (ATC) merupakan pengatur lalu lintas udara yang tugas utamanya mencegah pesawat terlalu dekat satu sama lain dan menghindarkan dari tabrakan (*marking separation*). Selain tugas *separation*, ATC juga bertugas mengatur kelancaran arus *traffic* (*traffic flow*), membantu pilot dalam menghandle keadaan darurat, dan memberikan informasi yang

dibutuhkan pilot yakni, *weather information* atau informasi cuaca, *traffic information*, *navigation information*, dll.

ATC merupakan rekan dekat seorang pilot disamping unit lainnya, peran ATC sangat besar dalam tujuan penerbangan. Semua aktifitas pesawat didalam area pergerakan diharuskan mendapat izin terlebih dahulu melalui ATC, dimana nantinya ATC akan memberikan informasi, instruksi, clearance atau izin kepada pilot sehingga tercapai tujuan keselamatan penerbangan. Semua komunikasi antara ATC dengan pilot dilakukan dengan peralatan yang sesuai dan memenuhi aturan.

Sesuai dengan *Civil Aviation And Safety Regulation (CASR)* dan *International Civil Aviation Organization (ICAO)* dalam *Annex 11 air traffic service, chapter 2 air traffic service planning 2.2* (1998), lima tujuan dari pelayanan lalu lintas udara, yaitu:

1. Mencegah tabrakan antar pesawat di udara.
2. Mencegah pesawat di daerah pergerakan dengan halangan lainnya.
3. Mempertahankan keteraturan dan kelancaran arus lalu lintas penerbangan.
4. Memberi saran dan informasi untuk keselamatan dan efisiensi untuk penerbangan.
5. Memberitahukan instansi yang berkaitan dengan pesaawat yang membutuhkan pertolongan unit SAR (*Search and Rescue*) dan membantu instansi tersebut apabila diperlukan.

Menurut *International Civil Aviation Organization (ICAO)* Circular 241-AN/45, pemandu lalu lintas udara harus mampu merencanakan pengaturan lalu lintas udara, melaksanakan rencana tersebut, mengambil keputusan, menyelesaikan masalah, dan merumuskan prediksi-prediksi.

2.5.3 Jenis Pelayanan Pemandu Lalu Lintas Udara

Sesuai dengan tujuan pemberian air *traffic service Anex 11 International Civil Aviation Organization (ICAO)* 1998 dan peraturan pemerintah nomor.77 tahun 2012 tentang perum lembaga penyelenggara pelayanan navigasi penerbangan Indonesia pasal 13 ayat 2 menjelaskan tentang pelayanan penerbangan (*Air Traffic*

Service/ATS) terdiri atas pelayanan pemanduan lalu lintas penerbangan (*Air Traffic Control Service*); pelayanan informasi penerbangan (*Flight Information Service*); pelayanan kesiagaan (*Alerting Service*).

1. *Air Traffic Control Service*

Pelayanan lalu lintas udara (*air traffic control service*) terbagi dalam tiga bagian yakni:

a. *Aerodrome Control Service*

Memberikan layanan *Air Traffic Control Service*, *Flight Information Service*, dan *Alerting Service* yang diperuntukkan bagi pesawat terbang yang beroperasi atau berada di bandar udara dan sekitarnya (*vicinity of aerodrome*) seperti *take off*, *landing*, *taxiing*, dan yang berada di kawasan *manoeuvring area*, yang dilakukan di menara pengawas (*control tower*). Unit yang bertanggung jawab memberikan pelayanan ini disebut *Aerodrome Control Tower* (ADC).

b. *Approach Control Service*

Memberikan layanan *Air Traffic Control Service*, *Flight Information Service*, dan *Alerting Service*, yang diberikan kepada pesawat yang berada di ruang udara sekitar bandar udara, baik yang sedang melakukan pendekatan maupun yang baru berangkat, terutama bagi penerbangan yang beroperasi terbang instrumen yaitu suatu penerbangan yang mengikuti aturan penerbangan instrumen atau dikenal dengan *Instrument Flight Rule* (IFR). Unit yang bertanggung jawab memberikan pelayanan ini disebut *Approach Control Office* (APP).

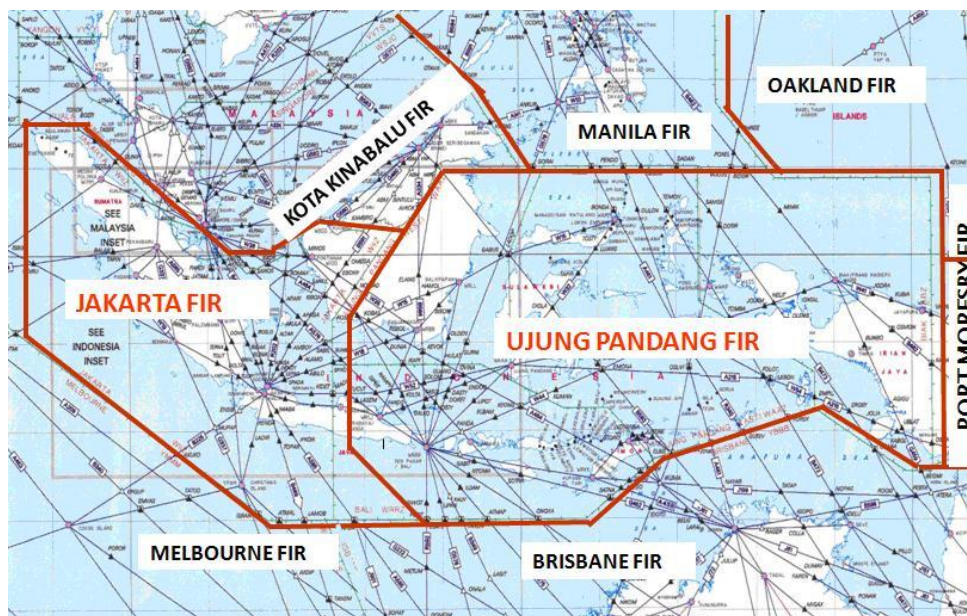
c. *Area Control Service*

Memberikan layanan *Air Traffic Control Service*, *Flight Information Service*, dan *Alerting Service*, yang diberikan kepada penerbang yang sedang menjelajah (*en-route flight*) terutama yang termasuk penerbangan terkontrol (*controlled flights*). Unit yang bertanggung jawab memberikan pelayanan ini disebut *Area Control Centre* (ACC).

2. FIS (*Flight Information Service*)

FIS (*Flight Information Service*) merupakan bentuk pelayanan lalu lintas udara yang tersedia untuk setiap pesawat dalam *Flight Information Region* (FIR) yang disepakati secara internasional oleh ICAO. FIR merupakan ruang udara tertentu yang menyediakan layanan informasi penerbangan dan layanan peringatan. Saat ini FIR adalah pembagian ruang udara terbesar yang masih digunakan. FIR sudah ada sejak 1947, pada setiap bagian atmosfer bumi adalah bagian dari sebuah FIR. Untuk ruang udara pada negara-negara kecil dicakup oleh satu FIR, sedangkan ruang udara pada negara-negara besar dibagi menjadi beberapa FIR regional.

Pengendalian lalu lintas udara Indonesia terbagi atas dua wilayah FIR yakni FIR Jakarta dan FIR Ujung Pandang (Makassar) dengan dibantu FIR Singapura untuk sector A, B dan C (wilayah diatas Batam, Matak dan Natuna).



Gambar 2.10 Wilayah FIR Indonesia

FIS didefinisikan sebagai informasi yang berkaitan dengan keselamatan, keamanan, dan efisiensi untuk operasi penerbangan yang mencakup informasi tentang lalu lintas penerbangan. Informasi penerbangan mencakup:

- Informasi meteorologi
- Informasi tentang aerodrome

➤ Informasi tentang kemungkinan bahaya untuk penerbangan

FIS harus disediakan untuk semua jenis pesawat yang dilengkapi dengan layanan pengendalian lalu lintas udara (ATC). Semua unit pelayanan lalu lintas udara akan memberikan FIS untuk pesawat apapun. FIS sangat bermanfaat bagi bandara, karena FIS merupakan sebuah sistem yang konsisten dan akurat dalam sistem operasional, efektif mengendalikan proses operasional, perencanaan produktivitas dan pengukuran, peningkatan dalam penanganan (penumpang/barang/pesawat), pelaporan yang fleksibel, serta kualitas informasi yang baik.

2.5.4 Sistem Pendaratan Pesawat

Sistem pendaratan pesawat atau *Instrument Landing System* (ILS) adalah suatu sistem peralatan yang ada di bandar udara yang digunakan untuk memandu pesawat dalam melakukan pendaratan dengan aman dan lancar. *Instrument Landing System* menggunakan dua transmisi. Transmisi yang pertama berfungsi untuk memandu pesawat menuju *runway*, transmisi yang kedua menginformasikan tentang ketinggian pesawat dari *runway*.

Alur pendaratan pesawat terbang dengan dipandu ILS yakni setelah memberi tahu pada bandara yang dituju, awak pesawat menunggu instruksi dari petugas *Air Traffic Control*. Pesawat akan diarahkan oleh ILS melalui radio beacon untuk menentukan arah pendaratan agar tepat pada tengah tengah *runway*.

Posisi holding dapat ditentukan berdasarkan *VHF Omnidirectional Range* (VOR), *Non Directional Beacon* (NDB), atau Fix (*intersection/waypoint*) tertentu, posisi tersebut dinamakan *holding fix*. Pola holding adalah race track yang dirancang dengan mempertimbangkan clearance dari obstacle (menara, bangunan, gunung, dll). Beberapa pesawat dapat terbang dengan pola holding yang sama pada saat yang sama dan dipisahkan secara vertical dengan ketinggian 1000ft atau lebih.

Saat pesawat akan memasuki *holding area*, pesawat harus menurunkan kecepatan dalam waktu 3 menit. Mengurangi kecepatan di *holding area* ditujukan untuk mengurangi bahan bakar pesawat. Kecepatan maksimum di holding pattern berbeda-beda tergantung jenis pesawat. Untuk mengetahui batasan holding berdasarkan ICAO dapat dilihat tabel berikut:

Tabel 2.6 Batas kecepatan pesawat saat holding

Ketinggian	Kondisi Normal	Kondisi Turbulence
≤ 140000 ft	230 knots, (170 knots untuk pesawat kategori A dan B)	280 knots, (170 knots untuk pesawat kategori A dan B)
14000 – 20000 ft	240 knots	280 knots atau Mach 0.8, yang lebih kecil
20000 – 34000 ft	265 knots	
>34000 ft	Mach. 0.83	Mach. 0.83

2.6 Separasi Pesawat

Dalam Annex 2 – Rules of Air distandarkan berbagai peraturan tentang operasional penerbangan. Dua aturan utama dalam dunia penerbangan sipil adalah:

1. Visual Flight Rules (VFR)
2. Instrument Flight Rules (IFR)

VFR (Visual Flight Rules) adalah cara menerbangkan pesawat terbang dengan hanya melihat kompas dan daratan dengan mengikuti tanda-tanda alam seperti sungai, gunung, pantai atau juga mengikuti jalan raya sebagai acuan. Cara seperti ini dilakukan pada awal perkembangan dunia penerbangan, akan tetapi cara terbang seperti VFR ini mempunyai keterbatasan, salah satunya keadaan cuaca dan jarak pandang yg harus bagus. Keadaan cuaca seperti hujan dan kabut bisa mengakibatkan jarak pandang yg berkurang. Kondisi cuaca untuk menerbangkan pesawat dengan cara/aturan VFR disebut VMC (Visual Meteorological Condition).

Dibeberapa negara aturan utama tersebut telah berkembang sehingga bertambah menjadi Special Visual Flight Rules (SVFR), dan memiliki ragam batasan dari beberapa negara . SVFR tidak ditentukan atau ditawarkan oleh ATC, artinya dapat diijinkan atau tidak. SVFR merupakan bentuk pelayanan yang biasanya diminta oleh penerbang yang akan melakukan penerbangan dengan VFR di bawah kondisi VMC (*visual meteorological condition*) yaitu kondisi cuaca yang kurang baik secara visual.

Seiring perkembangan teknologi penerbangan yang mampu membuat pesawat terbang semakin cepat, semakin tinggi serta sistem navigasi semakin canggih, penerbang tidak punya waktu atau bahkan tidak bisa menerbangkan pesawat dgn rujukan posisi di darat seperti terbang dengan cara VFR. Teknologi penerbangan memungkinkan penerbang hanya mengikuti panduan instrument di dalam pesawat. Aturan cara terbang seperti ini disebut IFR (*Instrument Flight Rules*), yang disediakan oleh pemandu lalu lintas udara yang ada di bandara. Kondisi cuaca untuk menerbangkan pesawat dengan cara/aturan IFR disebut IMC (*Instrument Meteorological Condition*).

Jarak antara dua pesawat yang akan beroperasi pada *runway* diatur sesuai dengan keadaan IFR dalam kondisi cuaca IMC atau VFR dalam kondisi cuaca VMC. Berikut adalah aturan jarak pemisahan pesawat untuk masing-masing karakteristik pesawat.

Tabel 2.7 Jarak minimum *Arrival-Arrival* Separation Pada Kondisi IMC

Minimum Separation Matrix (nm)		<i>Arrivals-Arrivals</i>		
lead	Trailing			
	Small	Large	Heavy	
Small	3	3	3	
Large	5	3	3	
Heavy	6	5	3	

Tabel 2.8 Jarak minimum *Departure – Departure* Separation Pada Kondisi IMC

Minimum Separation Matrix (seconds)		Departure-Departure		
Lead	Trailing			
	Small	Large	heavy	
Small	60	60	60	
Large	60	60	90	
Heavy	120	120	120	

Tabel 2.9 Jarak minimum *arrival – arrival* pada kondisi VMC

Minimum Separation Matrix (nm) <i>Arrivals-Arrivals</i>			
Lead	Trailing		
	Small	Large	heavy
Small	2,4	2,4	2,4
Large	5	2,4	2,4
Heavy	6	4	2,7

Tabel 2.10 Jarak minimum *departure-departure* pada kondisi VMC

Minimum Separation Matrix (nm) <i>Arrivals-Arrivals</i>			
Lead	Trailing		
	Small	Large	heavy
Small	50	50	50
Large	50	50	75
Heavy	90	90	90

2.7 Karakteristik Pesawat

Sebelum merancang pengembangan sebuah lapangan terbang, dibutuhkan pengetahuan karakteristik pesawat terbang secara umum untuk merencanakan prasarananya. Karakteristik pesawat terbang antara lain:

- Berat (*Weight*)
Berat pesawat diperlukan untuk merencanakan tebal perkerasan dan kekuatan *runway*.
- Ukuran (*Size*)
Lebar dan panjang pesawat (*Fuselage*) mempengaruhi dimensi *runway*.
- Kapasitas Penumpang
Kapasitas penumpang berpengaruh terhadap perhitungan perencanaan kapasitas *runway*.
- Panjang *Runway*
Berpengaruh terhadap luas tanah yang dibutuhkan suatu bandar udara.

Bagi pesawat besar, yang sangat menentukan kebutuhan panjang landasan adalah jarak yang akan ditempuh sehingga menentukan berat lepas landas (*Take off Weight*).

Karakteristik dari beberapa pesawat terbang dapat dilihat pada Tabel 2.11 dibawah ini:

Tabel 2.11 Karakteristik Pesawat

Jet Aircraft between 100,000 and 250,000 lb MSTOW ¹ (Narrow Body Jets)									
Aircraft	Manufacturer	Wingspan	Length	Wheel Base	Wheel Track	MSTOW ¹ (lb)	# Engines	Avg. # Seats	Runway Required (ft) ¹
A-319	Airbus Industrie	111'25"	111'02"	41'33"	24'93"	141,095	2	140	5,800
MD-87	McDonnell-Douglas	107'10"	130'05"	62'11"	16'08"	149,500	2	135	7,600
MD-90-30	McDonnell-Douglas	107'10"	152'07"	77'02"	16'08"	156,000	2	165	6,800
A-320-200	Airbus Industrie	111'03"	123'03"	41'05"	24'11"	158,730	2	160	5,700
B-737-800	Boeing	112'06"	124'11"	50'09"	18'8"	172,445	2	175	
B-727-200	Boeing	108'00"	153'03"	63'03"	18'09"	184,800	3	165	8,600
B-757-200	Boeing	124'10"	155'03"	60'00"	24'00"	220,000	2	210	5,800
A310-300	Airbus Industrie	144'00"	153'01"	49'11"	31'06"	330,690	2	240	7,500
B-767-300	Boeing	156'01"	180'03"	74'08"	30'06"	345,000	2	275	8,000
A-300-600	Airbus Industrie	147'01"	175'06"	61'01"	31'06"	363,765	2	310	7,600
L-1011-500	Lockheed	164'04"	164'03"	61'08"	36'00"	510,000	3	290	9,200
B-777-200	Boeing	199'11"	209'01"	84'11"	36'00"	535,000	2	375	8,700
DC-10-40	McDonnell-Douglas	165'04"	182'03"	72'05"	35'00"	555,000	3	325	9,500
A-340-200	Airbus Industrie	197'10"	195'00"	62'11"	16'09"	558,900	4	320	7,600
DC-10-30	McDonnell-Douglas	165'04"	182'03"	72'05"	35'00"	572,000	3	320	9,290
MD-11	McDonnell-Douglas	170'06"	201'04"	80'09"	35'00"	602,500	3	365	9,800
B-747SP	Boeing	195'08"	184'09"	67'04"	36'01"	630,000	4	315	7,000
B-747-400	Boeing	213'00"	231'10"	84'00"	36'01"	800,000	4	535	8,800

Sumber: Horenjeff dkk (2010).

Menurut Basuki (1984), beberapa macam berat pesawat yang berhubungan dengan operasi penerbangan adalah sebagai berikut.

1. Operating Weight Empty (Berat Kosong Operasi) Merupakan berat dasar pesawat, termasuk crew dan peralatan pesawat, tapi tidak termasuk bahan bakar dan penumpang/barang yang membayar. Berat kosong operasi tidak tetap untuk pesawat-pesawat komersil, besarnya tergantung pada konfigurasi tempat duduk.

2. Payload (muatan) adalah muatan yang menghasilkan pendapatan (income) total, termasuk penumpang, barang, pos, paket-paket dan express bagasi.
3. Zero Fuel Weight (Berat Pesawat Tanpa Bahan Bakar) adalah jumlah berat kosong operasi ditambah muatan. Jadi Zero Fuel Weight merupakan berat tanpa bahan bakar saja.
4. Maximum Ramp Weight Merupakan berat maksimum pesawat yang diizinkan untuk melewati *taxiway*. Pada saat pesawat *taxiing* dari apron menuju ujung *runway* dia berjalan dengan kekuatannya sendiri, membakar bahan bakar sehingga kehilangan berat.
5. Maximum Structural *landing* Weight (Berat Pendaratan Struktur Maksimum) Adalah kemampuan pesawat maksimum dalam pendaratan. Struktur roda utama pesawat dirancang untuk menyerap gaya-gaya yang timbul selama pendaratan. Makin besar gaya-gaya itu, maka roda pesawat harus lebih kuat
6. Maximum Structural *Take-off* Weight (Berat Lepas Landas Struktur Maksimum) adalah berat pesawat maksimum yang diperbolehkan pada pelepasan rem untuk lepas landas. Berat ini tidak termasuk bahan bakar untuk jalan perlahan-lahan dan berpindah. Berat ini meliputi berat kosong operasi, berat bahan bakar untuk perjalanan dan cadangan serta berat muatan.

2.8 Perhitungan Bahan Bakar Operasi Pesawat

Salah satu faktor penting dalam operasi penerbangan pesawat adalah bahan bakar. Penyediaan bahan bakar harus dilaksanakan dengan tepat serta memenuhi persyaratan mutu dan kuantitas agar tercipta kelancaran operasi penerbangan dan terjamin. Selain itu alokasi bahan bakar juga harus sesuai dengan rencana penerbangan yang telah dibuat. Faktor yang mempengaruhi pemakaian bahan bakar pesawat yaitu:

1. Karakteristik dan performa mesin dan sayap (masing-masing model pesawat dan engine berbeda cara kerjanya, usia engine juga berpengaruh terhadap performanya)
2. Berat + beban muatan pesawat (penumpang dan atau barang yang diangkut)

3. Kondisi lingkungan (seperti suhu, temperatur, tekanan, dan kelembaban, angin, dan sebagainya) mempengaruhi ketinggian dan kecepatan optimal pesawat.
4. Posisi heading pesawat, apakah climb/menanjak atau cruise/terbang datar atau berbelok atau descend/menurun.
5. Jenis bahan bakar yang digunakan.

Tabel 2.12 Rata-rata konsumsi bahan bakar pesawat jet

Aircraft	Engine	Fuel Consumption, lb/h	Fuel Consumption per Engine lb/h
EMB-145	AE3007A	2,253	1,127
A320-200	CFM56-5A3	4,054	2,027
A-319-100	CFM56-5A4	6,966	3,483
B-737-500	FM56-3B1R	7,879	3,940
B-737-200	JT8B-15A	8,829	4,415
B-757-200	RB211-535E4B	11,109	5,555
B-767-300	CF6-802C2B2F	11,893	5,947
A340-300	CFM-56-5C4	16,093	4,023
B-747-200	RB211-524D4	28,638	7,160

Sumber: Horenjeff dkk (2010).

Tabel 2.12 merupakan konsumsi bahan bakar pesawat berdasarkan jenis pesawat dan mesin yang digunakan. Konsumsi bahan bakar pesawat berpengaruh terhadap operasional maskapai. Apabila terjadi tundaan dalam penerbangan maka maskapai mengeluarkan biaya lebih untuk bahan bakar pesawat. Megan S. Ryerson (2014) melakukan penelitian tentang pengaruh konsumsi bahan bakar pesawat dan *delay*, disebutkan bahwa pengurangan konsumsi bahan bakar dapat melalui pengurangan *delay* dan peningkatan efisiensi daerah terminal.

2.9 Hubungan Kapasitas Dan *Delay*

Informasi tentang kapasitas bandara dan *delay* penting untuk perencanaan bandara. Kapasitas digunakan untuk menentukan kemampuan pengolahan suatu fasilitas pelayanan selama jangka waktu tertentu. Untuk mengetahui kapasitas maksimum dari suatu fasilitas pelayanan, harus terdapat permintaan yang berkesinambungan terhadap pelayanan tersebut. Apabila permintaan mendekati

kapasitas, penundaan terhadap pesawat terbang akan meningkat. Hal ini terjadi pada Bandara Internasional Juanda, permintaan akan jasa transportasi udara sudah melebihi kapasitas yang ada pada fasilitas bandara. Oleh karena itu perlunya studi mengenai kapasitas dan *delay* untuk menentukan cara-cara yang efektif dan efisien dalam meningkatkan kapasitas dan mengurangi *delay* yang sering terjadi di bandara.

Dalam buku “*Planning and Design of Airports* (horenjeff dkk, 2010)” dikatakan bahwa ada keyakinan kuat dalam komunitas penerbangan, keuntungan yang signifikan dalam efisiensi transportasi udara dapat diwujudkan melalui pemahaman tentang faktor-faktor yang menyebabkan keterlambatan dan dengan penerapan inovasi teknologi dan kebijakan operasional untuk mengurangi *delay*.

2.10 Penelitian Terdahulu

Sub bab ini menguraikan beberapa penelitian sebelumnya dalam lingkup kapasitas sisi udara bandara, *taxiing*, fuel consumption aircraft. Studi tersebut adalah sebagai berikut:

1. Qing Liu, Tongshui Wu, Xianfei Luo (2011) meneliti tentang “A space-time network model based on improved genetic algorithm for airport taxiing scheduling problems” Sebuah model jaringan ruang-waktu berdasarkan peningkatan genetic algoritma untuk masalah schedule taxiing. Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi delay penerbangan dan mengurangi kepadatan di bandara menggunakan model penjadwalan taxi dengan desain space-time network. Simulasi kasus menunjukkan bahwa jadwal yang dioptimalkan secara signifikan mengurangi waktu taxi total sebesar 586 detik dari 17 penerbangan dibandingkan dengan strategi FCFS dan menghindari konflik penerbangan potensial, dimana sangat meningkatkan efisiensi operasional bandara.
2. Mikio Takebayashi (2010) melakukan riset tentang “The runway capacity constraint and airlines’ behavior: Choice of aircraft size and network design” dengan tujuan untuk mengungkapkan hubungan antara keterbatasan kapasitas runway di bandara hub dan perilaku maskapai penerbangan. Model konsumsi bahan bakar akan mengisolasi dampak dari keterlambatan dan inefisiensi area

terminal terhadap konsumsi bahan bakar. Kemudian dibahas definisi variabel keterlambatan secara mendalam, serta variabel tambahan yang digunakan dalam analisis. Analisis ini menunjukkan kemungkinan untuk mengurangi konsumsi bahan bakar melalui pengurangan delay dan perbaikan efisiensi di area terminal. Pengurangan rata-rata potensi bahan bakar di udara dari menghilangkan berbagai bentuk airborne delay, kelebihan waktu penerbangan yang direncanakan, dan delay keberangkatan menjadi 1,1-1,5% untuk beberapa operasi, pengurangan ini sampai 20%. Potensi penghematan bahan bakar dari perbaikan daerah terminal, berada di rentang 9-12%.

3. Yu Zhang, Qing Wang Yu Zhang, Qing Wang (2016) meneliti tentang “Methods for determining unimpeded aircraft taxiing time and evaluating airport taxiing performance” dengan tujuan untuk meningkatkan metode penentuan tanpa hambatan (nominal) waktu taxi, merupakan waktu referensi yang digunakan untuk memperkirakan taxi delay, indikator kinerja yang diterima secara luas pada pergerakan permukaan bandara. Waktu taxi tanpa hambatan adalah waktu referensi yang digunakan untuk memperkirakan taxi delay, indikator kinerja yang diterima secara luas surface movement bandara. Sebagaimana dicatat, metode yang berbeda-beda yang diterapkan oleh FAA dan Eurocontrol digunakan untuk mengukur efisiensi taxi. Oleh karena itu, penelitian ini pertama membandingkan tiga metode penentuan tanpa hambatan waktu taksi-out untuk bandara yang sama. Perbandingan menunjukkan bahwa metode APO dan PRU menyebabkan waktu tanpa hambatan taksi-out yang berbeda, akibatnya tingkat efisiensi taksi-out berbeda. Disarankan bahwa definisi yang jelas dari waktu taxi harus didefinisikan secara konsisten. Metode penentuan tanpa hambatan waktu taxi harus dikembangkan untuk evaluasi kinerja operasional bandara Metode yang diusulkan menyediakan metode yang konsisten dan lebih akurat dari perhitungan taxi delay dan dapat digunakan untuk analisis kinerja ATM-terkait dan perbandingan internasional.

Tabel 2.13 Analisis *research gap*

No	Pengarang	Tahun	Judul	Metode	ROT	Kapasitas Runway	Jaringan Bandara	Delay	Fuel Consumption	Konfigurasi airport	Schedule Taxiing	Aircraft Performance
1.	Mikio Takebayashi	2010	The runway capacity constraint and airlines' behavior: Choice of aircraft size and network design	Optimasi dan Simulasi		√	√	√	√			
1	Qing Liu, Tongshui Wu, Xianfei Luo	2011	A space-time network model based on improved genetic algorithm for airport taxiing scheduling problems	genetic algorithm, space-time network		√		√			√	
2.	José Manuel Rísquez Fernández, Mario Redondo Sánchez	2014	Solving air transport contingencies by using genetic algorithms - RUCCMAN	genetic algorithms - RUCCMAN		√		√		√		
3.	Yu Zhang, Qing Wang, Yu Zhang, Qing Wang	2016	Methods for determining unimpeded aircraft taxiing time and evaluating airport taxiing performance	APO dan PRU, estimasi				√			√	
4.	Franz Knabe, Michael Schultz	2016	A new way to indicate airport airside performance from an economic perspective	Optimasi		√						√
6.	Cahyaning Setyarini	2017	Analisis Dampak Pergeseran Runway Holding Position terhadap Runway Occupancy Time dan Runway Capacity	Dorataask, simulasi	√	√			√	√	√	

BAB III

METODOLOGI

Metodologi penelitian berisi tahapan – tahapan yang akan dilakukan untuk mencapai tujuan dari penelitian ini. Tahapan – tahapan tersebut terdiri dari lokasi penelitian dan rancangan penelitian (identifikasi permasalahan, studi literatur, pengumpulan data, pengamatan di lapangan, analisis dan evaluasi, serta kesimpulan dan saran).

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Bandar Udara Juanda Surabaya Provinsi Jawa Timur, Bandara tersebut terletak 15 km arah selatan Kota Surabaya. Sejarah singkat tentang Bandar Juanda Surabaya adalah sebagai berikut (Angkasa Pura 1, 2016):

1. Periode 1964-1981 (Departemen Pertahanan dan Keamanan).
 - 07 Februari 1964 diresmikan oleh Perdana Menteri Ir. H. Juanda sebagai Pangkalan TNI-AL.
 - Pengelolaan oleh TNI –AL.
2. Periode 1981-1984 (Departemen Perhubungan).
 - 07 Desember 1981 pengelolaan oleh Direktorat Jenderal Udara (Surat Keputusan Bersama Tiga Menteri).
3. Periode 1985-1993 (Perum Angkasa Pura 1).
 - 01 Januari 1985 dikelola Perum Angkasa Pura 1 Berdasarkan PP No. 30 Tahun 1984.
4. Periode 1993-Sekarang PT. Angkasa Pura 1 (Persero).
 - 02 Januari 1993 Perubahan status dari Perum Angkasa Pura 1 menjadi PT. (Persero) Angkasa Pura 1 Berdasarkan PP No.5 Tahun1992.
 - 07 November 2006 Bandara Juanda pindah lokasi ke sisi utara, diresmikan Presiden Republik Indonesia, Susilo Bambang Yudhoyono
 - 01 Desember 2012 *Ground Breaking* Terminal 2.

- 14 Februari 2014 *Soft Launching* Terminal 2.

Titik berat penelitian ini adalah pada fasilitas sisi udara yaitu taxiway dan runway. Fasilitas sisi udara Bandara Internasional Juanda dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Fasilitas Sisi Udara Bandara Internasional Juanda
Sumber: Google Maps

3.2 Spesifikasi Bandara

Berdasarkan data yang diperoleh dari Aeronautical Information Publication (AIP) Volume II, data lengkap mengenai Bandar Udara Juanda Surabaya adalah sebagai berikut :

1. Kode IATA/ ICAO : SUB/ WARR
2. Nama Bandara : JUANDA
3. Alamat : Juanda Airport Surabaya 61235 1A
4. Kategori : 4E
5. Pengelola : PT. Angkasa Pura 1 (Persero)
6. Layanan rute : Domestik dan Internasional
7. Jenis Pesawat terbesar : Boeing 747-400
8. Lokasi : 07⁰ 22' 51'' (S) / 112⁰ 47' 11'' (E)
9. Elevasi : 11 feet
10. Magnetic : 1⁰ 20' East

- | | |
|-----------------------------|---|
| 11. Jam operasi | : 06.00 – 24.00 |
| 12. Jarak dari kota | : 15 KM dari Surabaya |
| 13. Transportasi ke bandara | : Taxi, Bus |
| 14. Fasilitas sisi udara | |
| Runway | |
| - Dimensi | : 3.000 x 45 m |
| - Azimuth | : 10 - 28 |
| - PCN | : 94 FCXT |
| Taxiway | : 30 x 200 m |
| Apron | |
| - Terminal 1 | : 31 Parking Stand |
| - Terminal 2 | : 14 Parking Stand |
| 15. Fasilitas sisi darat | |
| Terminal | |
| - Terminal 1 | : 62.700 M ² |
| - Terminal 2 | : 49.738 M ² |
| 16. Fasilitas lainnya | : Perkantoran |
| 17. Pelayanan Umum | : ATM, Bank, Hotel, Kafetaria, Kantor pos |

3.3 Layout Bandara

Sisi udara Bandara Internasional Juanda terdiri dari fasilitas runway, taxiway dan apron. Layout bandara secara keseluruhan dapat dilihat pada lampiran. Setiap fasilitas sisi udara memiliki spesifikasi tersendiri, berikut penjelasan untuk masing-masing fasilitas sisi udara Bandara Internasional Juanda:

3.3.1 Runway

Bandara Internasional Juanda memiliki single runway dengan dimensi 3000 m x 45 m. Runway ini dapat melayani pergerakan pesawat sebanyak 32 pesawat selama *peak hour* (sumber PT. Angkasa Pura I). Runway Designation Number adalah R10 dan R28.



Gambar 3.2 *Runway* Bandara Internasional Juanda
 Sumber: (<https://www.google.co.id/>)

3.3.2 Taxiway

Sistem taxiway bandara juanda yakni *parallel taxiway*, karena terdapat taxiway yang ada sejajar dengan runway. Terdapat beberapa titik *exit* taxiway yang dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3.1 Sudut dan jarak exit taxiway berdasarkan arah runway

Arah Runway	Sudut	Notasi Exit	Jarak Treshold Ke Exit
R10	90°	N1	-
	90°	N3	1663 m
	30°	N5	2016 m
	30°	N6	2446 m
	90°	N7	2973 m
	90°	S4	2173 m
	90°	S5	2958 m
R28	90°	N7	-
	90°	N3	1325 m
	30°	N2	2002 m
	90°	N1	2956 m
	90°	S3	1428 m
	90°	S2	2275 m
	90°	S1	2956 m

Sumber: Angkasa Pura 1 (2017).

3.3.3 Apron

Fasilitas apron Bandara Internasional Juanda terdiri atas apron terminal 1 dan apron terminal 2. Untuk melayani pergerakan penumpang dari terminal menuju pesawat, pada apron disediakan fasilitas garbarata dan bus.



Gambar 3.3 Apron terminal 1
Sumber: (<https://www.google.co.id/>)

Dimensi apron terminal 1 adalah 1421 X 152 m, apron ini terletak di sebelah utara dari runway. Apron terminal 1 menyediakan *parking stand* sebanyak 31 *parking stand* untuk *fixed wing* dan 4 *parking stand* untuk *rotary wing*.



Gambar 3.4 Apron terminal 2
Sumber: (<https://www.google.co.id/>)

Apron terminal 2 Bandara Internasional Juanda berada di sisi selatan dari runway. Pada apron terminal 2 terdapat 14 parking stand untuk penerbangan internasional dan penerbangan domestik. Penerbangan domestik dilayani oleh maskapai Garuda Indonesia dan Air Asia.

Data maskapai yang melayani penerbangan domestik dan internasional di Bandar Udara Juanda adalah sebagai berikut :



Gambar 3.5 Maskapai penerbangan yang dilayani Bandara Internasional Juanda

Sumber: (<http://juanda-airport.com/>)

3.4 Rancangan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dampak perubahan suatu fasilitas pada sisi udara terhadap *runway occupancy time* dan delay pesawat udara. Pada penelitian ini, metode yang digunakan dibagi atas beberapa tahapan besar, yakni:

1. Identifikasi permasalahan
2. Studi literatur
3. Pengumpulan data (primer dan sekunder)
4. Analisis dan Evaluasi
5. Kesimpulan

3.4.1 Identifikasi Permasalahan

Identifikasi permasalahan adalah tahapan awal yang dilakukan pada penelitian ini. Pada tahapan ini dilakukan penentuan permasalahan apakah perubahan suatu fasilitas sisi udara (pergeseran *runway holding position*) dari posisi awalnya disuatu taxiway dikarenakan keterbatasan fasilitas taxiway tersebut (seperti mengalami kerusakan dan lain-lain) akan berpengaruh terhadap *runway occupancy time*, lebih jauh lagi apakah hal itu akan berdampak pada kapasitas runway dan operasional pesawat udara yang menggunakan taxiway tersebut.

Dalam penelitian ini akan diberikan gambaran permasalahan yang telah disebutkan sekaligus mencoba memberikan alternatif penyelesaian sesuai dengan pembatasan permasalahan yang ada.

3.4.2 Studi Literatur

Studi literatur merupakan suatu langkah yang dapat membantu peneliti dalam menyelesaikan permasalahan dan pencarian solusi dalam penelitian. Studi literatur yang diperlukan dalam penelitian ini yaitu teori tentang komponen fasilitas sisi udara, kapasitas sisi udara dan *fuel consumption aircraft*. Selain dasar teori, diperlukan pula studi dari penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan kasus penelitian yang akan diambil.

3.4.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan tahapan untuk mengumpulkan data-data yang diperlukan untuk perhitungan *runway occupancy time*, perhitungan runway capacity dan model simulasi. Data diperlukan sebagai bahan informasi dan evaluasi terhadap kondisi yang menjadi pokok dari permasalahan.

Data yang di perlukan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari hasil pengamatan secara langsung sedangkan data sekunder diperoleh data instansi-instansi terkait. Untuk mempertajam akurasi data, data dikumpulkan dari 3 instansi yaitu PT. Angkasa Pura I (persero), Perum Lembaga Penyelenggara Pelayanan Navigasi

Penerbangan Indonesia (LPPNPI) Cabang Surabaya dan Kantor Otoritas Bandara Wilayah III Direktur Jenderal Perhubungan Udara Kementerian Perhubungan.

Data yang Dibutuhkan

1. Data Primer adalah data yang diperoleh dari hasil oservasi dan pengamatan langsung. Adapun data Primer yang dibutuhkan adalah Runway Occupancy Time (Takeoff/ROTT dan Landing/ROTL) dan Waktu Terbang antara Outer Marker/Final Approach Segment/poin referensi dan Threshold;

Survei pencarian data primer dilakukan pada saat jam puncak (*peak hours*). Jam puncak (*peak hours*) merupakan waktu dimana terdapat volume pergerakan pesawat terbanyak dalam satu periode waktu tertentu. Jam puncak yang digunakan adalah jam puncak harian.

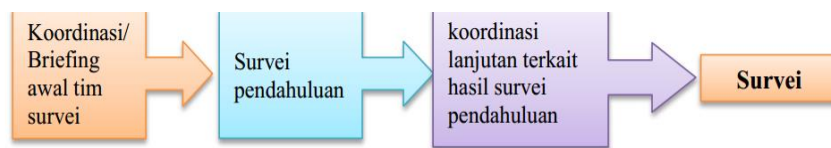
Data primer diperoleh dari hasil pengamatan di lapangan untuk mengetahui *runway occupancy time* eksisting akibat dari adanya pergeseran *runway holding position* di Taxiway N1. Pengamatan dilakukan dari Tower untuk mendapatkan visibilitas yang baik terhadap pergerakan pesawat baik di taxiway maupun di runway.

2. Data Sekunder adalah data yang diperoleh dari pihak lain, tidak langsung didapatkan dari subjek penelitian. Data Sekunder dibutuhkan sekurang - kurangnya adalah :

- a. Data pergerakan pesawat \pm selama 1 minggu.
- b. Data penggunaan runway \pm selama 1 tahun.
- c. Data spesifikasi bandara.
- d. Prosedur lokal (SOP ATS).
- e. Data terkait lainnya yang dirasa dibutuhkan.

Guna mendapatkan data yang lebih akurat, adaptasi kondisi lokasi survei dan persamaan persepsi antar surveyor, sebelum survei pencarian data dilakukan agar dapat didahului dengan koordinasi awal tim survey yang kemudian dilanjutkan dengan survei pendahuluan. Kemudian dilakukan koordinasi lanjutan terkait hasil survey pendahuluan untuk membahas persiapan akhir dari pelaksanaan survey.

Adapun proses pelaksanaan survei adalah sebagai berikut:



Gambar 3.6 Proses pelaksanaan survei

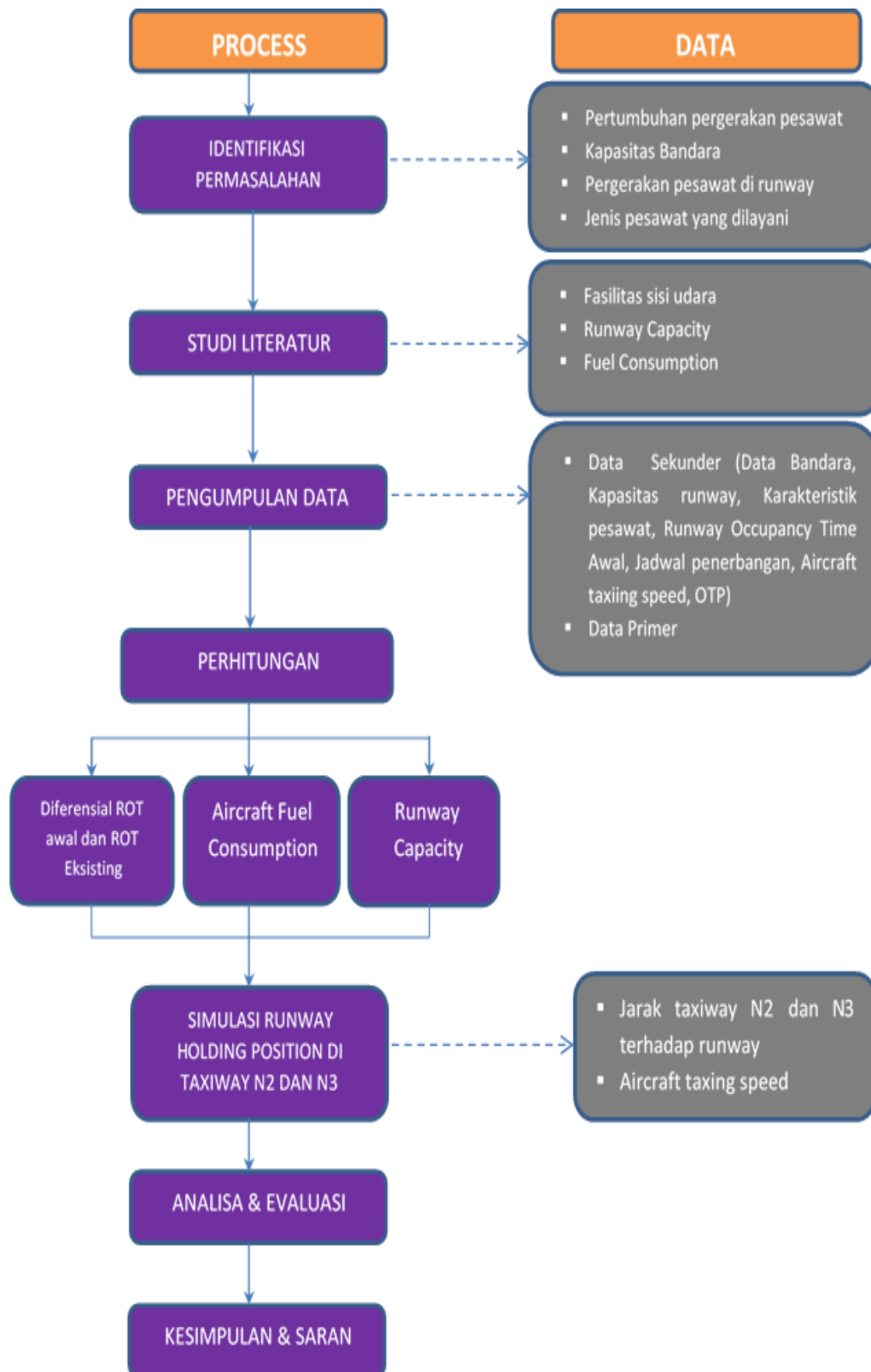
3.4.4 Analisis dan Evaluasi

Pada tahap ini merupakan tahapan pengelolaan data secara lanjut. Analisis pada penelitian ini yakni perhitungan runway occupancy time Bandara Internasional Juanda dan analisa dampak pergeseran runway holding position di N1 terhadap *runway capacity*. Hasil dari analisis tersebut dilakukan evaluasi untuk memberikan solusi dari permasalahan yang ada.

3.4.5 Kesimpulan

Tahap akhir yang dilakukan adalah penarikan kesimpulan dimana akan disimpulkan hasil dari penelitian yang dilakukan. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran lebih jelas antara komponen-komponen sisi udara dan pengaruh perubahan suatu fasilitas sisi udara terhadap *runway occupancy time* dan *runway capacity*.

Semua tahapan dan kebutuhan data yang telah diuraikan diatas, digambarkan dalam *flowchart* penyusunan tesis gambar 3.6.



Gambar 3.6 Flowchart Penyusunan Tesis

BAB IV

PEMBAHASAN DAN ANALISIS

Pada bab 4 merupakan tahapan yang terpenting dalam penelitian ini. Bab ini akan menyajikan perhitungan *runway occupancy time* dan *runway capacity* menggunakan metode DORATASK. Untuk selanjutnya dilakukan analisis terhadap *fuel consumption aircraft* akibat pergeseran *runway holding position* yang terjadi. Simulasi juga dilakukan untuk mengetahui lokasi runway holding position yang paling efektif.

4.1 Penentuan Peak Hour

Perhitungan data historis volume lalu lintas udara dalam bentuk tahunan, menghasilkan olahan data berupa volume lalu lintas tahunan pula. Dimana data tersebut didapat dari akumulasi volume tiap jam dengan nilai yang berbeda- beda. Dalam 24 jam per harinya, terdiri dari jumlah pergerakan pesawat dan penumpang terbanyak yang dihasilkan dari volume per jam atau disebut dengan volume pada jam puncak. Pengkonversian data volume tahunan menjadi volume pada jam puncak dapat dilakukan dengan beberapa tahap tertentu sesuai dengan jenis data yang dimiliki. Beberapa tahapan untuk mendapatkan volume jam puncak adalah sebagai berikut :

- a. Volume bulanan rata-rata (*average monthly*) : presentase volume pergerakan bulanan maksimum tiap tahun terhadap volume pergerakan tahunan dengan mengambil presentase bulanan sebesar 85% dari presentase kumulatif data yang ada sebagai presentase bulanan maksimum rencana.

$$\text{Average monthly} = 0.08417 \times \text{Annual passenger flow}$$

- b. Volume harian rata-rata (*Average day*) : Peak month dibagi dengan jumlah rata-rata dalam satu bulan (31 hari) .

$$\text{Average day} = 0.03226 \times \text{volume bulanan maksimum}$$

- c. Volume harian maksimum (Peak day movement): Besar volume terbanyak dalam satu hari tertentu .

$$\text{Peak day movement} = 26 \times \text{average day}$$

- d. Volume Jam Puncak (Peak hour) : Pergerakan terbanyak pada jam tertentu dalam 1 jam dimana peak hour ini memiliki nilai pergerakan sebesar 12% - 15% dari peak day.

$$\text{Peak hour} = 0.0917 \times \text{peak daily flow.}$$

(Sumber : Ashford, 2011)

Penentuan *peak hour* pada penelitian ini dimaksudkan sebagai dasar acuan untuk digunakan dalam menentukan kondisi paling maksimum pemakaian *runway*. *Peak hour* adalah jam tersibuk yang didapat pada bulan tersibuk dalam satu tahun. Dalam perhitungan ini memerlukan data jadwal kedatangan dan keberangkatan pesawat di Bandara Internasional Juanda. Data *peak hour* diambil dari data pergerakan selama 1 (satu) tahun dengan mengambil data bulan tersibuk, kemudian hari tersibuk pada bulan tersebut, dan selanjutnya jam tersibuk pada hari tersibuk yang sudah ditetapkan. Data jadwal penerbangan tercantum dalam lampiran.

Tabel 4.1 Data Peak Hour

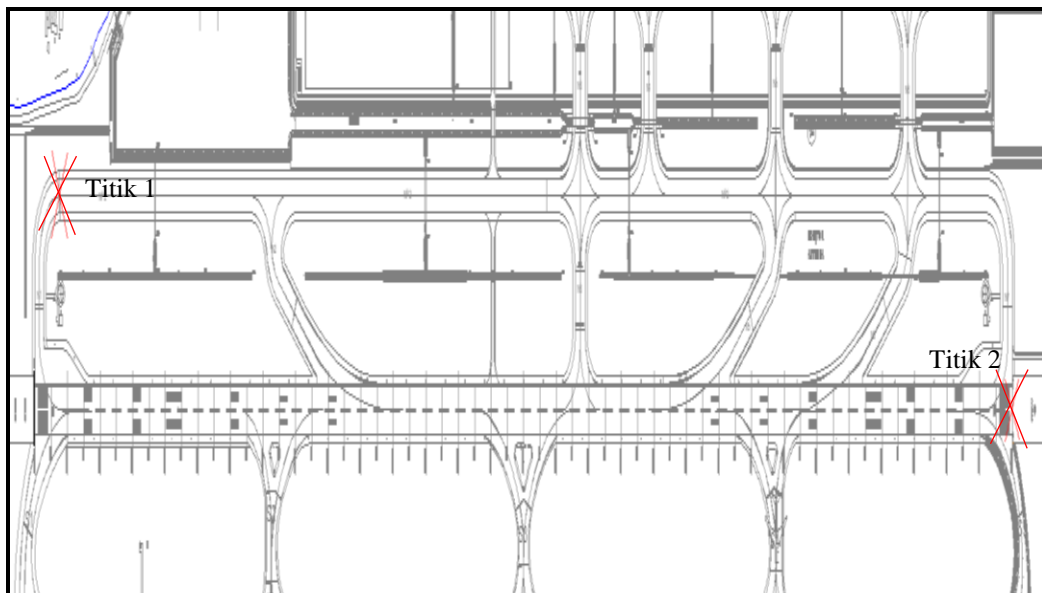
TANGGAL	TRAFFIC TOWER		PEAK HOURS	
	DEP	ARR	JAM (UTC)	JUMLAH
1	15	17	04.00 - 04.59	32
2	18	-18	#N/A	0
3	12	27	04.00 - 04.59	39
4	21	8	11.00 - 11.59	29
5	11	27	07.00 - 07.59	38
6	14	16	05.00 - 05.59	30
7	15	17	11.00 - 11.59	32
8	15	15	11.00 - 11.59	30
9	20	15	07.00 - 07.59	35
10	19	12	03.00 - 03.59	31
11	17	18	01.00 - 01.59	35
12	15	15	03.00 - 03.59	30
13	14	18	05.00 - 05.59	32
14		27	04.00 - 04.59	27
15		35	04.00 - 04.59	35
16		31	05.00 - 05.59	31
17		30	05.00 - 05.59	30
18		31	04.00 - 04.59	31
19		32	11.00 - 11.59	32
20		31	05.00 - 05.59	31
21		33	11.00 - 11.59	33
22		32	04.00 - 04.59	32
23		32	04.00 - 04.59	32
24		34	05.00 - 05.59	34
25		33	05.00 - 05.59	33
26		35	23.00 - 23.59	35
27		30	04.00 - 04.59	30
28		31	11.00 - 11.59	31
29		0	#N/A	0
30		29	23.00 - 23.59	29
31		29	08.00 - 08.59	29
TOTAL	191	722		928

Dari data diperoleh *peak hour* adalah jam 11.00 - 12.00 WIB atau 04.00 – 05.00 UTC pada bulan tersibuk dalam 1 (satu) tahun yaitu bulan Agustus 2016 (sumber : Airnav Indonesia, 2016).

4.2 Perhitungan Runway Occupancy Time

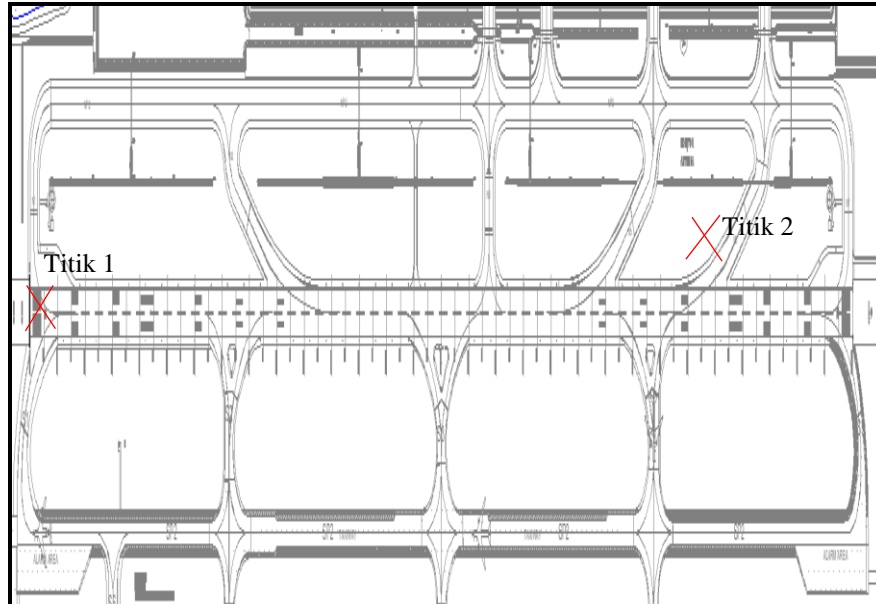
Pada penelitian ini perhitungan *runway occupancy time* diperoleh dari survey dilapangan selama 7 hari berturut-turut pada saat *peak hour*. Pengumpulan data Runway Occupancy Time Take Off (ROTT) dan Runway Occupancy Time Landing (ROTL) dapat dilihat pada lampiran.

Proses perhitungan ROTT dimulai dari pergerakan pesawat di titik runway holding position di taxiway NP2 (titik 1) sampai dengan pesawat melewati ujung threshold runway arah take off (titik 2).



Gambar 4.1 Proses Perhitungan ROTT

Sedangkan untuk perhitungan ROTL dimulai pada saat pesawat over threshold runway arah landing sampai dengan pesawat keluar dari runway menuju exit taxiway seperti diilustrasikan pada gambar 4.2 berikut :



Gambar 4.2 Proses Perhitungan ROTT

Dari perhitungan diperoleh data runway occupancy time take off (ROTT) seperti pada tabel berikut :

Tabel 4.2 Runway Occupancy Times during Take Off (ROTT) runway 10

No	A/c Reg	A/c Type	A/c Cat	ROTT (second)	Rwly
1	MAGMA 02	D 328	A	184	10
2	PK KIF	AS 35	A	124	10
3	GIA 7307	ATR 72	B	112	10
4	WON 1811	ATR 72	B	180	10
5	GIA 364	CRJ X	B	142	10
6	GIA 7304	ATR 72	B	159	10
7	WON 1835	ATR 72	B	129	10
8	WON 1811	ATR 72	B	138	10
9	GIA 7304	AT 72	B	130	10
10	WON 1835	ATR 72	B	175	10
11	GIA 7304	ATR 76	B	140	10
12	GIA 364	CRJ X	B	136	10
13	WON 1843	ATR 72	B	146	10
14	GIA 7304	ATR 72	B	193	10
15	GIA 7304	ATR 72	B	123	10
16	GIA 364	CRJ X	B	100	10
17	GIA 7304	ATR 72	B	161	10

**Tabel 4.2 Runway Occupancy Times during Take Off (ROTT) runway 10
(lanjutan)**

No	A/c Reg	A/c Type	A/c Cat	ROTT (second)	Rwy
18	SJ 254	B 735	C	130	10
19	CTV 654	A 320	C	150	10
20	CTV 638	A 320	C	125	10
21	SJ 564	B 735	C	102	10
22	IDX 386	A 320	C	116	10
23	CTV 810	A 320	C	172	10
24	SJY 252	B 735	C	156	10
25	IDX 324	A 320	C	155	10
26	CTV 654	A 320	C	156	10
27	CTV 638	A 320	C	144	10
28	CTV 786	A 320	C	122	10
29	BTK 6284	A 320	C	155	10
30	IDX 386	A 320	C	122	10
31	CTV 638	A 320	C	148	10
32	CTV 654	A 320	C	158	10
33	BTK 6573	A 320	C	141	10
34	SJY 252	B 735	C	133	10
35	CTV 810	A 320	C	150	10
36	CTV 654	A 320	C	137	10
37	IDX 324	A 320	C	122	10
38	BTK 6284	A 320	C	140	10
39	CTV 638	A 320	C	180	10
40	CTV 654	A 320	C	119	10
41	IDX 324	A 320	C	159	10
42	CTV 638	A 320	C	163	10
43	SJ 252	B 735	C	148	10
44	BTK 6573	A 320	C	125	10
45	CTV 654	A 320	C	139	10
46	IDX 386	A 320	C	133	10
47	CTV 638	A 320	C	171	10
48	CTV 810	A 320	C	124	10
49	SJY 252	B 735	C	122	10
50	CTV 784	A 320	C	112	10
51	CTV 654	A 320	C	122	10
52	IDX 324	A 320	C	136	10
53	CTV 638	A 320	C	117	10
54	BTK 6284	A 320	C	111	10
55	GIA 364	B 738	D	135	10

**Tabel 4.2 Runway Occupancy Times during Take Off (ROTT) runway 10
(lanjutan)**

No	A/c Reg	A/c Type	A/c Cat	ROTT (second)	Rwy
56	SJ 252	B 738	D	158	10
57	LNI 982	B 739	D	93	10
58	GIA 313	B 738	D	93	10
59	LNI 692	B 739	D	109	10
60	SJ 225	SJ 738	D	119	10
61	LNI 312	B 739	D	147	10
62	SJY 564	B 738	D	205	10
63	SJY 225	B 739	D	183	10
64	GIA 342	B 738	D	100	10
65	SJY 254	B 738	D	122	10
66	LNI 692	B 739	D	120	10
67	GIA 313	B 738	D	145	10
68	LNI 312	B 739	D	134	10
69	LNI 222	B 739	D	128	10
70	SJY 564	B 738	D	123	10
71	SJY 225	B 738	D	139	10
72	SJY 254	B 738	D	154	10
73	GIA 342	B 738	D	153	10
74	GIA 313	B 738	D	131	10
75	SJY 252	B 738	D	153	10
76	LNI 222	B 739	D	137	10
77	BTK 6284	B 739	D	251	10
78	LNI 312	B 739	D	172	10
79	LNI 922	B 739	D	134	10
80	GIA 342	B 738	D	158	10
81	SJY 225	B 738	D	124	10
82	LNI 571	B 738	D	158	10
83	LNI 312	B 739	D	167	10
84	SJY 254	B 738	D	132	10
85	SJY 564	B 738	D	138	10
86	GIA 313	B 738	D	134	10
87	LNI 222	B 738	D	180	10
88	LNI 922	B 739	D	158	10
89	LNI 262	B 739	D	149	10
90	GIA 342	B 738	D	121	10

**Tabel 4.2 Runway Occupancy Times during Take Off (ROTT) runway 10
(lanjutan)**

No	A/c Reg	A/c Type	A/c Cat	ROTT (second)	Rwy
91	LNI 856	B 739	D	135	10
92	LNI 362	B 739	D	135	10
93	SJY 252	B 738	D	125	10
94	SJY 564	B 738	D	139	10
95	LNI 222	B 739	D	125	10
96	SJY 225	B 738	D	133	10
97	LNI 836	B 738	D	120	10
98	GIA 364	B 738	D	109	10

Sedangkan untuk perhitungan *runway occupancy time* runway 28 dari hasil survey dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut :

Tabel 4.3 Runway Occupancy Times during Take Off (ROTT) runway 28

No	A/c Reg	A/c Type	A/c Cat	ROTT (second)	Rwy
1	L209	TB10	A	146	28
2	L210	TB10	A	138	28
3	L207	TB10	A	129	28
4	L203	TB10	A	143	28
5	WON1843	ATR72	B	114	28
6	WON1843	AT72	B	124	28
7	U623	C212	B	130	28
8	WON1843	AT72	B	109	28
9	CTV608	A320	C	151	28
10	CTV608	A320	C	115	28
11	GIA368	CRJX	C	122	28
12	CTV642	A320	C	98	28
13	CTV608	A320	C	101	28
14	AWQ7697	A320	C	98	28
15	SJY554	B735	C	109	28
16	CTV608	A320	C	118	28
17	LNI962	B738	D	146	28
18	LNI571	B739	D	126	28
19	LNI262	B739	D	121	28
20	LNI690	B739	D	114	28
21	GIA338	B738	D	153	28
22	GIA854	B738	D	175	28
23	LNI856	B738	D	111	28

Tabel 4.3 Runway Occupancy Times during Take Off (ROTT) runway 28

No	A/c Reg	A/c Type	A/c Cat	ROTT (second)	Rwy
24	LNI571	B739	D	141	28
25	LNI962	B739	D	129	28
26	BTK6174	B738	D	162	28
27	LNI690	B739	D	105	28

Dari data ROTT kemudian dihitung rata-rata ROTT untuk masing-masing kategori pesawat dengan cara membagi total ROTT dengan jumlah pesawat untuk tiap-tiap kategori.

Tabel 4.4 Mean ROTT (MROTT) runway 10

Cat	Total ROTT	n ACFT	MROTT
A	308	2	154,000
B	2164	15	144,267
C	5115	37	138,243
D	6178	44	140,409

Tabel 4.4 menunjukkan Mean ROTT untuk runway 10. Selanjutnya dihitung dengan cara yang sama untuk runway 28. Hasil perhitungan Mean ROTT runway 28 dapat dilihat pada tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.5 Mean ROTT (MROTT) runway 28

Cat	Total ROTT	n ACFT	MROTT
A	556	4	139,000
B	477	4	119,250
C	912	8	114,000
D	1483	11	134,818

Selanjutnya adalah perhitungan Runway Occupancy Time Landing (ROTL). ROTL dihitung untuk masing-masing kategori pesawat pada saat *peak hour*. Hasil perhitungan ROTL dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.6 Runway Occupancy Time Landing (ROTL) runway 10

No	A/c Reg	A/c Type	A/c Cat	ROTL (second)	Rwy
1	PK OCL	DHC 6	A	61	10
2	P 8501	B 35	A	66	10
3	C FXQR	B 429	A	51	10
4	C FXQR	B 429	A	87	10
5	P 8501	B E90	A	83	10
6	PK OCL	DHC 6	A	98	10
7	A 1335	C 130	A	55	10
8	BNZ 305	G 36	A	87	10
9	GIA 7307	ATR 72	B	45	10
10	WON 1844	ATR 72	B	77	10
11	WON 1873	ATR 72	B	62	10
12	WON 1844	ATR 72	B	58	10
13	WON 1873	ATR 72	B	78	10
14	GIA 7307	ATR 72	B	69	10
15	WON 1844	ATR 72	B	67	10
16	WON 1917	ATR 72	B	62	10
17	GIA 7307	ATR 72	B	92	10
18	WON 1917	ATR 72	B	46	10
19	WON 1844	ATR 72	B	56	10
20	CTV 9702	A 320	C	62	10
21	BTK 7513	A 320	C	52	10
22	CTV 876	A 320	C	74	10
23	IDX 393	A 320	C	63	10
24	CTV 920	A 320	C	64	10
25	CTV 9702	A 320	C	67	10
26	CTV 920	A 320	C	52	10
27	IDX 385	A 320	C	74	10
28	CTV 643	A 320	C	61	10
29	CTV 876	A 320	C	70	10
30	CTV 9702	A 320	C	76	10

Tabel 4.6 Runway Occupancy Time Landing (ROTL) runway 10 (lanjutan)

No	A/c Reg	A/c Type	A/c Cat	ROTL (second)	Rwy
31	IDX 393	A 320	C	73	10
32	CTV 920	A 320	C	54	10
33	CTV 645	A 320	C	77	10
34	CTV 665	A 320	C	72	10
35	IDX 393	A 320	C	70	10
36	CTV 876	A 320	C	59	10
37	CTV 920	A 320	C	76	10
38	CTV 9702	A 320	C	54	10
39	CTV 665	A 320	C	77	10
40	CTV 9702	A320	C	66	10
41	CTV 920	A320	C	71	10
42	CTV 876	A320	C	58	10
43	BTK 6137	A320	C	51	10
44	IDX 385	A320	C	76	10
45	CTV 665	A320	C	62	10
46	CTV645	A320	C	58	10
47	LNI 983	B 739	D	67	10
48	LNI 365	B 739	D	67	10
49	LNI 588	B 739	D	56	10
50	LNI 970	B 739	D	52	10
51	GIA 310	B 738	D	47	10
52	LNI 807	B 738	D	62	10
53	LNI 695	B 739	D	70	10
54	BTK 6576	B 738	D	66	10
55	BTK 6197	B 739	D	58	10
56	LNI 970	B 739	D	70	10
57	LNI 365	B 739	D	89	10
58	BTK 7513	B 739	D	77	10
59	LNI 695	B 739	D	75	10
60	LNI 692	B 739	D	63	10
61	LNI 365	B 739	D	61	10
62	LNI 970	B 739	D	68	10
63	LNI 588	B 739	D	68	10
64	LNI 365	B 739	D	61	10
65	LNI 645	B 739	D	58	10
66	LNI 692	B 739	D	62	10
67	LNI 983	B 738	D	62	10
68	LNI 588	B 739	D	63	10

Tabel 4.6 Runway Occupancy Time Landing (ROTL) runway 10 (lanjutan)

No	A/c Reg	A/c Type	A/c Cat	ROTL (second)	Rwy
69	LNI 807	B 738	D	64	10
70	BTK 6197	B739	D	62	10
71	SJY2 54	B738	D	72	10
72	SJY 335	B738	D	72	10
73	GIA 310	B738	D	60	10
74	BTK 7513	B739	D	74	10
75	LNI 791	B739	D	69	10
76	LNI 267	B 738	D	60	10
77	LNI 365	B 739	D	65	10

Perhitungan Runway Occupancy Time Landing (ROTL) untuk runway 28 dapat dilihat pada tabel 4.7 berikut :

Tabel 4.7 Runway Occupancy Time Landing (ROTL) runway 28

No	A/c Reg	A/c Type	A/c Cat	ROTL (second)	Rwy
1	L210	TB10	A	41	28
2	L209	TB10	A	81	28
3	WON1800	AT72	B	70	28
4	WON1814	AT72	B	51	28
5	WON1800	AT72	B	70	28
6	WON1814	AT72	B	55	28
7	BTK6370	A320	C	68	28
8	CTV811	A320	C	74	28
9	AWQ7629	A320	C	70	28
10	KLS971	B733	C	67	28
11	BTK6370	A320	C	66	28
12	CTV665	A320	C	83	28
13	KLS971	B733	C	74	28
14	CTV811	A320	C	62	28
15	AWQ7629	A320	C	106	28
16	LNI367	B739	D	54	28
17	LNI918	B738	D	58	28
18	LNI748	B739	D	72	28
19	GIA449	B738	D	73	28
20	GIA302	B738	D	64	28
21	LNI683	B739	D	71	28

Dari data ROTL kemudian dihitung rata- rata ROTL untuk masing- masing kategori pesawat dengan cara membagi total ROTL tiap kategori pesawat dengan jumlah pesawat masing-masing kategori. Perhitungan ROTL pada runway 10 dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.8 Mean ROTL (MROTL) runway 10

Cat	Total ROTL	n ACFT	MROTL
A	588	8	73,500
B	712	11	64,727
C	1.769	27	65,519
D	2020	31	65,161

Tabel 4.8 menunjukkan Mean ROTT untuk runway 10. Selanjutnya dihitung dengan cara yang sama untuk runway 28. Hasil perhitungan Mean ROTT runway 28 dapat dilihat pada tabel 4.9 berikut.

Tabel 4.9 Mean ROTL (MROTL) runway 28

Cat	Total ROTL	n ACFT	MROTL
A	122	2	61,000
B	246	4	61,500
C	670	9	74,444
D	392	6	65,333

Langkah selanjutnya adalah perhitungan Aircraft Mix Runway Occupancy Time (AMROT) untuk runway 10 dan runway 28. Perhitungan AMROT diperoleh dengan menjumlahkan ROTT dan ROTL tiap kategori pesawat kemudian dibagi 2 (dua). Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.10 berikut.

Tabel 4.10 Aircraft Mix Runway Occupancy Time (AMROT)

Formula (sec)	Cat	RWY 10	RWY 28
$(MROTTa+MROTLa)/2$	A	113,750	69,500
$(MROTTb+MROTLb)/2$	B	104,497	90,375
$(MROTTc+MROTLc)/2$	C	101,881	94,222
$(MROTTd+MROTLd)/2$	D	102,785	100,076

Dari tabel 4.10 diperoleh Aircraft Mix Runway Occupancy Time (AMROT) pada runway 10 nilainya lebih besar dari AMROT runway 28 untuk tiap-tiap kategori pesawat.

Langkah 3

Perhitungan Estimating Aircraft Mix (*MIX*). Data sekunder pergerakan pesawat selama 1 (satu) minggu dapat digunakan untuk menghitung persentase penggunaan runway berdasarkan kategori pesawat.

Tabel 4.11 Aerodrome Percentage Utilisation by Aircraft Category (MIX) runway 10

Cat	SENIN	SELASA	RABU	KAMIS	JUM'AT	SABTU	MINGGU	TOTAL	MIX
A	8	5	6	18	8	2	0	47	1,8381
B	23	25	23	26	27	25	24	173	6,7657
C	167	165	165	171	175	167	171	1181	46,1869
D	158	156	160	159	179	168	176	1156	45,2092
TOTAL	356	351	354	374	389	362	371	2557	

Aerodrome Percentage Utilisation by Aircraft Category (MIX) dihitung untuk masing-masing runway designation, yaitu runway 10 dan runway 28. Untuk runway 10 Aerodrome Percentage Utilisation by Aircraft Category (MIX) terbesar adalah pesawat dengan kategori D.

Tabel 4.12 Aerodrome Percentage Utilisation by Aircraft Category (MIX) runway 28

Cat	SENIN	SELASA	RABU	KAMIS	JUM'AT	SABTU	MINGGU	TOTAL	MIX
A	4	6	8	14	7	0	0	39	1,6525
B	25	23	31	23	23	22	0	147	6,2288
C	192	187	178	196	175	196	0	1124	47,6271
D	168	167	175	175	174	191	0	1050	44,4915
TOTAL	389	383	392	408	379	409	0	2360	

Sedangkan dari tabel 4.12 Aerodrome Percentage Utilisation by Aircraft Category (MIX) untuk unway 28 prosentase terbesar adalah pesawat dengan kategori C.

Langkah 4

Mean Runway Occupancy Time (MROT) diperoleh dari hasil akumulasi perkalian antara AMROT dengan MIX (menggunakan persamaan 2.1).

Tabel 4.13 Mean Runway Occupancy Time (MROT) runway 10

Cat	AMROT (second)	MIX	MROT	
			Time (second)	E Time
A	113,750	1,838	2,091	102,685
B	104,497	6,766	7,070	
C	101,881	46,187	47,056	
D	102,785	45,209	46,468	

Tabel 4.13 menunjukkan nilai Mean Runway Occupancy Time (MROT) runway 10 adalah 102,685 detik. Sedangkan dari tabel 4.14 diperoleh nilai MROT runway 28 adalah 96,178 detik.

Tabel 4.14 Mean Runway Occupancy Time (MROT) runway 28

Cat	AMROT (second)	MIX	MROT	
			Time (second)	E Time
A	69,500	1,653	1,149	96,178
B	90,375	6,229	5,629	
C	94,222	47,627	44,875	
D	100,076	44,492	44,525	

Dari kedua tabel diatas dapat dilihat bahwa nilai MROT runway 10 lebih besar dari MROT runway 28.

4.3 Perhitungan Kapasitas Runway

Metode yang digunakan dalam menghitung *runway capacity* dalam penelitian ini mengadopsi dari project ICAO 2009 yaitu Metode Doratask, yang juga digunakan untuk menganalisa kapasitas runway beberapa negara pada Amerika Selatan (SAM Region) sebagai bahan referensi dalam menghitung kapasitas runway. Metode ini banyak digunakan untuk penilaian tugas (*task assignments*) dan analisa beban kerja. DORATASK adalah model analitis didasarkan pada simulasi waktu (*fast-time simulation*) yang memberikan contoh yang jelas dan perhitungan logis. Metode ini pertama kali digunakan oleh *Biro Iggris Riset Operasional* untuk memperkirakan kapasitas sektor ATC (*DORA Interim Report 8818*) pada sektor terminal (*DORA Interim Report 8916*) dan untuk mengkalibrasi model simulasi untuk dua sektor rute ACC London (*DORA Report 8927*).

Parameter yang digunakan dalam analisa adalah sebagai berikut:

- *Aircraft Mix*;
- *Runway Ocupancy Time*;
- Separasi yang diberikan oleh controller.

Aircraft Mix.

Kategori pesawat berdasarkan pada kecepatan pendekatan/*approach speed* sesuai dengan Dokumen ICAO Doc. 8168 PANS-OPS. Kecepatan pendekatan terbagi atas 5 (lima) kategori, tergantung pada kecepatan pesawat

menuju threshold (*threshold speed*) dimana kecepatan tersebut adalah 130% dari *stall speed* pada saat konfigurasi pendaratan (*full flap, gear down*).

Separasi yang diberikan oleh petugas ATC tertuang dalam SOP lokal. Data separasi yang perlu diketahui oleh surveyor antara lain separasi pesawat outgoing & incoming, dan prosedur lainnya.

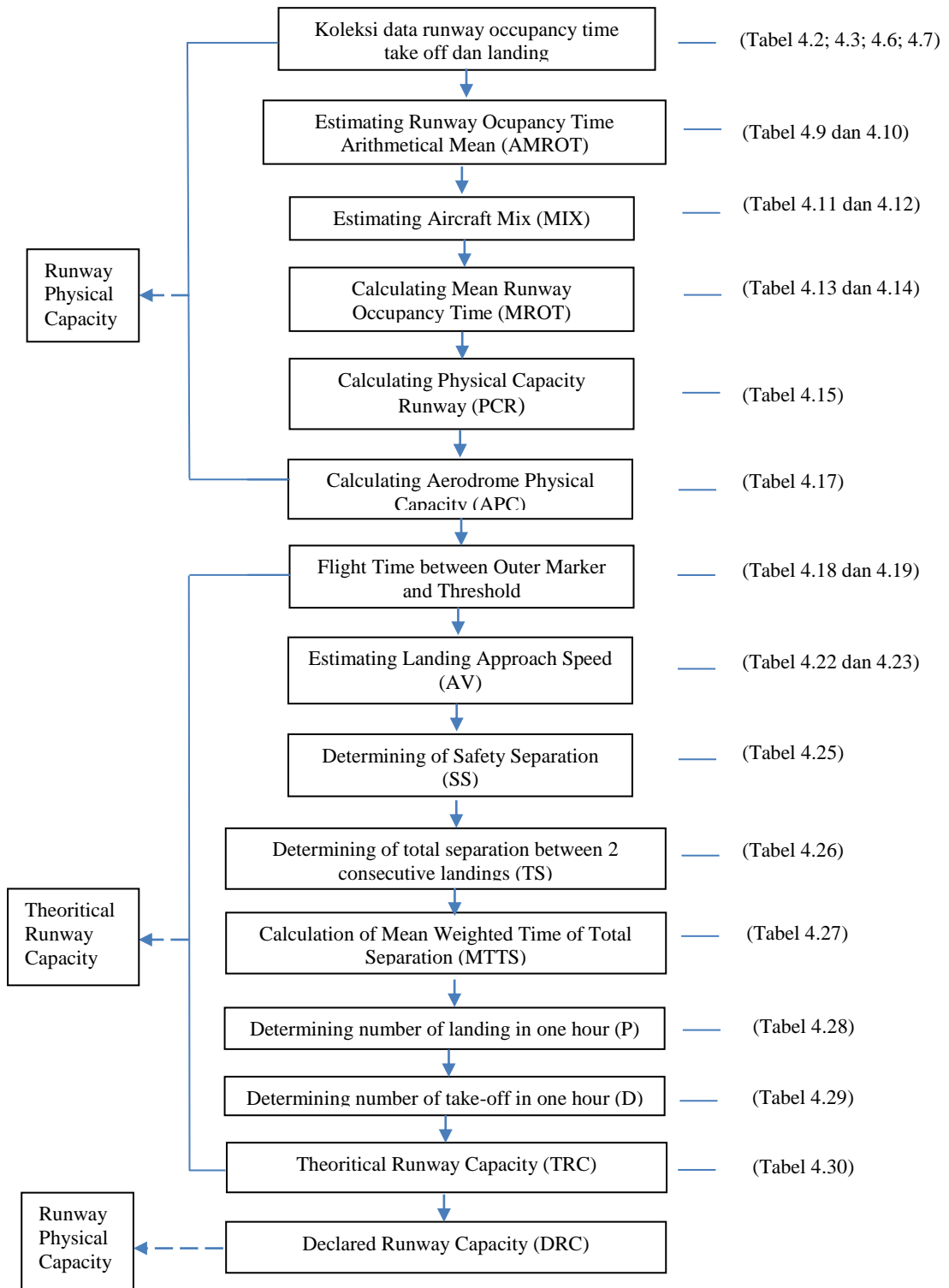
Analisis Data

Untuk membuat nilai lebih akurat, pembulatan dilakukan pada langkah akhir dan dilakukan diround down. Contoh : DCR (80%) = 22.74 maka nilai kapasitas yang disampaikan adalah 22 pergerakan/jam.

Analisa metode Doratask secara umum terdiri terdiri dari 16 langkah, yaitu :

1. Pengumpulan data *Runway occupancy time* (ROT) ketika take off (ROTT) dan landing (ROTL)
2. Menghitung waktu rata-rata aritmatika ROT berdasarkan kategori pesawat (*Arithmetical Mean Runway Occupancy Time/AMROT*).
3. Data sekunder pergerakan pesawat selama 1 minggu dapat digunakan untuk menghitung persentase penggunaan runway berdasarkan kategori pesawat (*MIX*)
4. Menghitung Mix ROT (MROT)
5. Menghitung kapasitas fisik runway (*Physical Capacity Runway/PCR*) selama 1 jam yang diubah kedalam satuan detik.
6. Data pergerakan pesawat selama 1 tahun diperlukan untuk menghitung kapasitas fisik aerodrome (*Aerodrome Physical Capacity/APC*)
7. Survey waktu terbang antara Outer Marker/Final Approach Segment/poin referensi dan Threshold
8. Menghitung kecepatan pendekatan pesawat antara Outer marker dan Threshold (AV).
9. Menghitung rata – rata kecepatan pendekatan pesawat antara OM/FAS/poin referensi dan THR (*Mean speed in the Final approach/MV*)

10. Menentukan jarak aman (Safety separation/SS)
11. Menentukan total jarak aman antara 2 consecutive landing (*total separation between 2 consecutive landing/TS*)
12. Menghitung waktu antara 2 consecutive landing (*weighted time between 2 consecutive landing/MTTS*)
13. Menentukan jumlah pesawat yang dapat mendarat dalam 1 jam (*Number of Landings in a One-hour Interval/P*)
14. Menentukan jumlah pesawat yang dapat take off dalam kurun waktu 1 jam (*Number of Take-offs in a One-hour Interval/D*)
15. Menentukan *Theoretical Runway Capacity/TRC*)
16. Kapasitas total runway yang dipublikasikan (*Declared Capacity of the Runway/DCR*) adalah nilai kapasitas total berdasarkan persentase penggunaan setiap runway yang dinilai tepat secara operasional.



Gambar 4.3 Diagram Perhitungan Runway Capacity dengan Metode DORATASK

Gambar 4.3 Diagram Perhitungan Runway Capacity dengan Metode Doratask Tahapan awal adalah perhitungan runway occupancy time (ROT). Perhitungan ROT ini telah dilakukan pada sub bab 4.2. yang meliputi langkah ke-1 sampai langkah ke-4. Selanjutnya adalah langkah ke-5 yang dapat diuraikan sebagai berikut :

Langkah 5

Menghitung kapasitas fisik runway (*Physical Capacity Runway/PCR*) selama 1 jam yang diubah kedalam satuan detik.

Tabel 4.15 Physical Capacity per Runway (PCR)

Formula	PCR	
	Rwy 10	Rwy 28
PCR = 3600/MROT	35,059	37,430

Dari perhitungan pada tabel 4.13 didapatkan bahwa nilai Physical Capacity (PCR) runway 10 lebih kecil dari nilai PCR runway 28.

Langkah 6 :

Data pergerakan pesawat selama 1 tahun diperlukan untuk menghitung kapasitas fisik aerodrome (*Aerodrome Physical Capacity/APC*). Persentase pembobotan dihitung pada tiap runway walaupun pada akhir penghitungan akan dianalisa menjadi 1 nilai runway.

Tabel 4.16 Runway Utilisation Percentage (UP)

Monthly movement of aircraft			
month	10	28	monthly movement
Januari	4335	7140	11475
Februari	2694	2127	4821
Maret	9164	1597	10761
April	10239	569	10808
Mei	11819	11	11830
Juni	11233	71	11304
Juli	11628	1	11629
Agustus	8961	3762	12723
September	10935	53	10988
Oktober	12015	6	12021
November	11495	269	11764
Desember	11789	6	11795
Total	116307	15612	131919
% Utilisasion (UP)	88,165	11,835	

Runway Utilisation Percentage (UP) runway 10 adalah 88,165 % sedangkan runway 28 adalah 11,835 %. Hal ini menunjukkan bahwa prosentase penggunaan runway 10 lebih besar daripada runway 28.

Tabel 4.17 Aerodrome physical capacity (APC)

Formula	RWY	PCR	% Utilisasion (UP)	APC	
				Pergerakan	Σ Pergerakan
$APC = E (PCR_{rwyx} \cdot \%UTIL_{rwyx}) / 100$	10	35,059	88,165	3.090,968	35,339
	28	37,430	11,835	442,972	

Dari perhitungan Runway Utilisation Percentage (UP) kemudian dilakukan perhitungan Aerodrome Physical Capacity (APC) yang diperoleh dengan mengalikan Physical Capacity Runway (PCR) dari langkah 5 dengan nilai Runway Utilisation Percentage (UP) tiap-tiap runway. Dari tabel 4.17 diperoleh nilai APC secara keseluruhan adalah 35,482 pergerakan.

Langkah 7:

Survey waktu terbang antara Outer Marker/Final Approach Segment/poin referensi dan Threshold. Waktu pencatatan dimulai ketika pesawat melewati Outer Marker hingga melewati threshold, jika tidak terdapat Outer Marker dapat dihitung ketika pesawat memasuki *Final Approach Segment* hingga melewati threshold atau suatu poin referensi. Poin referensi adalah suatu titik/jarak aman terdekat posisi pesawat yang akan landing dimana pesawat tidak boleh menggunakan runway untuk take-off. Data waktu terbang direkap dan dikategorisasikan hingga mendapatkan nilai tunggal untuk masing-masing kategori pesawat pada setiap runway.

Tabel 4.18 Collective Flight Time between OM and THR (T) Runway 10

No	A/c Reg	A/c Type	A/c Cat	Flight time	IN SECOND	Rwy
1	PK OCL	DHC 6	A	00:52	52	10
2	P 8501	B 35	A	02:03	123	10
3	C FXQR	B 429	A	00:28	28	10
4	C FXQR	B 429	A	00:25	25	10
5	P 8501	B E90	A	02:34	154	10
6	PK OCL	DHC 6	A	02:44	164	10
7	A 1335	C 130	A	02:42	162	10
8	BNZ 305	G 36	A	02:32	152	10
9	GIA 7307	ATR 72	B	02:37	157	10
10	WON 1844	ATR 72	B	02:36	156	10
11	WON 1873	ATR 72	B	02:24	144	10
12	WON 1844	ATR 72	B	02:18	138	10
13	WON 1873	ATR 72	B	02:32	152	10
14	GIA 7307	ATR 72	B	02:25	145	10
15	WON 1844	ATR 72	B	02:13	133	10
16	WON 1917	ATR 72	B	00:45	45	10
17	GIA 7307	ATR 72	B	01:06	66	10
18	WON 1917	ATR 72	B	02:14	134	10
19	WON 1844	ATR 72	B	02:11	131	10
20	CTV 9702	A 320	C	02:15	135	10

**Tabel 4.18 Collective Flight Time between OM and THR (T) Runway 10
(lanjutan)**

No	A/c Reg	A/c Type	A/c Cat	Flight time	IN SECOND	Rwy
21	BTK 7513	A 320	C	02:47	167	10
22	CTV 876	A 320	C	02:26	146	10
23	IDX 393	A 320	C	02:19	139	10
24	CTV 920	A 320	C	02:22	142	10
25	CTV 9702	A 320	C	01:51	111	10
26	CTV 920	A 320	C	02:15	135	10
27	IDX 385	A 320	C	02:14	134	10
28	CTV 643	A 320	C	02:12	132	10
29	CTV 876	A 320	C	02:16	136	10
30	CTV 9702	A 320	C	02:14	134	10
31	IDX 393	A 320	C	02:17	137	10
32	CTV 920	A 320	C	02:07	127	10
33	CTV 645	A 320	C	02:10	130	10
34	CTV 665	A 320	C	01:54	114	10
35	IDX 393	A 320	C	02:06	126	10
36	CTV 876	A 320	C	02:01	121	10
37	CTV 920	A 320	C	02:20	140	10
38	CTV 9702	A 320	C	01:45	105	10
39	CTV 665	A 320	C	02:16	136	10
40	CTV 9702	A 320	C	02:13	133	10
41	CTV 920	A 320	C	02:12	132	10
42	CTV 876	A 320	C	02:12	132	10
43	BTK 6137	A 320	C	02:04	124	10
44	IDX 385	A 320	C	02:06	126	10
45	CTV 665	A 320	C	02:17	137	10
46	CTV 645	A 320	C	02:00	120	10
47	LNI 983	B 739	D	02:17	137	10
48	LNI 365	B 739	D	02:14	134	10
49	LNI 588	B 739	D	01:54	114	10
50	SVA 5314	B 744	D	02:23	143	10
51	LNI 970	B 739	D	02:03	123	10
52	GIA 310	B 738	D	02:29	149	10
53	LNI 807	B 738	D	02:08	128	10
54	LNI 695	B 739	D	02:05	125	10
55	BTK 6576	B 738	D	01:58	118	10
56	BTK 6197	B 739	D	02:15	135	10
57	LNI 970	B 739	D	02:00	120	10

**Tabel 4.18 Collective Flight Time between OM and THR (T) Runway 10
(lanjutan)**

No	A/c Reg	A/c Type	A/c Cat	Flight time	IN SECOND	Rwy
58	LNI 365	B 739	D	02:04	124	10
59	BTK 7513	B 739	D	02:04	124	10
60	LNI 695	B 739	D	02:00	120	10
61	LNI 692	B 739	D	02:08	128	10
62	LNI 365	B 739	D	02:01	121	10
63	LNI 970	B 739	D	01:55	115	10
64	LNI 588	B 739	D	01:49	109	10
65	LNI 365	B 739	D	02:31	151	10
66	LNI 645	B 739	D	02:08	128	10
67	LNI 692	B 739	D	02:00	120	10
68	LNI 983	B 738	D	02:01	121	10
69	LNI 588	B 739	D	01:58	118	10
70	LNI 807	B 738	D	02:04	124	10
71	BTK 6197	B 739	D	02:00	120	10
72	SJY2 54	B 738	D	02:05	125	10
73	SJY 335	B 738	D	01:58	118	10
74	GIA 310	B 738	D	02:11	131	10
75	BTK 7513	B 739	D	02:04	124	10
76	LNI 791	B 739	D	01:59	119	10
77	LNI 267	B 738	D	02:07	127	10

Sedangkan data waktu terbang antara Outer Marker dan Threshold untuk runway 28 dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.19 Collective Flight Time between OM and THR (T) Runway 28

No	A/c Reg	A/c Type	A/c Cat	Flight time	IN SECOND	Rwy
1	L210	TB10	A	00.42	42	28
2	L209	TB10	A	00.45	45	28
3	WON1800	AT72	B	02.21	141	28
4	WON1814	AT72	B	01.51	111	28
5	WON1800	AT72	B	01.24	84	28
6	WON1814	AT72	B	02.11	131	28
7	BTK6370	A320	C	02.06	126	28
8	CTV811	A320	C	02.08	128	28

**Tabel 4.19 Collective Flight Time between OM and THR (T) Runway 28
(lanjutan)**

No	A/c Reg	A/c Type	A/c Cat	Flight time	IN SECOND	Rwy
9	CTV665	A320	C	01.56	116	28
10	BTK6370	A320	C	02.10	130	28
11	AWQ7629	A320	C	02.17	137	28
12	CTV811	A320	C	02.01	121	28
13	CTV811	A320	C	02.01	121	28
14	AWQ7629	A320	C	01.48	108	28
15	KLS971	B733	C	02.04	124	28
16	LNI918	B738	D	01.54	114	28
17	GIA449	B738	D	01.55	115	28
18	GIA302	B738	D	01.56	116	28
19	LNI748	B739	D	01.45	105	28
20	LNI683	B739	D	01.45	105	28
21	LNI367	B739	D	01.48	108	28

Dari data data waktu terbang antara Outer Marker dan Threshold (T) masing-masing runway kemudian diakumulasi sesuai dengan kategori pesawat. Selanjutnya total waktu terbang dirata-rata dengan membagi nilai tersebut dengan jumlah pesawat tiap-tiap kategori. Perhitungan Flight Time between OM and THR (T) untuk runway 10 dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.20 Flight Time between OM and THR (T) Runway 10

Cat	Total ROTL	n ACFT	MROTL
A	860	8	107,500
B	1401	11	127,364
C	3551	27	131,519
D	3893	31	125,581

Sedangkan perhitungan Flight Time between OM and THR (T) untuk runway 28 dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.21 Flight Time between OM and THR (T) Runway 28

Cat	Total ROTL	n ACFT	MROTL
A	87	2	43,500
B	467	4	116,750
C	990	8	123,750
D	663	7	94,714

Dengan membandingkan hasil perhitungan pada tabel 4.20 dan tabel 4.21 dapat dilihat bahwa nilai Flight Time between OM and THR (T) pada runway 10 lebih besar daripada runway 28.

Langkah 8:

Menghitung kecepatan pendekatan pesawat antara Outer marker dan Threshold (AV). Data yang didapat pada langkah 7 digunakan untuk menghitung waktu rata-rata setiap kategori pesawat untuk melewati Outer Marker/final approach segment/poin referensi hingga melewati threshold pada setiap runway.

Tabel 4.22 Avarage Speed (AV) Runway 10

Catagory	Distance FAS - THR	Rata2 @type RWY 10	Speed Average RWY 10
A	2	107,500	0,019
B	5	127,364	0,039
C	5	131,519	0,038
D	5	125,581	0,040

Distance Final Aproach Segment (FAS) merupakan jarak yang sudah ditetapkan dalam Standard Operating Procedures (SOP) Airnav Indonesia. Nilai Average Speed (AV) didapatkan dengan membagi nilai FAS dengan nilai T pada langkah 7.

Tabel 4.23 Average Speed (AV) Runway 28

Catagory	Distance	Rata2 @type	Speed Average
	FAS - THR	RWY 10	RWY 10
A	2	43,500	0,046
B	5	116,750	0,043
C	5	123,750	0,040
D	5	94,714	0,053

Dari tabel 4.22 dan tabel 4.23 diperoleh bahwa Average Speed tiap-tiap kategori pesawat pada runway 10 lebih kecil dari pada mila Average Speed (AV) pada runway 28.

Langkah 9 :

Langkah selanjutnya adalah langkah ke-9 yaitu menghitung rata – rata kecepatan pendekatan pesawat antara OM/FAS/poin referensi dan THR (*Mean speed in the Final approach/MV*) menggunakan persamaan 2.5.

Tabel 4.24 Mean Speed in the Final Approach (MV)

RWY	MV	
10	3,856 nm/s	0,039 kt
28	4,540 nm/s	0,045 kt

Tabel 4.24 menunjukkan nilai Mean Speed in the Final Approach (MV) runway 10 lebih kecil dari nilai MV runway 28.

Langkah 10:

Menentukan jarak aman (Safety separation/SS). Metode Doratask menerapkan kemungkinan memasukan pesawat take-off diantara 2 pesawat landing tanpa mempengaruhi *RSM (Regulatory Separation Minima)* yang ada.

Dengan memperkirakan jarak terbang (*distance flown*) pesawat kedua ketika berada di final approach ketika pesawat yang pertama dirunway (sudah landing) ditambahkan dengan RSM maka separasi yang dibutuhkan untuk memasukan pesawat take-off diantara 2 pesawat landing akan didapatkan.

Adapun jarak terbang (*flown distance*) didapatkan dengan mengalikan mean speed final approach yang kita dapatkan pada langkah 9 dengan MROT yang didapatkan pada langkah 4.

Tabel 4.25 Safety Separation (SS)

RWY	MROT	MV (NM/s)	SS (NM)
10	102,685	0,039	3,959
28	96,178	0,045	4,366

Dapat dilihat bahwa nilai Safety Separation (SS) untuk runway 10 sedikit lebih besar jika dibandingkan dengan nilai Safety Separation (SS) pada runway 28.

Langkah 11:

Menentukan total jarak aman antara 2 consecutive landing (*total separation between 2 consecutive landing/TS*). Total jarak aman didapatkan dengan menambahkan safety separation pada langkah 10 dengan RSM. RSM adalah *regulatory separation minima*, yaitu separasi yang diberikan antar pesawat incoming dan outgoing sesuai dengan SOP yang berlaku. Untuk memasukan pesawat take-off tersebut maka safety distance harus ditambahkan dengan separasi approach antar 2 pesawat yang akan landing untuk dapat memasukan pesawat take-off ketika pesawat pertama sudah landing tanpa mempengaruhi separasi dengan pesawat kedua yang berada pada posisi approach. Perhitungan *total separation between two consecutive landings* (TS) menggunakan persamaan 2.7.

Tabel 4.26 Total Separation Between Two Consecutive Landings (TS)

RWY	SS (NM)	RSM (NM)	TS (NM)
10	3,959	5	8,959
28	4,366	5	9,366

Tabel 4.26 menunjukkan nilai Total Separation Between Two Consecutive Landings (TS) runway 10 diperoleh lebih besar dari nilai Total Separation Between Two Consecutive Landings (TS) runway 28.

Langkah 12:

Menghitung waktu antara 2 *consecutive landing* (*weighted time between 2 consecutive landing*/MTTS), dilakukan dengan menghitung total separasi antara 2 *consecutive landing* yang didapat dari pembagian antara jarak aman total (langkah 11) dengan kecepatan rata – rata pesawat dan dihitung untuk tiap threshold pada masing – masing runway menggunakan persamaan 2.8.

Tabel 4.27 Weighted Time Between 2 Consecutive Landing (MTTS)

RWY	TS (NM)	MV (NM/s)	MTTS (s)
10	8,959	0,039	232,362
28	9,366	0,045	206,315

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai Weighted Time Between 2 Consecutive Landing (MTTS) runway 10 lebih besar daripada runway 28.

Langkah 13:

Menentukan jumlah pesawat yang dapat mendarat dalam 1 jam (*Number of Landings in a One-hour Interval/P*). Hasil yang didapat pada langkah 12 digunakan sebagai pembagi untuk menghitung berapa kemungkinan pesawat yang dapat landing.

Tabel 4.28 The number of Landings in One-Hour Interval (P)

RWY	Second	MTTS	P
10	3600	232,362	15,493
28	3600	206,315	17,449

Dengan membagi waktu 1 (satu) jam dalam satuan detik dengan nilai MSTT maka diperoleh jumlah pesawat yang dapat mendarat dalam 1 jam (P) unuk runway lebih kecil daripada runway 28.

Langkah 14:

Menentukan jumlah pesawat yang dapat take off dalam kurun waktu 1 jam (*Number of Take-offs in a One-hour Interval/D*). Berdasarkan waktu total separasi yang didapat memungkinkan 1 pesawat dapat take-off diantara 2 consecutive landing, maka dari jumlah pesawat yang landing dapat dihitung jumlah pesawat yang dapat take-off diantara pesawat landing tersebut dengan persamaan 2.9.

Tabel 4.29 The number of take-offs in one hour interval (D)

RWY	P	D
10	15,493	14,493
28	17,449	16,449

Dari tabel 4.29 diperoleh jumlah pesawat yang dapat *take off* dalam kurun waktu 1 jam (D) runway 10 lebih kecil dari jumlah pesawat yang dapat take off dari runway 28.

Langkah 15:

Menentukan *Theoretical Runway Capacity/TRC*. Adapun nilai kapasitas runway secara teori adalah nilai kapasitas dengan mempertimbangkan ROT, waktu terbang dan separasi yang diberikan. Nilai tersebut didapatkan dengan menggunakan persamaan 2.10.

Tabel 4.30 Theoretical Runway Capacity (TRC)

RWY	P	D	TRC
10,000	15,493	14,493	29,986
28,000	17,449	16,449	33,898

Hasil perhitungan pada tabel 4.30 menunjukkan nilai Theoretical Runway Capacity (TRC) pada runway 10 lebih kecil dari nilai Theoretical Runway Capacity (TRC) runway 28.

Langkah 16:

Kapasitas total runway yang dipublikasikan (*Declared Capacity of the Runway/DCR*) adalah nilai kapasitas total berdasarkan persentase penggunaan setiap runway yang dinilai tepat secara operasional. Perhitungan *Declared Capacity of the Runway* (DCR) menggunakan persamaan 2.14.

$$\begin{aligned} DCR &= \frac{(UP_A.TRC_A)+(UP_B.TRC_B)+.....(UP_E.TRC_E)}{UP_A+UP_B+.....UP_E} \\ &= \frac{(88,165 \times 29,986) + (11,835 \times 33,898)}{(88,165 + 11,835)} \\ &= 30,45 \text{ pergerakan/jam} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diperoleh nilai DCR adalah 30,45 pergerakan/jam sehingga dilakukan pembulatan menjadi 30 pergerakan/jam.

Nilai DCR yang didapat pada langkah 16 adalah nilai 100%, untuk keperluan publikasi nilai kapasitas dapat menggunakan nilai 80% s/d 90% sesuai dengan kebijakan manajemen dan keperluan operasional.

4.4. Perhitungan pengaruh pergeseran *runway holding position* terhadap *fuel consumption aircraft*

Perhitungan *fuel consumption aircraft* pada penelitian ini dibatasi pada pergerakan pesawat dari titik *runway holding position* sampai dengan posisi *line up* pada runway threshold. Hal ini dilakukan karena salah satu tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pergeseran runway holding position terhadap *fuel consumption aircraft*.

Dari hasil perhitungan ROT, pergeseran *runway holding position* di taxiway N1 berpengaruh terhadap ROTT pesawat yang *take off* dari runway 10. Sehingga untuk mengetahui pengaruh pergeseran *runway holding position* terhadap *fuel consumption aircraft* akan digunakan data ROTT runway 10 dan sebagai *baseline* digunakan ROTT runway 28 dimana posisi *runway holding position* berada pada kondisi normal.

Berikut adalah hasil perhitungan selisih antara ROTT runway 10 dan ROTT runway 28.

Tabel 4.31 Rekapitulasi selisih ROTT runway 10 dan runway 28

Cat A/C	R/W 10 (s)	R/W 28 (s)	Δ ROTT (s)
A	174.500	125.600	48.900
B	138.385	112.800	25.585
C	135.794	123.188	12.607
D	138.818	130.805	8.013

Tabel 4.32 merupakan rata-rata konsumsi bahan bakar pesawat berdasarkan jenis pesawat dan mesin yang digunakan. Untuk pesawat twin otter rata-rata *fuel consumption* nya adalah 524 lb/hour (sumber: Twin Otter Manual Operations). Sedangkan pesawat ATR-72 rata-rata *fuel consumption* nya adalah 1455 lb/hour (sumber: ATR-72 Manual Operations). Pesawat Twin Otter ini selanjutnya menjadi acuan untuk pesawat kategori A dan pesawat ATR-72 untuk pesawat kategori B. Untuk pesawat kategori C digunakan A320-200 dan B737-200 untuk pesawat kategori D.

Tabel 4.32 Rata-rata konsumsi bahan bakar pesawat jet

Aircraft	Engine	Fuel Consumption, lb/h	Fuel Consumption per Engine lb/h
EMB-145	AE3007A	2,253	1,127
A320-200	CFM56-5A3	4,054	2,027
A-319-100	CFM56-5A4	6,966	3,483
B-737-500	FM56-3B1R	7,879	3,940
B-737-200	JT8B-15A	8,829	4,415
B-757-200	RB211-535E4B	11,109	5,555
B-767-300	CF6-802C2B2F	11,893	5,947
A340-300	CFM-56-5C4	16,093	4,023
B-747-200	RB211-524D4	28,638	7,160

Sumber: (horenjeff dkk, 2010)

Selanjutnya dilakukan perhitungan *fuel consumption* untuk masing-masing kategori pesawat. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.33 berikut:

Tabel 4.33 Perhitungan Penambahan *Fuel Consumption* akibat *pergeseran runway holding position*

Categori Pesawat	Δ ROTT (s)	fuel lb/h	fuel lb/s	Σ fuel (lb)
A	48.900	524	0.1456	7.1177
B	25.585	1455	0.4042	10.3404
C	12.607	4054	1.1261	14.1963
D	8.013	8829	2.4525	19.6522

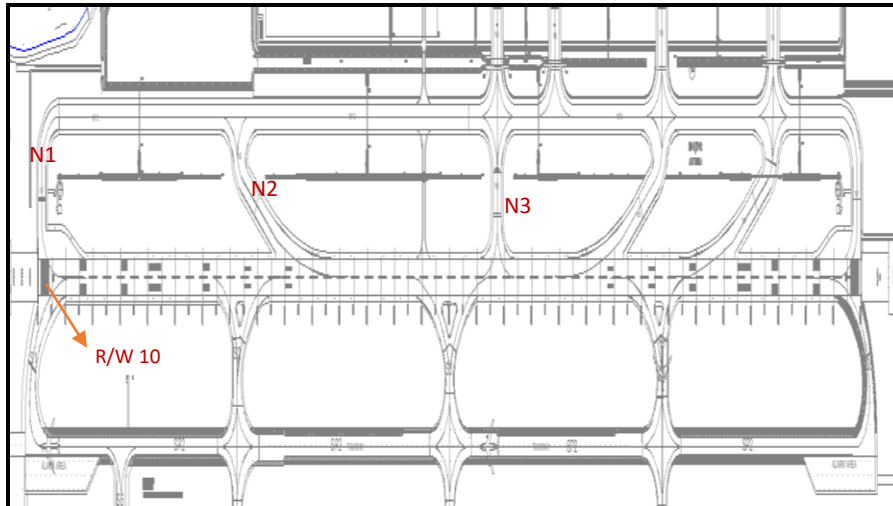
Penambahan jumlah *fuel consumption* diperoleh dari perkalian antara selisil ROT dengan konsumsi bahan bakar pesawat per detik. Dari tabel 4.33 diperoleh nilai penambahan konsumsi bahan bakar untuk kategori pesawat A, B, C dan D. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan ROTT akibat *pergeseran runway holding position* menyebabkan konsumsi bahan bakar pesawat bertambah untuk untuk tiap-tiap kategori pesawat.

4.5. Analisis *runway holding position* di taxiway N2 dan N3

4.5.1 Pengukuran jarak taxiway terhadap runway

Tujuan dari analisis ini adalah untuk mengetahui besarnya *taxiing time* yang ditempuh pesawat dari taxiway N2 dan N3 apabila *runway holding position* direposisi ke taxiway N2 atau N3 pada saat taxiway N1 diperbaiki struktur perkerasannya sehingga harus ditutup secara operasional.

Sebelum melakukan analisis setiap pesawat diperlukan pengukuran jarak taxiway N2 dan N3 terhadap runway 10. Pada penelitian ini penulis menggunakan program Autocad dalam melakukan proses pengukuran. Data layout sisi udara diperoleh dari PT. Angkasa Pura I (persero) Cabang Bandara Juanda Surabaya.



Gambar 4.4 Layout taxiway NP2, N2 dan N3

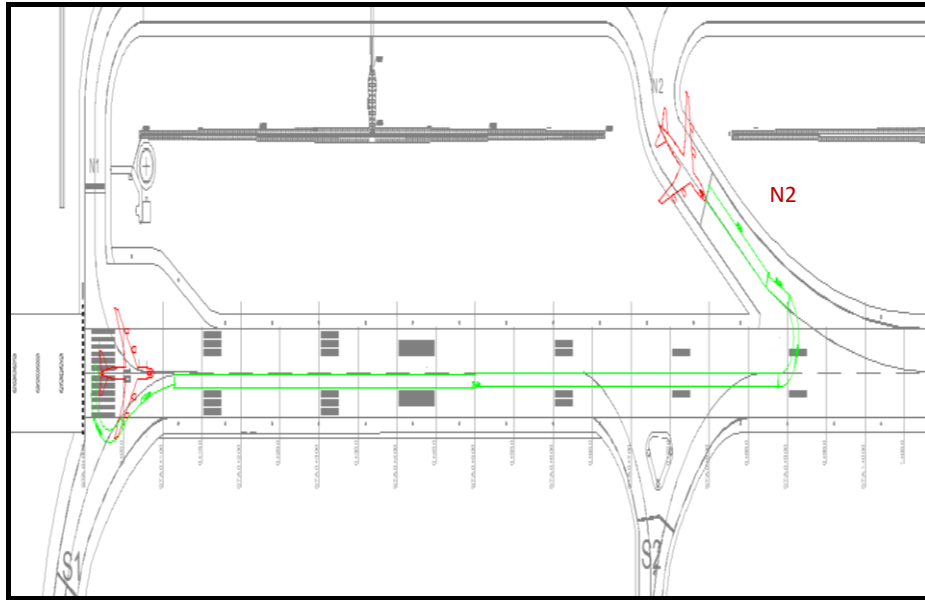
Gambar 4.2 menunjukkan posisi taxiway N1, N2 dan N3 terhadap runway 10. Dari layout tersebut dilakukan pengukuran jarak masing-masing taxiway terhadap threshold runway 10.

Tabel 4.34 menunjukkan hasil pengukuran jarak tempuh dari taxiway ke runway. N1-N7 menunjukkan penamaan taxiway dan R10 & R28 menunjukkan *runway designation*. Berikut merupakan hasil pengukuran jarak secara keseluruhan :

Tabel 4.34 Jarak Runway-Taxiway Terminal 1

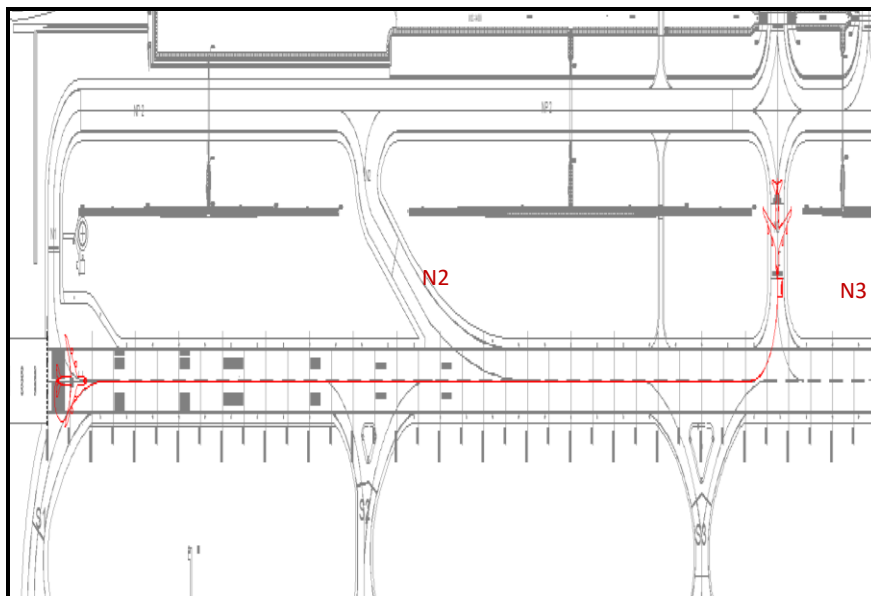
		Runway	
		R 10	R 28
Exit Taxiway	N1	-	2798,4 m
	N2	935 m	1889,6 m
	N3	1242,2 m	1156,5 m
	N5	1649,1 m	-
	N6	2061,9 m	-
	N7	2510,8 m	-

Pengukuran jarak taxiing pesawat untuk *line up* dari taxiway N2 dan N3 ke threshold runway 10 diperoleh dari pengukuran jarak dengan menggunakan Autocad. Pemodelan pergerakan pesawat dapat ditunjukkan pada gambar 4.3 dan 4.4 berikut :



Gambar 4.5 Model pergerakan pesawat dari taxiway N2

Gambar 4.4 menunjukkan jarak taxiing yang ditempuh pesawat jika memasuki runway dari taxiway N2 menuju threshold runway 10 untuk *line up*.



Gambar 4.6 Model pergerakan pesawat dari taxiway N3

Jarak *taxiing* merupakan akumulasi dari jarak *runway holding position*, jarak taxiway terhadap runway dan jarak putar pesawat untuk *line up* di runway threshold.

Contoh perhitungan :

Jarak taxiing dari taxiway NP2

Jarak runway holding position = 275 m

Jarak putar pesawat untuk line up = 55,59 m

Jarak taxiing = 275 + 55,59 = 330,59 m

Tabel 4. 35 menunjukkan hasil pengukuran jarak *taxiing* pesawat dari taxiway N2 dan N3 ke threshold runway 10.

Tabel 4.35 Jarak taxiing pesawat dari taxiway N2 dan N3 ke runway 10

Taxiway	Jarak tempuh (m)
NP2	330,59
N2	1067,56
N3	1733,57

4.5.2 Perhitungan Waktu Taxiing

Untuk mengetahui kebutuhan waktu *taxiing* dari *taxiway* ke *runway* diperlukan data kecepatan pesawat saat *taxiing*. Kecepatan *taxiing* pesawat biasanya 5 sampai 20 knot (sumber: CAA Taxiing Manual) tergantung dari jenis pesawat. Pada penelitian ini asumsi kecepatan *taxiing* dapat ditabelkan sebagai berikut.

Tabel 3.36 Asumsi kecepatan *taxiing* berdasarkan kategori pesawat

KATEGORI PESAWAT	KECEPATAN (Knot)	KECEPATAN (m/dtk)
B	10	5.1
C	15	7.7
D	20	10.3

Pada saat *taxiing* pesawat melaju dengan kecepatan rendah. Hal ini untuk memastikan bahwa pesawat dapat dihentikan dengan cepat dan tidak membahayakan roda pesawat dan menyebabkan kerusakan pada permukaan perkerasan. Batas kecepatan *taxi* tidak diatur secara regulasi, namun biasanya *airline* menetapkan batas kecepatan *taxi* dalam Standard Operating Procedures (SOP) mereka. Normal *taxi speed* adalah sekitar 20 knots, pada rute *taxi* yang lurus kecepatan 30 knots masih diperbolehkan namun perlu diperhatikan bahwa kecepatan *taxi* yang tinggi dengan *heavy gross weight* dan jarak *taxi* yang panjang bisa menyebabkan *overheating* pada *tire sidewall* (sumber : Boeing 737 NG Flight Crew Training Manual).

Waktu *taxiing* dihitung dengan mengukur jarak *entry taxiway* dari arah R10 yakni *taxiway* N2 dan N3, setelah jarak masing-masing *taxiway* didapat kemudian dibagi dengan kecepatan *taxiing* pesawat. Contoh perhitungannya adalah sebagai berikut:

Perhitungan waktu tempuh dari *taxiway* NP2 ke *threshold* runway 10:

Jarak *taxiing* dari *taxiway* NP2 = 330,59 m

Kecepatan pesawat = 10 knot = 5.1444 m/det

Kebutuhan *taxiing* = 330,59 (m) / 5.14444 (m/det) = 64.26 detik

Perhitungan waktu tempuh dari *taxiway* N2 ke *threshold* runway 10 :

Jarak *taxiing* dari *taxiway* N2 = 1067,56 m

Kecepatan pesawat = 10 knots = 5.14444 m/det

Kebutuhan *taxiing* = 1067,56 (m) / 5.14444 (m/det) = 207,52 detik

Perhitungan waktu tempuh dari *taxiway* N3 ke *threshold* runway 10 adalah sebagai berikut :

Jarak *taxiing* dari *taxiway* N3 = 1733,57 m

Kecepatan pesawat = 10 knots = 5.14444 m/det

Kebutuhan *taxiing* = 1733,57 (m) / 5.14444 (m/det) = 336,98 detik

Cara perhitungan yang sama dilakukan untuk kategori pesawat A, C dan D.

Contoh perhitungannya adalah sebagai berikut:

Perhitungan waktu tempuh pesawat kategori A dari taxiway NP2 ke *threshold* runway 10:

Jarak taxiing dari taxiway NP2 = 330,59 m

Kecepatan pesawat A = 5 knot = 2.57222 m/det

Kebutuhan *taxiing* = 330,59 (m) / 2.57222 (m/det) = 128,523 detik

Perhitungan waktu tempuh pesawat kategori C dari taxiway NP2 ke *threshold* runway 10 :

Jarak taxiing dari taxiway NP2 = 330,59 m

Kecepatan pesawat C = 15 knots = 7.71666 m/det

Kebutuhan *taxiing* = 330,59 (m) / 7.71666 (m/det) = 42,841 detik

Perhitungan waktu tempuh pesawat kategori D dari taxiway NP2 ke *threshold* runway 10 adalah sebagai berikut :

Jarak taxiing dari taxiway NP2 = 330,59 m

Kecepatan pesawat D = 20 knots = 10.28888 m/det

Kebutuhan *taxiing* = 330,59 (m) / 10.28888 (m/det) = 32,131 detik

Hasil perhitungan *taxiing* time untuk kategori pesawat A, B, C dan D dari *runway holding position* di taxiway NP2, N2 dan N3 dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.37 Waktu tempuh pesawat dari taxiway ke runway 10

No.	Taxiway	Kategori Pesawat A (detik)	Kategori Pesawat B (detik)	Kategori Pesawat C (detik)	Kategori Pesawat D (detik)
1.	NP2	128,523	64,26	42,841	32,131
2.	N2	415,034	207,52	138,345	103,759
3.	N3	673,958	336,98	224,653	168,489

Dari tabel 4.37 terlihat bahwa waktu tempuh dari taxiway N2 dan N3 menuju threshold runway 10 lebih besar dari pada waktu tempuh dari taxiway NP2 untuk masing-masing kategori pesawat. Waktu tempuh dari taxiway menuju threshold akan mempengaruhi besarnya ROTT. Sehingga jika *runway holding position* direposisi ke taxiway N2 atau N3 maka nilai ROTT runway 10 akan semakin besar.

4.5. Diskusi

Pergeseran runway holding position dari taxiway N1 ke taxiway NP2 telah menambah rata-rata *runway occupancy time* (MROT) sebanyak 6 detik. Rata-rata penambahan ROT ini diperoleh pada waktu *peak hour*. Jika 1 (satu) pergerakan pesawat mengalami penambahan ROT sebanyak 6 detik, maka pada *peak hour* dengan asumsi pergerakan pesawat sebanyak 30 pergerakan/jam akan terjadi penambahan waktu penggunaan runway sebesar 180 detik di mana waktu sebesar ini bisa digunakan untuk satu pergerakan pesawat. Artinya penambahan ROT 6 detik dalam waktu satu jam telah mengurangi kapasitas runway ± 1 pergerakan. Jika *peak hour* terjadi sekali dalam 1 (satu) hari maka dalam waktu 1 bulan akan terjadi pengurangan pergerakan sebanyak 30 pergerakan, dan jika diakumulasikan dalam waktu 1 (satu) tahun maka akan diperoleh pengurangan pergerakan sebesar 365 pergerakan. Apabila ditinjau dari sudut pandang operator bandara tentunya pengurangan pergerakan ini akan berdampak pada pengurangan pendapatan (*revenue*) dari operator/pengelola bandar udara.

Sedangkan bila dilihat dari sisi perusahaan *airline*, maka pengurangan *runway capacity* per jam akan berdampak pada operasional pesawat. Dalam hal ini sangat dimungkinkan bahwa akibat dari penurunan nilai *runway capacity* dari suatu bandara akan menyebabkan pesawat mengalami *delay*. Lebih jauh lagi *delay* yang terjadi pada satu operasional pesawat dapat menyebabkan efek domino terhadap operasional pesawat yang lainnya.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini mencoba menganalisa pengaruh pergeseran runway holding position terhadap *runway occupancy time* dan *runway capacity* suatu bandara. Bandara yang digunakan sebagai studi kasus adalah Bandara Internasional Juanda. Metode yang digunakan untuk menghitung *runway capacity* adalah metode DORATASK. Selain itu dilihat pula pengaruh pergeseran *runway holding position* di taxiway N1 terhadap *fuel consumption aircraft*. Simulasi juga dilakukan untuk mengetahui seberapa besar perubahan *runway occupancy time* jika runway holding position direposisi ke taxiway lain yang terdekat, yaitu taxiway N2 dan N3.

Hasil analisis dan pembahasan di dapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan perhitungan *runway occupancy time* diperoleh nilai Mean Runway Occupancy Time (MROT) runway 10 adalah 102 detik dan 96 detik untuk runway 28. Terlihat bahwa nilai MROT di runway 10 lebih besar daripada nilai MROT di runway 28 dengan selisih sebesar 6 detik. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pergeseran *runway holding position* dari taxiway N1 ke taxiway NP2 berpengaruh terhadap *runway occupancy time*.
2. Dari perhitungan *runway capacity* dengan menggunakan metode DORATASK diperoleh nilai *runway capacity* akibat pergeseran *runway holding position* adalah 30 pergerakan/jam. Diketahui bahwa nilai *runway capacity* sebelum *runway holding position* di taxiway N1 direposisi ke taxiway NP2 adalah 33 pergerakan/jam. Sehingga dapat disimpulkan bahwa akibat pergeseran *runway holding position* dari taxiway N1 ke taxiway NP2 telah menurunkan *runway capacity* sebesar 3 pergerakan/jam.

Dapat disimpulkan pula bahwa perubahan nilai *runway occupancy time* sangat berpengaruh terhadap *runway capacity*.

3. Pergeseran *runway holding position* dari taxiway N1 ke taxiway NP2 telah berpengaruh terhadap Runway Occupancy Time Take Off (ROTT) pesawat yang *take off* dari runway 10. Peningkatan ROTT ini menyebabkan penambahan *fuel consumption aircraft* untuk tiap-tiap kategori pesawat. Dari hasil perhitungan didapatkan besarnya penambahan *fuel consumption aircraft* untuk pesawat kategori A adalah 7.1177 lb, pesawat kategori B adalah 10.340 lb, pesawat kategori C adalah 14.196 lb dan untuk pesawat kategori D adalah 19.652 lb.
4. Dari hasil analisis diperoleh besarnya waktu tempuh (*taxiing time*) untuk pesawat kategori B dari taxiway NP2 ke threshold runway 10 adalah 64 detik. Apabila *runway holding position* berada di taxiway N2 diperoleh *taxiing time* dari taxiway N2 ke threshold runway 10 sebesar 207 detik. Sedangkan *taxiing time* dari taxiway N3 ke threshold runway 10 adalah 337 detik. Terlihat bahwa pergeseran *runway holding position* ke taxiway N2 dan N3 akan menghasilkan waktu tempuh (*taxiing time*) ke threshold runway 10 semakin besar. Penambahan nilai *taxiing time* akan menyebabkan peningkatan nilai *runway occupancy time* karena salah satu komponen *runway occupancy time* adalah waktu tempuh (*taxiing time*) dari titik runway holding position menuju runway threshold.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya berdasarkan dari penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Untuk penelitian selanjutnya bisa digunakan beberapa metode perhitungan yang lain selain DORATASK, sehingga diharapkan akan memperoleh variasi perbandingan hasil perhitungan yang lebih banyak.

2. Simulasi yang dilakukan pada penelitian ini terbatas pada taxiway eksisting dengan posisi terdekat dengan runway 10. Untuk penelitian selanjutnya dapat disimulasikan dengan pembangunan taxiway baru dengan posisi berada setelah ujung threshold runway 10. Namun demikian posisi taxiway baru tersebut hendaknya memperhatikan aspek keselamatan operasional pesawat dan persyaratan geometris fasilitas sisi udara.
3. Perlu dilakukan pengecekan struktur perkerasan taxiway N2 dan N3 apakah sama dengan struktur perkerasan pada taxiway N1. Hal ini perlu dilakukan untuk memastikan bahwa nantinya apabila taxiway N2 dan N3 digunakan sebagai alternatif untuk *entry runway* pada saat taxiway N1 diperbaiki tidak akan mengalami kerusakan yang sama seperti yang dialami oleh taxiway N1.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Airport Cooperative Research Program. (2012). Evaluating Airport Capacity. Report. Washington,DC.
- Ashford, N.J. (2011), *Airport Engineering planning, design, and development of 21st century airports*, Fourth Edition, United State of America, John Wiley and Sons, Inc.
- Brunner J.O. (2014). “Rescheduling of flights during ground *delay* programs with consideration of passenger and crew connections”, *Journal of Transportation Research Part E*, Vol. 72, hal. 236–252.
- Cem Cetek, Ertan Cinar, Fulya Aybek and Aydan Cavcar. (2013). Capacity and delay analysis for airport manoeuvring areas using simulation. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*.
- Chuhang Yu, Dong Zhang, H.Y.K. Henry Lau. (2017). A heuristic approach for solving an integrated gate reassignment and taxi scheduling problem. Elsevier.
- Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, (2002), Keputusan Menteri Nomor: 47 Tahun 2002 Tentang Sertifikasi Operasi Bandar Udara.
- Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, (2011). Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor: No. 77 Tahun 2011 Tentang Tanggung Jawab Pengangkut Angkutan Udara.
- Evans A., & Schäfer A.W. (2014), “ Simulating airline operational responses to airport *capacity* constraints”, *Journal of Transport Policy*, Vol. 34, hal. 5–1.
- Federal aviation administration (FAA). (2007). *Airport capacity and delay*.
- Ferguson J., et al. (2011), “Estimation Domestic US Airline Cost Of *Delay* Based On European Model”, *Journal of Transportation Research Part C*, Vol. 33, hal. 311–323.

- Gelhausen, M.C., Berster, P., Wilken, D. (2013). “Do airport *capacity* constraints have a serious impact on the future development of air traffic?”, *Journal of Transport Management*, Vol. 28, hal. 3-13.
- Horonjeff, R., and McKelvey F. (2010). *Planning & Design of Airports*, Fourth Edition, United States of America, McGraw-Hill, Inc.
- Jungai T., & Hongjun X. (2012) “Optimizing Arrival Flight *Delay* Scheduling Based on Simulated Annealing Algorithm”, *Journal of 2012 International Conference on Medical Physics and Biomedical Engineering*, Vol. 33, hal. 348 – 353.
- Kim, A. M. (2016), “The impacts of changing flight demands and throughput”. *Transportation Research Part A*, Vol. 86, hal. 19–34.
- Lu Hao, Mark Hansen, Megan S. Ryerson. (2016). “Fueling for contingencies: The hidden cost of unpredictability in the air transportation system”, *Journal of Transportation Research Part C*, Vol. 44, hal. 199–210.
- Marc C. Gelhausen, Peter Berster, Dieter Wilken (2013). “Do airport capacity constraints have a serious impact on the future development of air traffic?”, *Journal of Transportation Management*, Vol. 28, hal. 3–13.
- Mikio Takebayashi. (2010). “The runway capacity constraint and airlines’ behavior: Choice of aircraft size and network design”, *Journal of Transportation Research Part E*, Vol. 47, hal. 390–400.
- Morlok , Edward K., (1978), *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi* , Penerbit Erlangga.
- Pyrgiotis, N., Malone, K., & Odoni, A. (2013). Modelling *delay* propagation within an *airport* network. *Transportation Research Part C*. Vol. 27, hal. 60–75.
- Qing Liu, Tongshui Wu, Xianfei Luo. (2011). “A space-time network model based on improved genetic algorithm for airport taxiing scheduling problems”, *Procedia Engineering*, Vol. 15, hal. 1082 – 1087.
- Yibin Xiao. (2016). “Airport capacity choice under airport-airline vertical Arrangements”, *Journal of Transportation Research Part A*, Vol. 92, hal. 298–309.

Yi-bin Xiao. (2017).” Modeling airport capacity choice with real options”,
Journal of Transportation Research Part B , Vol. 100 93–114.

<http://aeroengineering.co.id/>

<http://www.angkasapura1.co.id/>

<http://www.flightstats.com/>

<http://herulegowo.com/home/index.php/articles/airports/113-runway-capacity>

<http://www.ilmuterbang.com/>

<http://www.juanda-airport.com/>

[Google earth](#)

[Google maps](#)

(Lembar ini sengaja dikosongkan)

BIODATA PENULIS



Nama lengkap penulis Cahyaning Setyarini lahir di Malang pada tanggal 10 Juni 1979. Penulis telah menempuh pendidikan di TK PGRI, SDN 01 Sukoanyar, SMPN 1 Wajak dan SMUN 3 Malang. Setelah lulus SMU, pada tahun 1998 penulis mengikuti tes seleksi masuk perguruan tinggi negeri memilih Jurusan Teknik Sipil, Universitas Brawijaya Malang.

Setelah lulus jenjang pendidikan S1 penulis bekerja di Kementerian Perhubungan. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan pascasarjana pada bidang keahlian Manajemen dan Rekayasa Transportasi, Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama menempuh program pascasarjana, penulis mengambil penelitian mengenai manajemen bandara. Penulis bisa dihubungi melalui email di cahyaobu3@gmail.com.