



UNIVERSITAS INDONESIA

PENGEMBANGAN MODEL SLOT TIME UNTUK MENDUKUNG
EFISIENSI PENERBANGAN

TESIS

YANUAR JINU SATITI
NPM.1006788403

FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM TEKNIK SIPIL
DEPOK
JULI 2012



UNIVERSITY OF INDONESIA

THE MODEL DEVELOPMENT OF TIME SLOT TO SUPPORT
FLIGHT EFFICIENCY

THESIS

YANUAR JINU SATITI
NPM.1006788403

ENGINEERING
CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT
DEPOK
JULY 2012



HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : YANUAR JINU SATITI

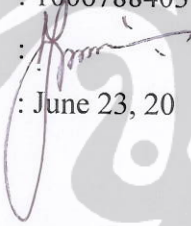
NPM : 1006788403

Tanda Tangan : 

Tanggal : 23 Juni 2012

ORIGINALITY STATEMENT PAGE

This thesis is my own work,
and all good sources are cited and referenced
I have stated correctly.

Name : YANUAR JINU SATITI
NPM : 1006788403
Signature : 
Date : June 23, 20

HALAMAN PENGESAHAN


Tesis ini diajukan oleh :
Nama : YANUAR JINU SATITI
NPM : 1006788403
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Tesis : Pengembangan Model Slot Time untuk mendukung Efisiensi Penerbangan.

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. Tri Tjahjono, M.Sc ()

Pembimbing : Dr. Ir. Nahry, M.T. ()

Penguji : Ir. Alan Marino, M.Sc ()

Penguji : Ir. Heddy R. Agah, M.Eng ()

Penguji : Ir. Martha Leni Siregar ()

Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 10 Juli 2012

APPROVAL

This Thesis Proposed by :

Name : YANUAR JINU SATITI
Registered Number : 1006788403
Program of Study : Civil Engineering Majoring Transportation
Title of Thesis : The Model Development of Time Slot to
Support Flight Efficiency

Is submitted to fulfill one of requirements needed to achieve Master Degree in Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, University of Indonesia and approved to be examined in Thesis Examination.

BOARD OF EXAMINATION

Counselor I : Dr.Ir. Tri Tjahjono, M.Sc. ()
Counselor II : Dr. Ir. Nahry, M.T. ()
Chief Examiner : Ir. Alan Marino, M.Sc. ()
Examiner I : Ir. Heddy R. Agah, M.Eng. ()
Examiner II : Ir. Martha Leni Siregar ()

Defined in : Depok

Date : 25 June 2012

KATA PENGANTAR/ UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat, dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan tesis ini. Penulisan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Megister Teknik Jurusan Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tesis ini. Oleh karena itu saya mengucapkan terimakasih kepada:

- (1) Dr. Ir. Tri Tjahjono, M.Sc, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan tesis ini.
- (2) Dr. Ir. Nahry, M.T, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan tesis ini.
- (3) PT Angkasa Pura I (Persero) Bandara Ngurah Rai Bali, yang telah banyak membantu dalam memperoleh data yang saya perlukan.
- (4) Indonesia Slot Coordinator (IDSC) yang telah banyak membantu dalam memperoleh data yang saya perlukan.
- (5) Seluruh Dosen dan staf pengajar Program Studi Teknik Sipil, yang telah memberikan banyak pengetahuan dan ilmu.
- (6) Orang Tua, Suami dan anak yang telah memberikan dukungan dan semangat sehingga tesis ini dapat tersusun.
- (7) Teman- teman program magister teknik sipil angkatan 2010.

Akhir kata, saya berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga tesis ini memberikan manfaat bagi kemajuan Penerbangan Indonesia dan perkembangan ilmu pengetahuan.

Depok, 23 Juni 2012

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : YANUAR JINU SATITI
NPM : 1006788403
Program Studi : Transportasi
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Tesis

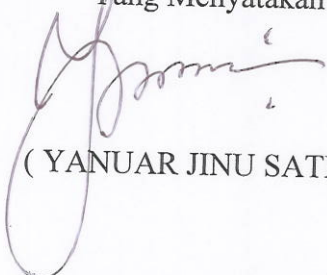
demikian demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**PENGEMBANGAN MODEL SLOT TIME UNTUK MENDUKUNG EFISIENSI
PENERBANGAN**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak bebas royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan. Mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya tanpa meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/ pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada Tanggal : 23 Juni 2012
Yang Menyatakan


(YANUAR JINU SATITI)

ABSTRAK

Nama : YANUAR JINU SATITI
Program Studi : Transportasi
Judul : PENGEMBANGAN MODEL SLOT TIME UNTUK
MENDUKUNG EFISIENSI PENERBANGAN

Pada tesis ini dibahas mengenai pengembangan model slot time untuk mengatur penggunaan *runway* dan *gate* seefisien mungkin dengan memperhatikan kepentingan maskapai penerbangan yaitu dengan meminimalisir waktu *taxi*, waktu tunggu di udara, waktu tunggu di darat. Metode yang digunakan adalah *Network Representative* yaitu merepresentasikan masalah penggunaan *Runway* dan *Gate* ke dalam bentuk masalah arus jaringan menggunakan *Minimum Cost Flow (MCF)* Problem. Bandara yang dijadikan objek penelitian adalah Bandara Ngurah Rai Bali. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan permodelan ini maka penggunaan slot time di *runway* dan di *gate* lebih optimal.

Kata Kunci :

Slot time, Delay, Waktu Tunggu Pesawat.

ABSTRACT

Name : YANUAR JINU SATITI

Study Program: TRANSPORTATION

Title : THE MODEL DEVELOPMENT OF TIME SLOT TO SUPPORT
FLIGHT EFFICIENCY

This thesis is aimed to develop model to set the time slot of using runway and gate as efficiently as possible by consider the objective of the airlines to minimize taxi time, waiting time in the air, and waiting time on the ground. The method used is the Network Representative. This method represent, the problem of Runway and Gate assignment into the form of a network flow problem, namely a Minimum Cost Flow (MCF) problem. Ngurah Rai Airport is used as the object of case study of this research. The results of this model shows that both the runway time slot and gate time slot could be optimized in term that the capacity of the runway and gate are utilized more efficiently.

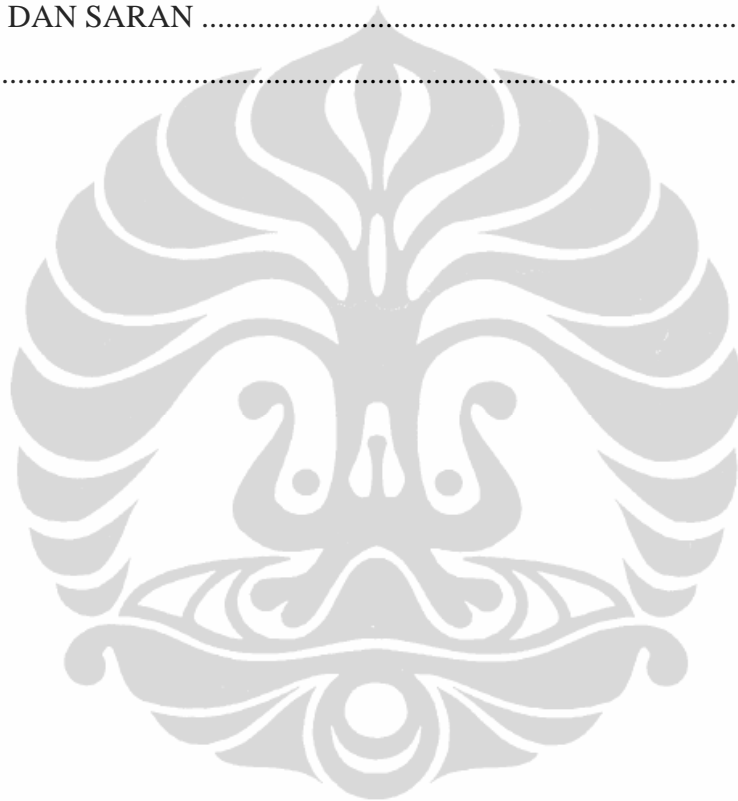
Key Word :

Slot time, Delay, Waiting Time.

DAFTAR ISI

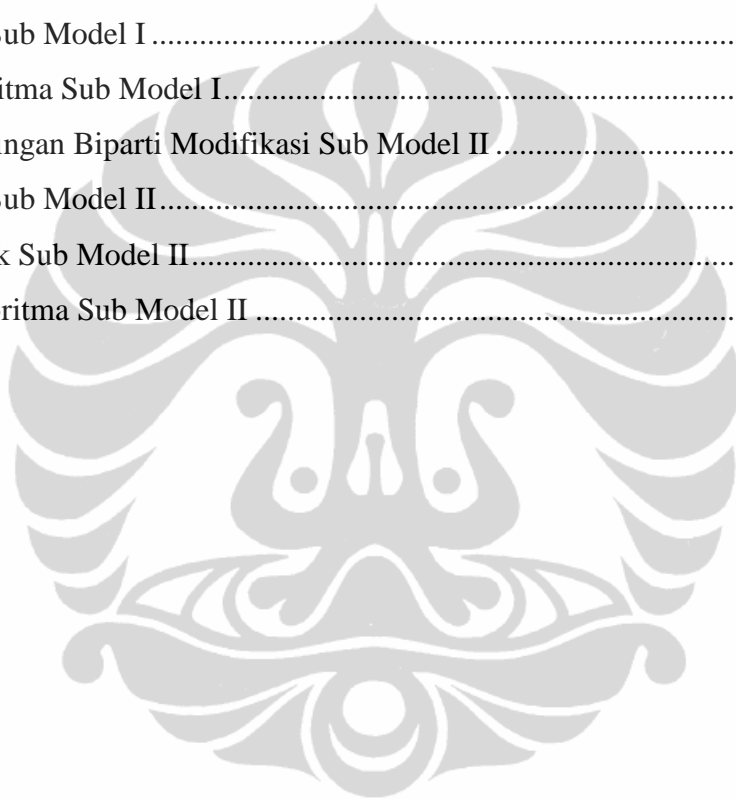
Halaman Judul	i
Halaman Pernyataan Orisinalitas	ii
Halaman Pengesahan	iii
Kata Pengantar	iv
Halaman Pernyataan Persetujuan Publikasi	v
Abstrak	vi
Daftar Isi	vii
Daftar Gambar	ix
Daftar Tabel	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.1.1. Perkembangan Dunia Penerbangan	1
1.1.2. Keterbatasan Kapasitas	3
1.1.3. Pergerakan Pesawat tidak sama tiap jam	4
1.2. Perumusan Masalah	6
1.2.1. Identifikasi Masalah	6
1.2.2. Signifikansi Masalah	7
1.2.3. Pertanyaan Penelitian	7
1.2.4. Tujuan Penelitian	7
BAB II KAJIAN PUSTAKA	8
2.1 Slot Time	8
2.2. Representasi Jaringan	13
2.3. Minimum Cost Flow	15
BAB III METODE PENELITIAN	18
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	18
3.2. Variable Penelitian dan Definisi Operasional	18
3.3.1. Variable Penelitian	18
3.3.2. Definisi Operasional	18
3.4. Metode Pengumpulan Data dan Instrumen Penelitian	18

3.4.1. Metode Pengumpulan Data.....	18
3.4.2. Instrument Penelitian	19
BAB IV PEMODELAN	20
4.1. Formulasi Masalah Slot Penggunaan Runway dan Gate	20
4.2. Representasi Masalah dalam Bentuk Masalah Jaringan	24
4.2.1. Definisi – Definisi.....	24
4.2.2. Network Representatif	25
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	47
DAFTAR PUSTAKA	48



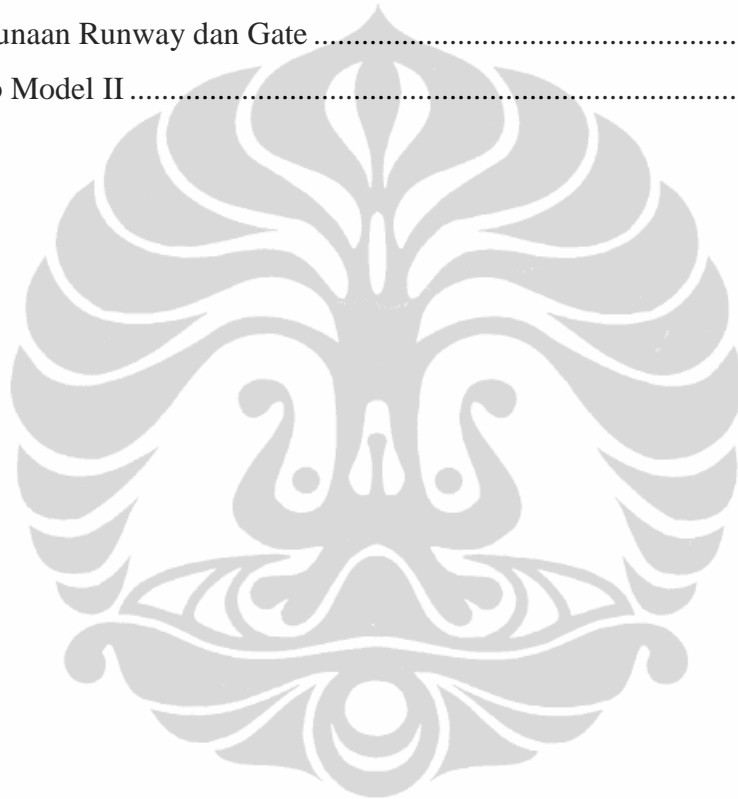
DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Bagan Metode Penelitian	19
Gambar 4.1 Permasalahan Slot Time.....	21
Gambar 4.2 Algoritma Penelitian	23
Gambar 4.3 Slot dan Rangkaian Perjalanan	26
Gambar 4.4 Representasi Jaringan Biparti Sub Model I.....	27
Gambar 4.5 Algoritma Sub Model I.....	32
Gambar 4.6 Hasil Algoritma Sub Model I.....	34
Gambar 4.7 Gambar Jaringan Biparti Modifikasi Sub Model II	36
Gambar 4.8 Algoritma Sub Model II.....	38
Gambar 4.9 Feasible link Sub Model II.....	41
Gambar 4.10 Hasil Algoritma Sub Model II	43



DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Pergerakan Pesawat pada Bandara UPT DJU, Angkasa Pura I & II	2
Tabel 1.2 Jumlah Pergerakan Pesawat di Bandara Ngurah Rai Bulan November	5
Tabel 4.1 Permintaan Slot Penerbangan	20
Tabel 4.2 Jadwal Kedatangan dan Keberangkatan Pesawat	27
Tabel 4.3 Link Cost Sub Model I.....	33
Tabel 4.4 Jadwal Penggunaan Runway dan Gate	40
Tabel 4.6 Link Cost Sub Model II	42



BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

1.1.1. Perkembangan Dunia Penerbangan

Indonesia merupakan negara kepulauan yang relatif luas, untuk itu perlu dikembangkan suatu sistem transportasi yang dapat menghubungkan daerah-daerah tersebut demi mendukung pertumbuhan Ekonomi nasional dan regional. Saat ini Indonesia memiliki 8 perusahaan airlines besar, 407 rute penerbangan dan 150 bandara, dimana 13 bandara dikelola oleh PT Angkasa Pura I (Persero), 12 bandara dikelola oleh PT Angkasa Pura II (Persero) dan sisanya dikelola langsung oleh Direktorat Jenderal Perhubungan Udara.

Transportasi udara memegang peran penting dalam mendukung pertumbuhan ekonomi nasional maupun regional. Penyelenggaraan layanan transportasi udara di Indonesia mengalami pertumbuhan yang sangat pesat. Salah satu penyebab peningkatan tersebut adalah adanya kebijakan deregulasi penerbangan dan ketersediaan armada pesawat baru. Deregulasi tersebut mempermudah investor untuk berinvestasi di dunia penerbangan dan memberikan kebebasan kepada airlines untuk menentukan tarifnya sehingga tarif angkutan udara lebih terjangkau. Dengan tarif yang lebih terjangkau tersebut secara tidak langsung meningkatkan jumlah pengguna jasa angkutan udara.

Penyelenggaraan angkutan udara sebagai salah satu tugas pemerintah memiliki dua sisi yang harus dicermati, di satu sisi penyelenggaraan transportasi udara harus efektif dalam arti mampu menjangkau seluruh wilayah Indonesia dan membuka isolasi untuk mendukung pertumbuhan ekonomi wilayah. Disisi lain, penyelenggaraan transportasi udara harus dilaksanakan secara efisien agar mengurangi beban pemerintah dan dapat berlangsung secara berkelanjutan.

Pada tahun 2010, jumlah pesawat yang datang dari luar negeri adalah 43.143 unit dengan membawa 3.993.946 orang dimana 69,1% nya adalah wisatawan mancanegara. Pada tahun yang sama jumlah pesawat yang berangkat

keluar negeri adalah 41.353 unit dengan membawa 4.042.003 penumpang. Jadi pada tahun 2010 jumlah penumpang untuk penerbangan internasional dari dan ke luar negeri adalah sebesar 8.035.949 orang (data Kementerian Perhubungan, 2011).

Tabel 1.1
Pergerakan Pesawat pada Bandara Unit Pelaksana Teknis Direktorat Jenderal
Perhubungan Udara, PT Angkasa Pura I & II (Persero)

Pergerakan Pesawat						
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
UPT	167.506	114.067	202.783	210.822	180.425	154.391
API	295.868	360.263	357.434	360.910	375.715	392.373
AP II	314.232	407.778	443.297	420.085	432.567	432.797
Jumlah	777.606	882.108	1.003.514	991.817	988.707	979.561
Penumpang (Orang)						
UPT	3.823.708	4.037.851	7.134.106	8.694.640	7.013.075	7.436.914
API	1.9407.996	28.171.75	29.687.20	31.608.36	33.913.13	36.182.43
		2	7	4	1	5
AP II	25.668.443	35.945.30	38.476.27	42.384.37	46.655.04	46.281.19
		1	1	2	4	7
Jumlah	48.900.147	68.154.90	75.297.58	82.687.37	87.581.25	89.900.54
		4	4	6	0	6
CARGO						
UPT	93.887	56.374	92.999	148.018	97.962	128.893
API	193.496	200.345	219.906	207.592	224.034	239.195
AP II	361.324	383.453	406.081	447.168	551.675	572.109
Jumlah	648.707	640.172	718.986	802.778	873.671	940.197

(Sumber : Data Kementerian Perhubungan, PT Angkasa Pura I dan II (Persero))

Data statistik dari Kementerian Perhubungan tahun 2011 juga menyebutkan bahwa transportasi udara Indonesia dilayani oleh 125 bandara yang

Universitas Indonesia

dikelola langsung oleh Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, 13 bandara dikelola oleh PT Angkasa Pura I (Persero) dan 12 bandara dikelola oleh PT Angkasa Pura II (Persero). Dari data statistik lalu lintas penerbangan dari PT Angkasa Pura I dan II (Persero) serta Kementerian Perhubungan pada tahun 2010 terjadi pergerakan pesawat hampir 980.000 pergerakan, melayani kurang lebih 90 juta penumpang dan 940 ribu ton kargo. Rata – rata pertumbuhan lalu lintas penerbangan adalah 8 – 10 % per tahun (data Kementerian Perhubungan).

Data tersebut menunjukkan bahwa 92 % pergerakan penumpang berada di bandara yang dikelola oleh PT Angkasa Pura I dan II (Persero). Meskipun bandara UPT hanya mengelola 8 % dan penumpang tetapi tingkat penetrasinya hampir merata di seluruh wilayah Indonesia, terutama di wilayah yang sulit dijangkau di luar pulau Jawa seperti Sumatra, Kalimantan, Nusa Tenggara, Sulawesi, Maluku, dan Papua.

1.1.2. Keterbatasan Kapasitas Bandara

1.1.2.1. Kapasitas Terminal (Sisi Darat)

Data juga menyebutkan bahwa beberapa bandara di Indonesia telah mengalami *over capacity*. Bandara Adisucipto di Jogjakarta misalnya, bandara ini dirancang untuk dapat melayani penumpang 0,9 juta per tahun tetapi saat ini digunakan untuk melayani 3,7 juta penumpang per tahun. Bandara Sepinggan Balikpapan dirancang untuk melayani 1,1 juta penumpang per tahun tetapi kenyataannya saat ini digunakan untuk melayani 5,5 juta penumpang per tahun, Bandara Hasanuddin Makassar dirancang untuk melayani penumpang sebanyak 6,2 juta per tahun tetapi bandara ini digunakan untuk melayani 6,5 juta penumpang per tahun. Bandara Juanda Surabaya dirancang untuk melayani 6,5 juta penumpang per tahun, tetapi kondisi saat ini digunakan untuk melayani hampir dua kali kapasitasnya yaitu 12,1 juta penumpang per tahun. Bandara Ngurah Rai Bali dirancang untuk melayani 8,9 juta penumpang per tahun dan saat ini digunakan untuk melayani 12,1 juta penumpang per tahun. (sumber Kompas 27 Oktober 2011)

1.1.2.2. Kapasitas Apron, Taxiway dan Runway (Sisi Udara)

Over capacity juga terjadi di Bandara Soekarno Hatta, Kapasitas *runway* di bandara Soekarno hatta adalah 52 pesawat per jam tetapi kenyataan dilapangan pada jam – jam tertentu jumlah pesawat yang berangkat (take off) dan mendarat (landing) melebihi jumlah tersebut. Akibatnya faktor keselamatan penerbangan terabaikan.

1.1.3. Pergerakan Pesawat tidak sama tiap jam.

Pergerakan pesawat itu sendiri tidak merata tiap jam, dimana pada jam – jam tertentu *airlines* berlomba- lomba untuk berangkat maupun mendarat. Jam tersebut dikenal dengan istilah jam sibuk (*peak hours*). Hal tersebut dilakukan demi memperoleh pangsa pasar pengguna angkutan udara demi meningkatkan keuntungan perusahaan. Pangsa pasar yang dimaksud disini adalah pengguna jasa angkutan udara. Para pengguna jasa angkutan udara ini memiliki kecenderungan untuk memilih pesawat yang dapat mengakomodir kepentingannya.

Dari uraian di atas perlu ditetapkan tata cara pengaturan *slot time* untuk kepentingan bersama. Dalam menetapkan slot time ini banyak faktor yang harus diperhatikan antara lain keselamatan penerbangan, *golden time* perusahaan *airlines*, kapasitas bandara keberangkatan, kapasitas ruang udara, kapasitas bandara tujuan.

Kapasitas Penggunaan *Runway* di Bandara Ngurah Rai adalah 12 pergerakan tiap jamnya. Sedangkan menurut data selama 3 (tiga) tahun terakhir pergerakan lalu lintas di Bandara Ngrurah Rai Bali mengalami kenaikan cukup tajam sehingga mengalami *over capacity* mulai jam 8.01 WITA sampai jam 20.00 WITA. Bahkan pada bulan November 2011 pukul 14.01 – 15.00 Bandara Ngurah Rai dipaksakan untuk melayani 33 pergerakan.

Menurut data 3 (tiga) tahun terakhir pula dapat disimpulkan pula bahwa jam paling sibuk tiap bulannya berada pada jam 16.01 – 17.00 WITA. Hari paling sibuk tiap bulannya berada pada hari jumat dan minggu. Kemungkinan hal ini berkaitan bahwa Bali adalah salah satu tujuan utama pariwisata di Indonesia.

Tabel 1.2

Jumlah Pergerakan Pesawat di Bandara Ngurah Rai pada Bulan November 2012

TANGGAL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
JAM / LT																															
07.01 – 08.00	5	1	4	5	4	5	4	4	4	4	5	5	6	7	6	5	5	4	8	9	3	7	4	3	3	4	4	4	3	5	
08.01 – 09.00	9	12	13	11	12	11	12	12	13	16	16	16	13	15	12	17	14	16	11	15	13	10	9	8	13	10	9	13	12		
09.01 – 10.00	19	14	19	18	17	15	15	17	13	18	14	17	19	24	17	17	20	18	15	21	18	16	14	21	18	20	19	16	16	14	
10.01 – 11.00	19	16	16	20	19	22	22	20	20	13	25	17	20	12	20	16	7	21	23	21	26	15	25	13	24	18	20	22	16	18	
11.01 – 12.00	17	19	17	20	22	23	17	17	20	19	21	18	23	21	22	15	15	21	19	28	19	19	15	11	21	15	21	21	19	21	
12.01 – 13.00	17	18	21	18	18	16	16	20	23	24	15	19	29	22	16	18	22	19	20	22	15	21	19	18	23	20	22	21	20		
13.01 – 14.00	16	17	17	17	20	19	20	17	13	15	18	18	19	19	15	25	15	20	18	7	18	16	18	14	14	17	20	15	14	20	
14.01 – 15.00	18	18	14	17	20	16	26	19	24	20	19	25	22	11	19	22	18	12	25	33	20	19	20	15	19	18	21	19	18	15	
15.01 – 16.00	17	18	13	12	15	15	17	21	18	14	18	18	16	20	15	18	12	25	15	25	17	12	10	13	16	16	16	17	15	17	
16.01 – 17.00	22	22	21	26	22	19	23	18	20	19	22	23	22	25	20	11	19	5	22	23	18	26	19	24	24	25	17	19	22		
17.01 – 18.00	14	16	19	18	15	20	11	18	19	15	19	14	16	15	13	15	21	26	18	22	19	22	19	19	18	18	15	17	17	14	
18.01 – 19.00	18	9	12	20	17	25	14	19	16	16	15	16	15	20	18	6	8	25	18	12	18	18	16	17	15	17	19	18	17	19	
19.01 – 20.00	12	21	12	20	14	12	14	15	11	16	21	20	18	12	14	19	6	18	9	18	11	15	13	18	19	16	14	14	14	15	
20.01 – 21.00	13	14	15	11	17	11	14	11	22	17	23	12	17	16	24	23	21	17	11	18	18	13	13	15	14	15	16	15	15		
21.01 – 22.00	14	5	12	11	16	8	10	11	13	9	5	16	9	10	10	15	22	11	15	16	9	9	7	12	10	11	12	8	11	13	
22.01 – 23.00	13	18	11	12	12	11	14	14	13	11	16	7	12	10	14	16	13	14	13	16	13	16	12	12	14	15	13	14	9	13	
23.01 – 24.00	17	9	10	14	6	9	12	14	12	11	12	14	7	14	13	12	14	12	12	7	13	13	13	8	17	11	8	12	11	12	
00.01 – 01.00	7	12	8	4	5	6	8	9	8	7	4	5	8	8	6	5	16	6	23	13	9	8	10	10	7	25	7	7	8	6	
01.01 – 02.00	6	6	7	4	9	4	6	9	5	8	5	10	8	10	6	8	6	6	13	11	7	8	7	8	7	9	10	7	6	9	
02.01 – 03.00	1	1	2	2	1	3	1	1	1	3	1	4	3	8	1	4	4	1	15	5	2	1	1	2	1	2	3	1	2	1	
03.01 – 04.00	0	1	0	0	2	1	0	0	1	2	4	2	2	1	0	1	7	0	6	2	0	0	2	0	0	1	0	0	1	1	
05.01 – 06.00	1	2	0	2	1	0	2	1	1	1	3	1	0	1	0	3	0	1	5	1	0	0	2	0	1	3	1	1	1	2	
06.01 – 07.00	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
07.01 – 08.00	7	9	7	6	7	5	7	8	2	8	7	6	6	8	6	7	6	7	6	7	8	7	8	6	7	7	7	8	7	8	
JUMLAH	263	279	270	268	291	278	285	291	294	290	313	297	303	312	308	304	287	320	339	341	308	285	296	263	297	318	301	285	273	292	

■ Kondisi *Overcapacity*

Sumber : Data PT Angkasa Pura I (Persero) Cabang Bandara Ngurah Rai Bali

Pada tabel 1.2 kita dapat melihat bahwa pada bulan November tahun 2011, banyak sekali terjadi *overcapacity*. Padahal ditengah- tengah jam yang mengalami

Universitas Indonesia

overcapacity tersebut masih memungkinkan untuk dilakukan pergerakan untuk mengatasi jam – jam yang *overcapacity*.

1.2. Perumusan Masalah

1.2.1 Identifikasi Masalah

Kondisi lalu lintas penerbangan saat ini terus bertambah. Tiap bulannya berbagai ijin rute dan penambahan frekuensi diajukan oleh maskapai penerbangan kepada Kementerian Perhubungan. Ijin penerbangan ini meliputi penerbangan regular berjadwal dan penerbangan ekstra pada peak season.

Selama Tahun 2011 sebanyak 108 pengajuan SELCAL (*Selective Calling*) dan Mode S baru (data Direktorat Navigasi Penerbangan) diterbitkan, ini merarti 108 pesawat baru memasuki Indonesia, menambah jumlah armada penerbangan Indonesia. Dengan demikian dapat diprediksikan bahwa lalu lintas penerbangan akan terus bertambah dikemudian hari.

Disisi lain kita ketahui bersama bahwa ruang udara di Indonesia adalah tetap, tidak bertambah. Berbagai penelitian dilakukan untuk menambah kapasitas ruang udara. Dalam penelitian tersebut Indonesia tidak bekerja sendirian, melainkan bersama – sama dengan negara- negara Asia Pasific lainnya yang tergabung dalam organisasi penerbangan ICAO Asia Pasific. Berbagai penemuan telah dikembangkan mulai dari penggunaan Radar, ADS-B, *Fleksible Track*, dan yang terbaru adalah *Performace Based Navigation* (PBN). Saat ini Indonesia telah menggunakan salah satu teknologi Performance Based Navigation (PBN) yaitu RNP 10 pada rute penerbangan Internasional. Dan dalam waktu dekat Indonesia akan segera mengimplementasikannya untuk rute penerbangan domestik. Dengan teknologi ini diharapkan dapat meningkatkan kapasitas ruang udara Indonesia.

Untuk mengimbangi meningkatnya kapasitas ruang udara Indonesia maka kapasitas bandara harus ditingkatkan. Selain pembangunan fisik seperti penambahan *apron*, *runway*, dan bangunan terminal, diperlukan pula pengaturan penggunaannya agar tetap efisien dan optimal. Pengaturan ini harus dilakukan dengan bijak untuk mengakomodir kepentingan maskapai dan pengelola Bandara.

Universitas Indonesia

Pengaturan ini salah satunya adalah pengaturan *Slot time*. Pengaturan *slot time* berfungsi untuk mengoptimalkan penggunaan *runway* dan *gate* yang ada. Pengaturan *slot time* ini menjadi penting karena pergerakan pesawat tiap jamnya tidak sama. Pada jam- jam tertentu pesawat berebut antrian untuk masuk ke suatu bandara, tetapi pada jam – jam lain mungkin tidak ada pergerakan sama sekali.

Pada penelitian ini penulis berusaha untuk memberikan salah satu solusi pengaturan *slot time* agar *runway* dan *gate* dapat berfungsi dengan optimal. Penelitian ini menggunakan metode *network representative*.

1.2.2 Signifikansi Masalah

Penelitian ini menjadi penting dilakukan untuk mengantisipasi laju pertumbuhan penerbangan, untuk mengantisipasi keterbatasan kapasitas bandara dan ruang udara terutama di jam sibuk (*peak hours*) dan untuk memaksimalkan fasilitas bandara dan alat bantu navigasi agar dapat terbentuk penerbangan yang efisien.

1.2.3. Pertanyaan Penelitian

Bagaimana mengatur *slot time* untuk mengantisipasi keterbatasan kapasitas bandara dan ruang udara terutama di jam sibuk (*peak hours*) serta mampu membentuk penerbangan yang efisien?

1.2.4. Tujuan Penelitian

Pengembangan model untuk mengatur penggunaan *runway* dan *gate* seefisien mungkin dengan memperhatikan kepentingan maskapai dan pengelola bandara.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1. SLOT TIME

Slot time adalah jadwal waktu kedatangan (*arrival*) dan keberangkatan (*departure*) yang dialokasikan oleh kordinator ATFM (*Air Traffic Flow Management*) untuk pergerakan pesawat pada waktu/tanggal yang ditetapkan, yang disesuaikan/diselaraskan dengan fasilitas bandara yang ada atau jadwal menggunakan fasilitas tersebut. Slot time ini adalah salah satu tool (sarana) dalam melaksanakan *strategic air traffic flow management* di mana dengan slot time, jadwal yang menumpuk/terlalu padat dialokasikan ke waktu/jam yang renggang pergerakannya sehingga kapasitas yang ada di suatu bandara dapat digunakan secara optimal dan dengan menerapkan slot time ini dapat mengurangi tundaan. Di bandar-bandar udara yang padat pergerakannya, dimana fleksibilitas antara setiap pergerakan sangat kecil atau tidak ada sama sekali (*flexibility lost*), toleransi untuk mereka terlambat sangat kecil karena hampir rata-rata waktu sudah dimiliki slot pesawat lain. Setiap airline dapat saling menukar slot kedatangan atau keberangkatan jika mereka berhalangan atau jika tidak dapat memenuhi (*fail to deliver an aircraft to an assigned arrival slot*) jadwal yang ditentukan. Penerbangan mereka dapat ditunda pada hari berikutnya dan tidak mendapat izin mendarat pada bandara yang bersangkutan. Jadi fungsi slot time bukan hanya mengalokasikan jadwal ke waktu/jam yang renggang atau menempatkan jadwal diantara waktu celah tetapi juga memberi batasan waktu keberangkatan dan kedatangan yang harus dipenuhi oleh setiap *airlines*. Jika airline gagal memenuhi *slot* yang telah ditentukan dapat merugikan airline itu sendiri yaitu jadwalnya bisa diundur pada waktu/jam berikutnya (jika memungkinkan) atau ditunda pada hari berikutnya. Di negara lain yang telah menerapkan *slot time*, setiap *airline* yang tidak dapat memenuhi *slot* mereka dapat dikenakan sanksi (penalty).

Berikut ini adalah contoh pengalokasian slot untuk jadwal penerbangan:

Suatu Bandara memiliki 2 (dua) runway paralel yaitu 07L/25R dan 07R/25L dimana kapasitas tiap *runway* adalah 30 (tigapuluh) pergerakan tiap jamnya. Maka kapasitas *runway* total di Bandara tersebut adalah 60 (enampuluh) pergerakan tiap jamnya. Jika kapasitas masing – masing *runway* adalah 30 (tigapuluh) maka dapat kita simpulkan bahwa interval pergerakan adalah 60 menit dibagi 30 pergerakan hasilnya adalah 2 (dua) menit. perhitungan ini adalah masih dalam perhitungan mudahnya.

Contoh alokasi slot

<i>Arrival</i>	<i>ETA</i>	<i>Departure</i>	<i>ETD</i>
GIA 111	00.00	MNA 213	00.02
BTV 567	00.04	MDL 312	00.06
MAS 781	00.08	JTY 935	00.10
-	-	STQ 345	00.12

Alokasi slot tersebut akan diberikan kepada airlines untuk perhitungan mereka dalam mempersiapkan penerbangannya yaitu perhitungan berapa lama mereka *loading* dan *unloading* penumpang, barang dan kargo, *Estimate Off Block Time* (EOBT), *taxi time*, *elapse time* sehingga dapat tepat waktu dengan slot keberangkatan atau kedatangan yang diberikan. Dengan adanya penjadwalan dalam penggunaan runway tersebut maka pergerakan akan lancar karena tidak ada pesawat yang bersamaan waktunya untuk menggunakan runway.

Prinsip pengalokasian slot time ada tiga yaitu:

- 1). Atas dasar parameter koordinasi yang diadakan.

Yang dimaksud koordinasi disini adalah setiap airlines yang akan melakukan penerbangan, diwajibkan untuk mengisi flight plan di *Briefing Office* (BO). Flight Plan inilah yang digunakan sebagai media koordinasi antara Airlines dengan unit *Air Traffic Services* (ATS).

2). Menggunakan kriteria prioritas.

Yang dimaksudkan prioritas disini adalah pelayanan ATS yang berdasarkan prinsip *First Come First Serve*. Maksudnya siapa yang datang atau berangkat terlebih dahulu maka dia akan dilayani terlebih dahulu. Pedoman yang digunakan adalah ETA (*Estimate Time Arrival*) dan ETD (*Estimate Time Departure*) yang diberikan oleh pihak airlines melalui Flight Plan.

Apabila terdapat kesamaan ETD (*Estimate Time Departure*) antara 2 (dua) airlines atau lebih maka yang dilayani pertama untuk berangkat adalah pesawat yang telah siap melakukan start up engine atau push back terlebih dahulu.

Apabila terdapat kesamaan ETA (*Estimate Time Arrival*) antara 2 (dua) airline atau lebih maka yang dilayani pertama untuk mendarat adalah yang lebih dekat dengan bandara tujuan dan telah descend ke ketinggian yang lebih rendah. Pesawat yang lebih jauh dan masih lebih tinggi akan di-*vector* atau di-*holding* berdasarkan kondisi dilapangan.

Apabila terdapat kesamaan ETA (*Estimate Time Arrival*) dan ETD (*Estimate Time Departure*) maka prioritas diberikan kepada pesawat yang akan mendarat terlebih dahulu.

3). Harus netral dan tidak adanya diskriminasi dan transparan.

Yang dimaksud netral dan tidak ada diskriminasi adalah semua airlines diperlakukan sama, atau dengan kata lain tidak memihak airlines manapun.

Anggota slot kordinator:

- 1). Airline
- 2). Operator bandara / otoritas
- 3). Pemerintah

Sedangkan Kriteria untuk alokasi *slot* :

- 1). Untuk memastikan penggunaan yang paling efisien dari sumber daya bandara dalam rangka memaksimalkan keuntungan sebesar-besarnya dari pengguna bandara dan pengguna jasa penerbangan

- 2). Mengefektifkan jam operasi
- 3). Persaingan antar airline
- 4). Jam malam (curfews)
- 5). Frekwensi operasi

Slot Kordinator adalah orang yang diberi kewenangan atau orang yang ditunjuk oleh otoritas yang bersangkutan, yang diberi tanggung jawab untuk mengalokasikan slot time kepada airline dan mendeklarasikan kapasitas bandara (*airport capacity*). Tugas slot kordinator adalah :

- 1). Membantu menentukan kapasitas bandara.
- 2). Menganalisis kapasitas bandara sebagai parameter kordinasi dalam pengalokasian *slot*.
- 3). Menginformasikan ke beberapa pihak mengenai kapasitas yang ada dan kemungkinan *slot* yang tersedia.
- 4). Memonitor realisasi *slot time*.
- 5). Mengalokasikan *slot time* kepada airline.

Sedangkan Peran Kordinator adalah

- 1). Mengalokasikan *Slot Time* kepada airline tanpa membeda-bedakan.
- 2). Menginformasikan kepada airline mengenai kapasitas bandara sebelum penyerahan dead lines jadwal pertemuan (*conference*).

Suatu slot time dialokasikan akan memperhitungkan semua parameter yang dikoordinasikan di bandara, landas pacu/runway(s), *taxiway*, *Airport parking stand* pesawat, gates, kapasitas terminal (misalnya *check-in & baggage delivery*) maupun keterbatasan lingkungan, *night restrictions*, dll. (Sumber : **IATA WSG**) Perlu kita ketahui bahwa pengaturan slot time di tiap bandara dibagi menjadi 3 (tiga) level, yaitu :

Level 1/ Non Coordinated Airport :Bandara yang kapasitas infrastrukturnya masih dapat memenuhi permintaan yang ada. Di Indonesia, pada Level 1 Airport, pengaturan slot waktunya diserahkan ke Local Authority, dalam hal ini PAPI /PAP II atau penguasa bandara setempat.

Level 2/ Scheduled Facilitated Airport :Bandara yang memiliki potensi kepadatan. Situasi yang berlangsung adalah terjadi sedikit kepadatan pada periode/ hari/minggu/ season tertentu. Meskipun terjadi kepadatan masih dapat diatasi antara Airlines dengan Schedule Facilitators.

Level 3/ Fully Coordinated Airport :Bandara dengan tingkat kepadatan tinggi, dimana permintaan akan infrastrukturnya melebihi dari kapasitas yang tersedia.

Pada bulan April 2011 Direktur Jenderal Perhubungan Udara telah membentuk Indonesia Slot Coordinator (IDSC) sebagai unit independen yang mempunyai tugas khusus untuk mengelola slot time penerbangan bagi semua maskapai penerbangan. Indonesia Slot Coordinator (IDSC) adalah badan yang ditunjuk/ diakui untuk mengelola atau mengalokasikan slot time bagi semua maskapai di suatu bandar udara Level 3 (Fully Coordinated Airport) di suatu bandara (Ref IATA WSG). Koordinator slot harus bekerja sesuai prosedur yang telah disepakati dalam proses koordinasi. Indonesia Slot Coordinator (IDSC) ini direncanakan dapat berperan aktif pada bulan April 2012. Tugas utama slot coordinator adalah :

1. Untuk memeriksa dan memantau efektifitas *slot* di *runway* dan fasilitas Bandara;
2. Untuk mempertimbangkan hal-hal yang berkaitan dengan terjaganya kinerja Airlines dalam hal ketepatan waktu dengan pemanfaatan *slot time* di *runway*;
3. Untuk menangani keluhan dari Airlines mengenai permintaan slot time secara seasonal.

Untuk pengelola Bandar udara, pengaturan slot time sesuai parameter yang ada memberikan kemudahan untuk mengoptimalkan kapasitas sesuai jam operasi

bandar udara, efektifitas penggunaan counter cek in dan mendorong penyedia fasilitas bandara yang sesuai dengan pesawat udara yang ditangani.

Aturan mengenai slot time terdapat pada Peraturan Direktorat Jenderal Perhubungan Udara Nomor KP.401 Tahun 2011 tentang Prosedur Operasi Pengaturan Slot Time. Dalam aturan tersebut ditegaskan bahwa setiap pergerakan pesawat wajib memperoleh persetujuan *Slot*, kecuali kondisi darurat teknis termasuk pendaratan kembali setelah lepas landas, penerbangan kepresidenan, penerbangan militer, penerbangan kemanusiaan, kegiatan pencarian pertolongan (SAR) dan evakuasi medis.

Dasar persetujuan slot time kepada Badan Usaha Angkutan Udara dan Perusahaan Angkutan Udara dan Perusahaan angkutan udara adalah *Notice of Airport Capacity* (NAC). NAC memuat informasi mengenai kapasitas landasan pacu (*Runway*), kapasitas Apron, dan Kapasitas terminal yang meliputi check in counter, gate, conveyer belt, dan CIQ. NAC ditetapkan oleh pengelola Bandar udara dan wajib melakukan pemutakhiran data NAC secara periodik.

Apabila terdapat permohonan slot time dalam waktu bersamaan untuk penerbangan berjadwal dan penerbangan tidak berjadwal, maka pemberian persetujuan slot time diutamakan untuk penerbangan berjadwal. Hal lain yang harus dipertimbangkan oleh IDSC saat mengalokasikan slot adalah *Aeronautical Information Circulars* (AICs), termasuk menghindari pemakaian kode panggilan (call sign) yang mirip.

2.2. Representasi Jaringan

Representasi Jaringan (RJ) adalah formulasi model yang didasarkan pada arus jaringan (network flow). RJ sering juga disebut sebagai *network flow based formulation* (Glover, Klingman dan Phillips, 1992). RJ memiliki karakteristik yaitu penggunaan diagram sebagaimana yang digunakan pada teori graph dan teori arus jaringan. RJ digunakan sebagai alat didalam penyelesaian berbagai masalah pengambilan keputusan (decision support tool). Komponen visual dari RJ membuat masalah pengambilan keputusan menjadi lebih mudah untuk dipahami,

dibandingkan dengan teknik- teknik formulasi yang menggunakan bentuk numeric (matematis).

Di dalam RJ, bentuk model matematis yang menjadi dasar permodelan dan pengambilan keputusan dibentuk secara langsung ke dalam bentuk gambar jaringan, sehingga dapat diperoleh pemahaman yang lebih baik terhadap relasi- relasi diantara komponen- komponen model. Keuntungan ini menjadikan RJ sangat bermanfaat bagi praktisi maupun manager, yang memiliki kecenderungan memilih teknik solusi visual dibandingkan teknik solusi canggih namun bersifat numeric dalam penyelesaian masalahnya.

Bentuk – bentuk model dasar dari RJ diantaranya minimum cost flow Problem (MCF), maximum flow, shortest path, assignment, travelling salesman problem, dan lain- lain. Berbagai algoritma telah dikembangkan untuk penyelesaian model- model tersebut. Oleh karena itu, prinsip dasar dari formulasi masalah dengan RJ adalah menterjemahkan masalah dasar (original Problem) ke dalam bentuk model dasar tersebut diatas, sehingga penyelesaian dapat memanfaatkan algoritma solusi yang sudah dikembangkan. Fokus permasalahan sekarang berada pada proses penterjemahan dan transformasi masalah dasar ke dalam bentuk RJ.

Komponen dari RJ adalah ruas (link) dan titik (node). Setiap ruas dan titik mewakili aktifitas tertentu dan memiliki karakteristik berupa :

- a. Biaya satuan, yaitu biaya yang akan dikenakan kepada setiap arus yang melewati ruas/titik tertentu.
- b. Arus (flow) yang melewati ruas.
- c. Nilai batas atas dan batas bawah dari arus di ruas.
- d. Nilai batas atas dan batas bawah kebutuhan arus di titik (node flow requirement).

Biaya total dari seluruh arus yang melalui jaringan adalah penjumlahan semua biaya dari setiap ruas, yaitu biaya satuan ruas dikali dengan jumlah arus di ruas yang bersangkutan (bila biaya total merupakan fungsi linier).

Dari beberapa metode penyelesaian masalah yang ada, dalam Tesis ini metode yang digunakan adalah Minimum Cost Flow (MCF).

2.3. Minimum Cost Flow

Masalah Minimum cost flow (MCF) merupakan masalah arus jaringan yang paling fundamental. Masalah MCF bertujuan untuk mearahkan ke biaya yang paling minimum untuk mengangkut suatu komoditas didalam suatu jaringan, dalam rangka memenuhi permintaan di titik- titik tertentu dari suplai yang tersedia di titik- titik lainnya (Ahuja, Magnanti dan Orlin, 1993).

Pada model dasar dari MCF, diasumsikan biaya arus total di suatu ruas berhubungan secara linier dengan jumlah arus di ruas tersebut atau dapat dikatakan bahwa pada MCF biaya satuan ruas adalah tetap, tidak bergantung pada besarnya arus di ruas.

Apabila graph $G = (N, A)$ adalah jaringan berarah (directed network) dengan suatu kumpulan N yang terdiri dari n titik dan suatu kumpulan A yang terdiri dari m ruas berarah (directed links), maka masalah MCF adalah suatu model optimasi yang diformulasikan sebagai berikut (Ahuja, Magnanti dan Orlin, 1993) :

$$Z = \text{Minimize } \sum_{(i,j) \in A} c_{ij} x_{ij} \quad (4.01)$$

Subject to :

$$\sum_{(j,i) \in A} x_{ji} - \sum_{(i,j) \in A} x_{ij} = b(i) \quad \forall i \in N \quad (4.02)$$

$$l_{ij} \leq x_{ij} \leq u_{ij} \quad \forall (i,j) \in A \quad (4.03)$$

$$\text{Dimana } \sum_{i=1}^n b(i) = 0 \quad (4.04)$$

Input :

$b(i)$ = kebutuhan arus di titik i

c_{ij} = biaya satuaj ruas (i,j)

l_{ij} = batas bawah arus di ruas (i,j)

u_{ij} = batas atas arus di ruas (i,j) = kapasitas ruas (i,j)

Variabel Keputusan :

x_{ij} = arus di ruas (i,j)

Fungsi tujuan dari MCF (Persamaan 4.01) yaitu meminimasi penjumlahan dari semua biaya ruas, yaitu perkalian antara biaya satuan ruas dengan besarnya arus di ruas bersangkutan. Persamaan (4.02) menggambarkan kendala konservasi arus atau keseimbangan massa di setiap titik. Suku pertama dari persamaan tersebut menggambarkan besarnya total arus yang keluar dari suatu titik dikurangi total arus yang masuk ke titik tersebut harus sama dengan kebutuhan arus dari titik tersebut.

Persamaan (4.03) merupakan kendala batas arus (flow bound constraint), yaitu besarnya arus di setiap ruas harus memenuhi batas bawah (lower bound) dan batas atasnya (upper bound).

Berbagai algoritma telah dikembangkan untuk mencari solusi masalah MCF. Pada dasarnya, algoritma – algoritma tersebut mengkombinasikan algoritma solusi masalah SP dengan MF, Apabila di dalam algoritma SP adanya arus mengakibatkan timbulnya biaya pada ruas namun arus tersebut tidak dibatasi oleh kapasitas ruas. Sementara di dalam MF arus dianggap tidak menimbulkan biaya pada ruas tetapi besarnya arus dibatasi oleh kapasitas ruas, maka algoritma MCF merupakan kombinasi dari keduanya, yaitu arus mengakibatkan timbulnya biaya pada ruas dan besarnya arus dibatasi oleh kapasitas ruas.

Beberapa algoritma yang dikembangkan yaitu (Ahuja, Magnanti dan Orlin, 1993) :

1. The Cycle-cancelling algoritm

Algoritma ini merupakan komputasi SP untuk menentukan augmenting cycles yang memiliki biaya arus negative (negative flow cost). Kemudian algoritma menambahkan arus kepada cycle- cycle tersebut dan iterasi berulang kembali pada komputasi pencarian cycle berbiaya arus negative dan augmenting flow-nya.

2. The Succesive Shotest Path Algorithm

Algoritma ini menambahkan arus secara bertahap (incremental) kepada jaringan yang berasal dari beberapa titik sumber ke beberapa titik terminal

dengan prinsip SP. Kekurangan dari algoritma ini adalah jumlah arus yang dipindahkan pada tiap tahap relative kecil. Sehingga sangat mungkin terjadi proses penambahan arus (augmenting) yang cukup besar.

3. Primal Dual Algorithm.

Pada tiap iterasi, algoritma ini mencari solusi SP dan menambahkan arus pada satu atau lebih SP. Proses penambahan dilakukan dengan menggunakan prinsip komputasi MF dan penambahan dilakukan secara simultan kepada beberapa SP.

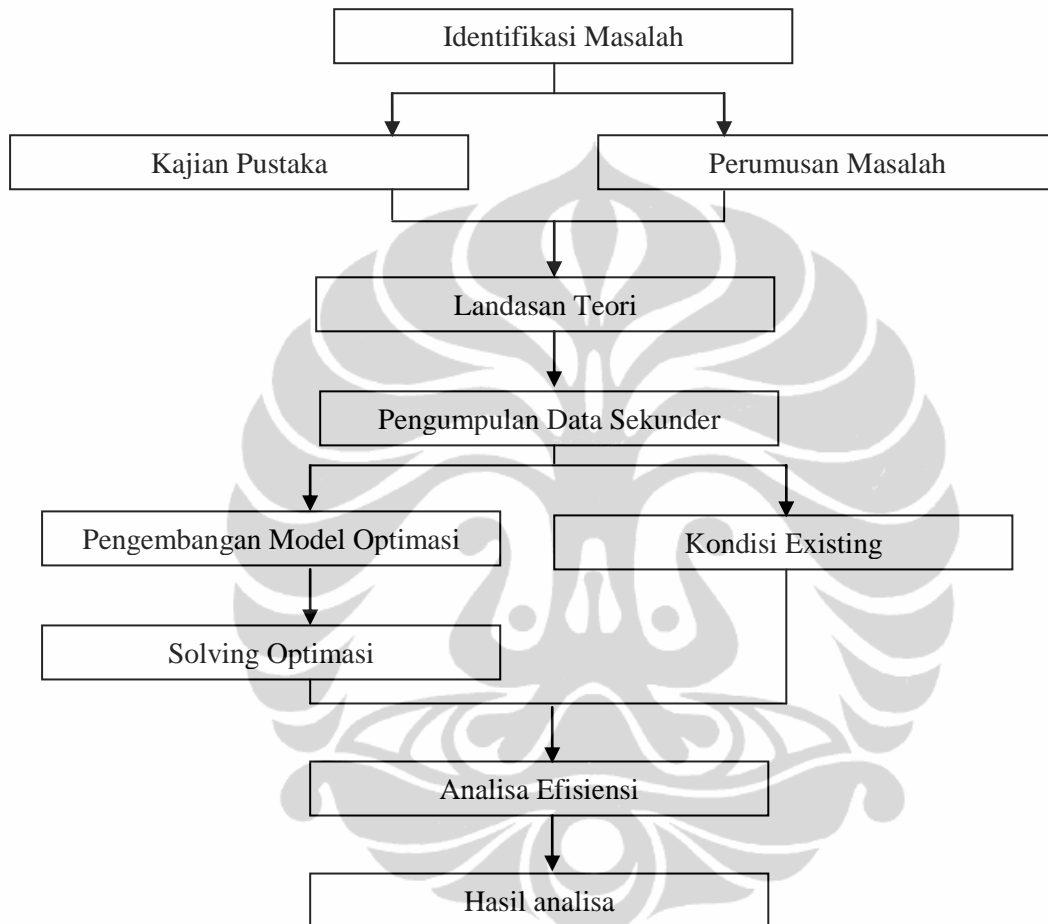
4. The Out – of- kilter Algorithm

Strategi dari algoritma ini hampir sama dengan algoritma Primal Dual, yaitu menambahkan arus secara simultan pada beberapa SP yang terpilih. Tetapi pada algoritma ini diizinkan terjadinya arus di ruas yang lebih besar dari kapasitas ruasnya, dengan tetap mempertahankan kondisi optimalnya.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian



Gambar 3.1

Bagan Metode Penelitian

Sesuai gambar 3.1. pertama-tama dilakukan identifikasi masalah apa yang ada di lokasi penelitian, kemudian masalah tersebut dijabarkan kedalam rumusan masalah, pada waktu yang sama dilakukan studi pustaka, dengan mencari literatur- literatur yang dibutuhkan untuk dijadikan landasan teori. Kemudian penulis mengumpulkan data sekunder yang diperlukan untuk penelitian ini. Dari data sekunder dan landasan teori dikembangkanlah model optimasi sehingga menghasilkan solusi optimasi.

Solusi optimasi dibandingkan dengan kondisi *existing* kemudian dianalisa apakah lebih efisien atau tidak.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Bandara Ngurah Rai Bali. Seluruh data dari PT Angkasa Pura I (persero) Bandara Ngurah Rai dikumpulkan dan diolah untuk tujuan penelitian. Penelitian dijadwalkan akan dilaksanakan selama 6 (enam) bulan.

3.3. Variabel Penelitian dan Definisi Operasional

3.3.1. Variabel Penelitian

Variable yang diteliti adalah *Slot time* yang ada di Bandara Ngurah Rai Bali, bagaimana mengoptimalkannya sehingga tercapai efisiensi penerbangan.

3.3.2. Definisi Operasional

Dalam penelitian ini perlu diberikan asumsi penelitian yaitu sebagai berikut :

1. Waktu penggunaan runway untuk satu pergerakan adalah konstan;
2. Waktu *Ground Handling* termasuk pengisian bahan bakar, *loading* dan *unloading* penumpang serta barang adalah konstan;
3. Pengaturan keberangkatan dan kedatangan armada di terminal mengikuti aturan *first come first serve*.
4. Kapasitas Bandara Ngurah Rai yaitu: kapasitas *runway* = 12 pesawat, kapasitas *apron* = 41 Pesawat.

3.4. Metode Pengumpulan Data dan Instrumen Penelitian

3.4.1. Metode Pengumpulan Data

Data diperoleh dari otoritas bandara tersebut. Yaitu pengelola bandara yang bersangkutan yaitu PT Angkasa Pura I (Persero) dan data sekunder diperoleh dari IDSC dan Kementerian Perhubungan.

3.4.2 Instrument Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan instrument *Network Representative*.

BAB 4

PEMODELAN

4.1. Formulasi Masalah *Slot Time* Penggunaan *Runway* dan *Gate*

Tujuan dari penelitian ini adalah meutilisasi fasilitas *runway* dan *gate* yang ada di Bandara Ngurah Rai Bali sekaligus mengoptimalkannya agar meminimalisir biaya operasional yang dikeluarkan oleh perusahaan penerbangan dan pengelola bandara tetapi memaksimalkan keuntungan bagi pengelola bandara dan perusahaan penerbangan karena mengurangi *delay* (keterlambatan).

Permasalahan pengaturan slot penggunaan *runway* dan *gate* akan dijelaskan melalui contoh kasus sebagai berikut : misalnya pada jam 08.00 sampai 09.59 terdapat jadwal penerbangan sebagai berikut :

Tabel 4.1.
Permintaan Slot Penerbangan

Waktu	Pesawat	Rute	Jenis Pergerakan
08.05	GIA 145	WIII - WADD	Kedatangan
08.10	LNI 041	WIII - WADD	Kedatangan
08.20	GIA 131	WARR- WADD	Kedatangan
08.21	BTV 032	WRRR - WADD	Keberangkatan
08.57	LNI 042	WADD - WIII	Keberangkatan

Catatan :

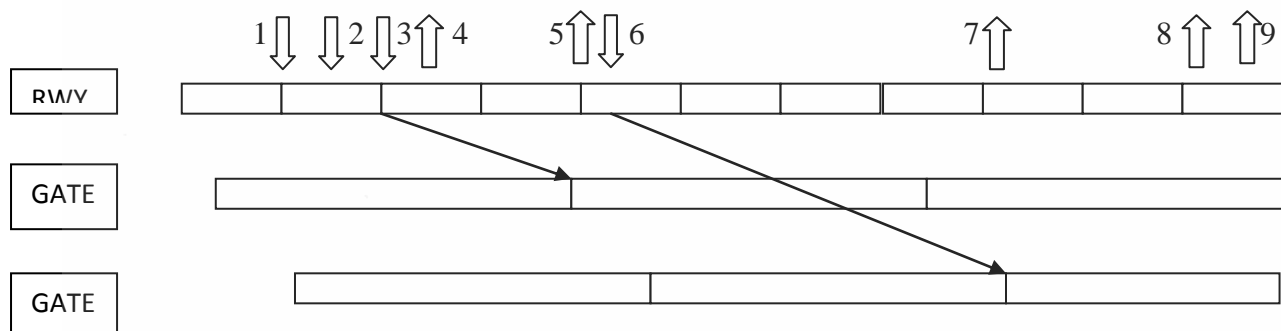
GIA = Garuda Indonesia (Grandfather Right)

LNI = Lion Air

BTV = Batavia Air

WADD = *Location Indicator* untuk Bandara Ngurah Rai Bali

WIII = *Location Indicator* untuk Bandara Soekarno Hatta Jakarta



Keterangan :

- | | |
|---|---------|
| 1 | GIA 145 |
| 2 | BTV 047 |
| 3 | LNI 041 |
| 4 | AXN 842 |
| 5 | GIA 131 |
| 6 | BTV 032 |
| 7 | GIA 146 |
| 8 | BTV 048 |
| 9 | LNI 042 |

Gambar 4.1
Permasalahan *Slot Time*

Menurut gambar 4.1. Jadwal kedatangan dan keberangkatan tidak tepat pada *slot*nya. Sehingga jika pengaturan hanya sesuai dengan *flight plan* yang ada, maka akan terjadi keterlambatan, bahkan ada penerbangan yang tidak tertampung pada jam tersebut. Untuk itu perlu dilakukan optimasi agar slot time yang ada dapat digunakan secara optimal.

Dalam penelitian ini diharapkan dapat menemukan cara untuk menyesuaikan waktu kedatangan dan keberangkatan pesawat dengan ketersediaan *runway* dan *gate* sehingga penggunaan *runway* dan *gate* lebih efisien dengan memperhatikan kepentingan maskapai dan pengelola Bandar Udara.

Seperti dikemukakan sebelumnya bahwa tujuan permodelan ini adalah mengatur penggunaan *runway* dan *gate* seefisien mungkin dengan memperhatikan kepentingan maskapai dan pengelola Bandar udara, dengan meminimalkan waktu *taxi* (TT), waktu tunggu didarat (WTD) dan waktu tunggu

di udara (WTU). Hal ini dapat dirumuskan kedalam pemrograman matematis sebagai berikut :

$$\text{Min}Z = \sum_{i=1}^N (TT_i + WTU_i + WTD_i)$$

Dimana :

TT_i = Time taxi untuk penerbangan i

WTU_i = waktu tunggu di udara untuk penerbangan i

WTD_i = Waktu tunggu di darat untuk penerbangan i

Subject to :

$$-\alpha_1 \leq WTU \leq \alpha_1$$

$$-\alpha_2 \leq WTD \leq \alpha_2$$

$$\alpha_3 \leq TT$$

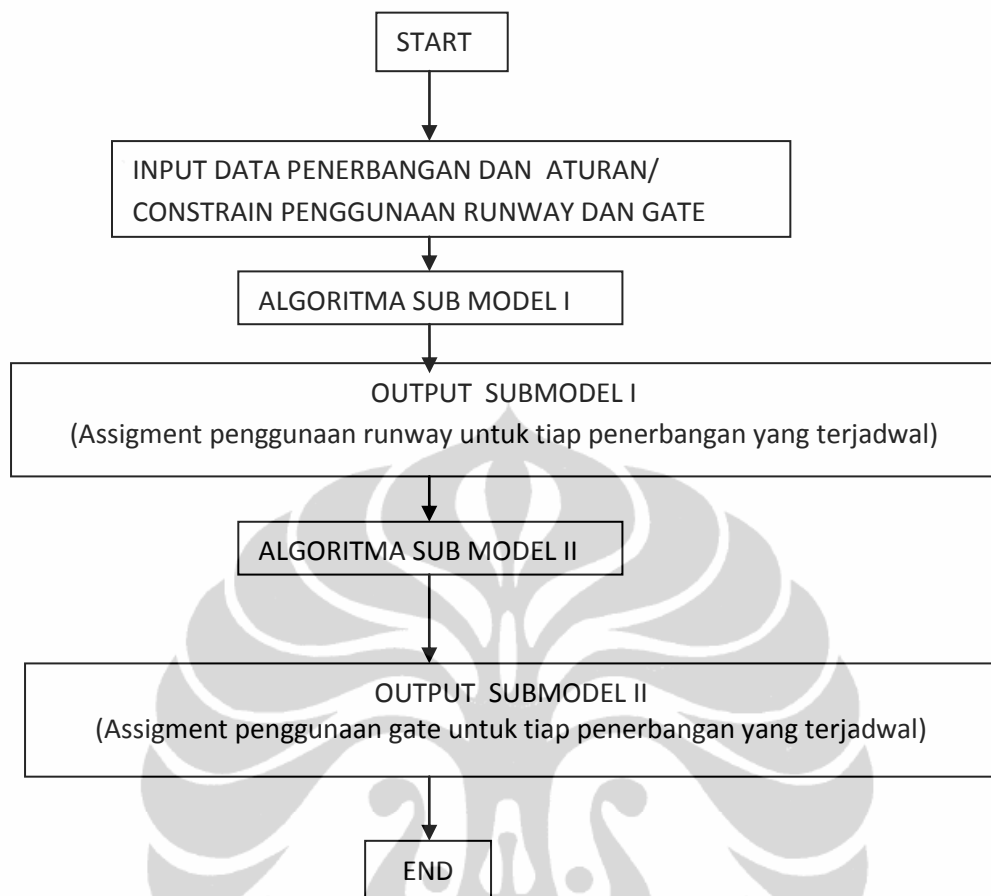
α_1 = waktu maximum untuk memajukan atau memundurkan pesawat untuk landing

α_2 = waktu maximum untuk memajukan dan memundurkan pesawat untuk berangkat.

α_3 = waktu taxi minimum dari gate paling dekat dengan runway in use.

N = jumlah penerbangan dalam waktu T.

Untuk melakukan optimasi tersebut, maka dilakukan langkah – langkah sebagai berikut :



Gambar 4.2.
Algoritma Penelitian

4.2. Representasi Masalah dalam Bentuk Masalah Jaringan (*Network Representatif*)

4.2.1. Definisi – Definisi

Beberapa Definisi yang perlu dijelaskan :

1. Slot adalah durasi waktu yang dapat digunakan atau dimanfaatkan oleh suatu pesawat. Slot ada 2 (dua) macam yaitu *slot runway* dan *slot gate*. Berikut ini adalah beberapa notasi yang digunakan pada thesis ini :

t_{ar} = time arrival di runway

t_{ag} = *time arrival di gate*

t_{rg} = *travel time dari runway ke gate*

t_{dr} = *time departure dari runway*

t_{dg} = *time departure dari gate*

t_{gr} = *travel time dari gate ke runway*

t_{tx} = *time taxi*

t_{vr} = *time vacated runway*

2. Rangkaian pembebanan (*Chain of Assignment*) adalah suatu urutan pembebanan *runway* dan *gate* untuk melayani suatu penerbangan yang datang atau pergi, dimana urutan pelayanan ini merupakan tugas dari pengelola bandara (*airport*).
3. Jaringan Biparti adalah suatu jaringan yang kumpulan titik- titiknya $\{X\}$ dapat dibagi menjadi dua sub bagian $\{X'\}$ dan $\{X''\}$ sedemikian rupa sehingga tidak ada ruas (link) yang menghubungkan dua titik dari sub-bagian yang sama.
4. *Matching* adalah suatu kumpulan ruas- ruas pada suatu jaringan sedemikian rupa sehingga tiap titik pada jaringan tersebut berdampingan dengan paling banyak satu ruas dari kumpulan tersebut.
5. Representasi Jaringan (*Network Representatif*) yaitu penggambaran masalah kedalam masalah jaringan.
6. *Minimum Cost Flow* adalah bagaimana cara mengirimkan *flow* sebanyak mungkin kedalam *network* dengan biaya paling minimum. (Dalam thesis ini didefinisikan sebagai cara atau langkah yang dapat ditempuh untuk menggunakan *slot* sebanyak mungkin dengan meminimalkan waktu *taxi*, waktu tunggu diudara dan waktu tunggu didarat). Karena dalam satu waktu *runway* hanya bisa melayani satu pesawat sampai pesawat tersebut meninggalkan *runway*, baru *runway* tersebut dapat melayani pesawat

lainnya. Demikian pula dengan *gate*. Dimana satu kurun waktu *gate* hanya bisa digunakan oleh satu pesawat, sampai pesawat tersebut meninggalkan *gate*, maka kondisi ini relevan dengan konsep dari *maching*.

7. Arus (flow) pada suatu jaringan adalah banyaknya *entity* yang berpindah dalam hal ini pesawat, dari satu titik ke titik lain didalam representasi jaringan dengan melalui ruas- ruas sesuai tujuannya.
8. Asal (s) dan tujuan (t) adalah titik dimana objek memulai dan mengakhiri perpindahannya.
9. Kapasitas Ruas adalah jumlah maksimum arus yang dapat melewati ruas.

4.2.2. Representasi Jaringan

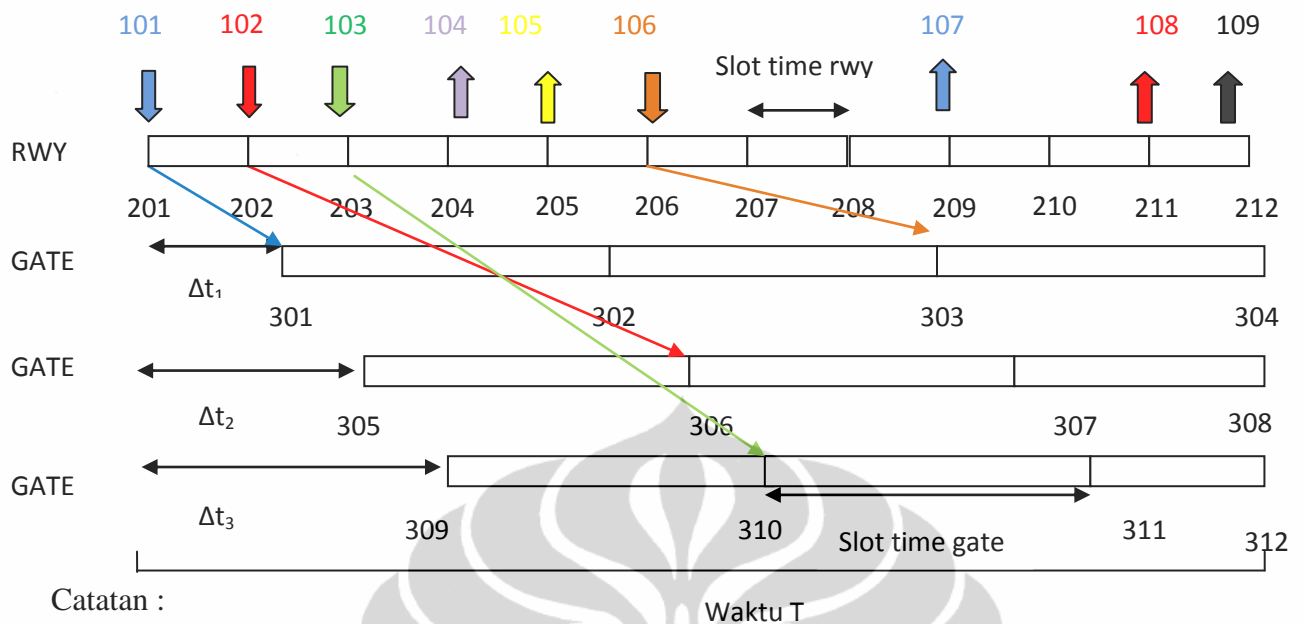
Dengan melihat permasalahan pada gambar 4.1., penulis mencoba menggambarannya kedalam *network representative* untuk contoh kasus pada tabel 4.2. namun sebelumnya, permasalahan pengaturan penggunaan *runway* dan *gate* dan konsep slot time diilustrasikan dalam gambar 4.3.

Tabel 4.2

Jadwal Kedatangan dan Keberangkatan Pesawat di Bandara Ngurah Rai Bali

Minggu, 6 Mei 2012

No.	Waktu	Pesawat	Rute	Jenis Pergerakan
1.	08.05	GIA 145	WIII - WADD	Kedatangan
2.	08.08	BTV 047	WIII - WADD	Kedatangan
3.	08.10	LNI 041	WIII - WADD	Kedatangan
4.	08.11	AXN 842	WADD - WIII	Keberangkatan
5.	08.20	GIA 131	WADD - WARR	Keberangkatan
6.	08.21	BTV 032	WARR - WADD	Kedatangan
7.	08.41	GIA 146	WADD - WIII	Keberangkatan
8.	08.58	BTV 048	WADD - WIII	Keberangkatan
9.	08.59	LNI 042	WADD - WIII	Keberangkatan



Catatan :

$$\Delta t_i = trw + tt_i$$

Trw = time di *runway*

Tt = *time taxi*

Node 101,102,103,104,105 merupakan flight node.

Node 201,202,203,204,205,206,207,208,209,210,211,212,213 merupakan runway node.

Node 301,302,303,304,305,306,307,308,309,310,311,312 merupakan gate node.

Gambar 4.3 Gambar *Slot* dan Rangkaian Perjalanan

Jadwal kedatangan dan keberangkatan pada tabel 4.2 digambarkan dalam suatu diagram yang memperlihatkan hubungan antara jadwal kedatangan dan keberangkatan dengan penggunaan *runway* dan *gate* seperti terlihat pada gambar 4.3. Pada gambar 4.3. dibuat suatu pembagian waktu untuk *runway* dan *gate* selama waktu T , masing- masing disebut sebagai *slot time* untuk *runway* dan *slot time* untuk *gate*. Besarnya slot time dipilih sembarang waktu sesuai dengan efisiensi yang ingin dicapai oleh pengelola bandara. Semakin kecil *slot time* yang dibuat semakin efisien penggunaan *runway* ataupun *gate*. Namun dibutuhkan kerja operasional untuk membantu keberangkatan atau kedatangan pesawat yang semakin baik dan profesional.

Besarnya *slot time* untuk *runway* bisa dibuat tetap sepanjang waktu T , namun dimungkinkan untuk dibuat slot time yang berbeda-beda. Ini dilakukan untuk

mengantisipasi adanya interval waktu dimana tidak diperlukan kerja operasional yang ketat. Selain itu slot time yang berbeda- beda untuk tiap gate juga dapat dibuat untuk membedakan waktu penggunaan gate untuk pesawat tertentu (misalnya pesawat berbadan lebar) atau gate dengan penggunaan alat bantu *convey* tertentu (misalnya : garbarata). Selanjutnya setiap kedatangan atau keberangkatan pesawat disimbolkan dengan titik k diberi nama dan semua titik-titik ini dikelompokkan sebagai *flight node*. Sedangkan setiap titik awal slot time untuk *runway* disebut *runway node* dan setiap titik awal *slot time* untuk gate disebut sebagai *gate node*.

Setiap titik pada flight node memiliki atribut- atribut sebagai berikut :

1. Waktu (time);
2. Jenis penggunaan yaitu : *Arrival*/kedatangan atau Keberangkatan/*Departure*;
3. RON (*Remaning Over Night*) atau tidak;
4. Jenis Maskapai (*Grandfather Right* atau tidak);
5. *Ground Time* (termasuk didalamnya loading dan unloading time).

Setiap titik pada runway node memiliki atribut- atribut sebagai berikut :

1. Time (waktu);
2. Nomor *runway*.

Setiap titik pada gate node memiliki atribut- atribut sebagai berikut :

1. Time (waktu);
2. Keberadaan garbarata;
3. Lokasi *gate*;
4. Airlines yang akan menggunakan *runway* (*grandfather* atau *non grandfather*).

Tugas berikutnya adalah menempatkan setiap *flight node* kepada 1 (satu) dan hanya 1 (satu) *slot time* di *runway* dan menempatkan menempatkan setiap *runway node* yang terpakai kepada 1 (satu) dan hanya 1 (satu) *slot time* di *gate* dengan seefisien mungkin, sehingga kapasitas *runway* dan *gate* dapat terutilisasi secara

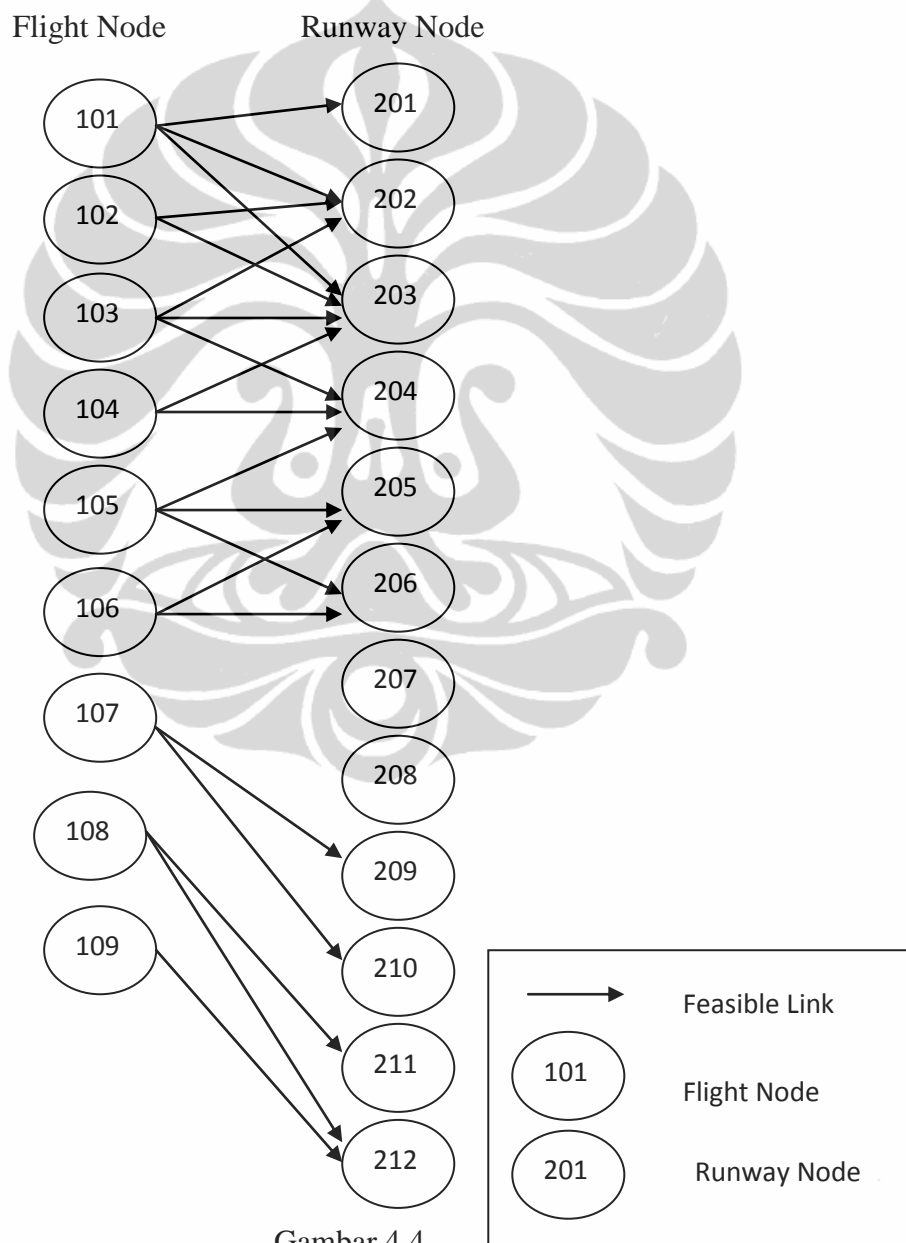
maksimal. Tugas ini sesungguhnya menggambarkan pembebanan *runway* dan *gate* yang paling efisien. Permasalahan ini kemudian dibentuk menjadi permasalahan jaringan.

4.2.2.1. Pengembangan Sub Model I

Pengembangan sub model I dimulai dengan pembentukan NR yang berbentuk Jaringan Biparti (gambar 4.4.). Sub jaringan $\{x'\}$ dari Jaringan Biparti terdiri dari seluruh *flight node*, sedangkan sub jaringan $\{x''\}$ terdiri dari seluruh *runway node*. Link – link yang mungkin menghubungkan $\{x'\}$ dan $\{x''\}$ dibentuk berdasarkan aturan- aturan penerbangan dan pengoperasian *runway*. Ketentuan-ketentuan itu adalah sebagai berikut :

1. Untuk setiap pasang node $\{x'\}$ dan $\{x''\}$ dapat dibuat *feasible* link asalkan selisih *flight node* dan *runway node* kriteria dan parameter yang ada.
2. Link yang terbentuk diberikan nilai atau cost dengan ketentuan :
 - a. Apabila *flight node* lebih besar dari pada waktu *runway node* maka biaya ruas adalah selisih waktu *flight node* dengan *runway node*.
 - b. Apabila waktu *flight node* lebih kecil dari waktu *runway node* maka biaya ruas adalah selisih waktu *flight node* dengan *runway node* dikalikan suatu nilai α_4 , dimana α_4 adalah suatu konstanta bernilai sembarang namun lebih besar daripada 1 (satu) yang dapat menggambarkan penambahan biaya akibat jadwal *flight node* yang dimundurkan.
 - c. Apabila *flight node* merupakan penerbangan keberangkatan, maka semua link yang terbentuk dari *flight node* mengikuti ketentuan 2a dan 2b namun besarnya dikalikan suatu nilai α_5 . Parameter α_5 adalah suatu konstanta bernilai sembarang namun lebih besar dari 1 (satu), yang dapat menggambarkan bahwa prioritas penerbangan diberikan pada penerbangan yang datang untuk mengurangi delay di udara.

Setelah terbentuk *node* dan *feasible link* pada jaringan biparti, maka selanjutnya dicari *matching* terbanyak diantara kedua sub jaringan $\{x'\}$ dan $\{x''\}$ yang menghasilkan biaya terkecil. Tugas ini relevan dengan tujuan dari *Minimum Cost Flow* (MCF) problem, yaitu memindahkan sebanyak mungkin arus dari titik asal ke titik tujuan dengan biaya seminimal mungkin. Solusi dari MCF ini akan menggambarkan rangkaian terbaik yang menghubungkan kedatangan dan keberangkatan pesawat dengan penggunaan *runway*.



Gambar 4.4

Representasi Jaringan Biparti (BN) Sub Model I

Langkah – langkah Sub model I digambarkan dalam algoritma sebagai berikut (gambar 4.5) :

Step 1 : Set slot time untuk runway selama waktu T.

Step 2 : Letakkan waktu permintaan kedatangan (*arrival*) atau keberangkatan (*departure*) selama waktu T.

Step 3 : Pembentukan Jaringan Biparti

Step 3a : Tentukan dua subset X' dan X'' , dimana :

X' adalah kumpulan flight nodes

X'' adalah kumpulan runway nodes

Step 3b : Hubungkan semua ruas yang mungkin dari X' menuju X'' , dengan ketentuan :

- Untuk pesawat berangkat (*departure*) =
 $-\alpha_2 \leq \text{waktu flight node} - \text{waktu runway node} \leq \alpha_2$
- Untuk pesawat datang (*arrival*) =
 $-\alpha_1 \leq \text{waktu flight node} - \text{waktu runway node} \leq \alpha_1$

Dimana α_1 = waktu maximum untuk memajukan dan memundurkan pesawat yang akan datang (*landing*).

α_2 = waktu maximum untuk memajukan dan memundurkan pesawat yang akan berangkat (*departure*).

Step 4 : Beri nilai biaya satuan untuk setiap ruas dengan ketentuan :

- Untuk pesawat berangkat =
 Jika waktu *flight node* > waktu *runway node*, $c = \text{waktu flight node} - \text{waktu runway node}$.
 Jika waktu *flight node* < waktu *runway node*, $c = \alpha_4$ (waktu *runway node* - waktu *flight node*)
 Dimana $0 < \alpha_4 < \sim$
- Untuk pesawat kedatangan =

Jika waktu *flight node* > waktu *runway node*, $c = \alpha_5$ (waktu *flight node* – waktu *runway node*)

Jika waktu *flight node* < waktu *runway node*, $c = \alpha_4 \alpha_5$ (waktu *runway node* – waktu *flight node*), dimana $0 < \alpha_5 < \sim$

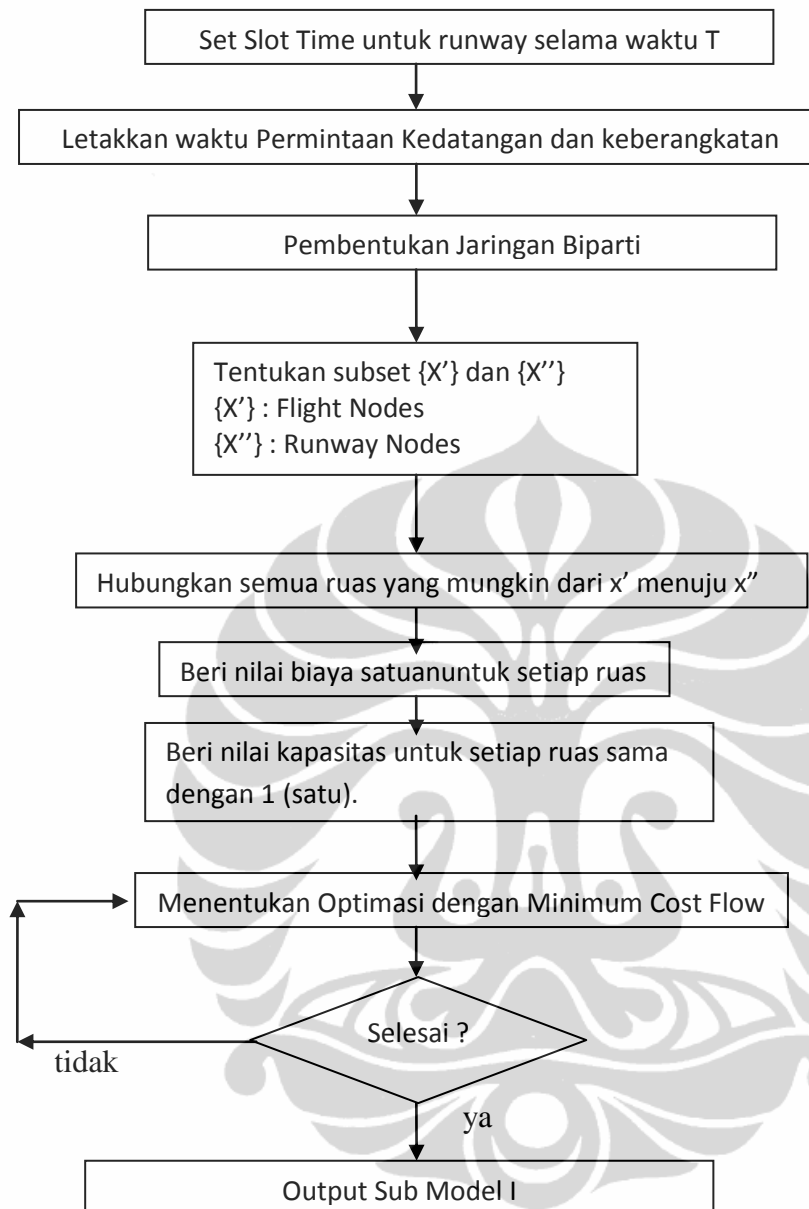
Step 5 : Beri nilai kapasitas untuk setiap ruas sama dengan 1 (satu) dan nilai kebutuhan titik (*node flow requirement*) untuk setiap *node* pada jaringan biparti sama dengan 1 (satu).

Step 6 : Menentukan Optimasi dengan *Minimum Cost Flow*

Tentukan solusi arus optimal untuk jaringan biparti dengan model *minimum cost flow*.

Step 7 : Menentukan Output dari Sub Model I

Ruas – ruas yang memiliki arus optima sama dengan 1 (satu) merupakan *matching* antara *flight node* pada *runway node*. Output dari Submodel I ini digunakan sebagai input untuk algoritma Sub model II.



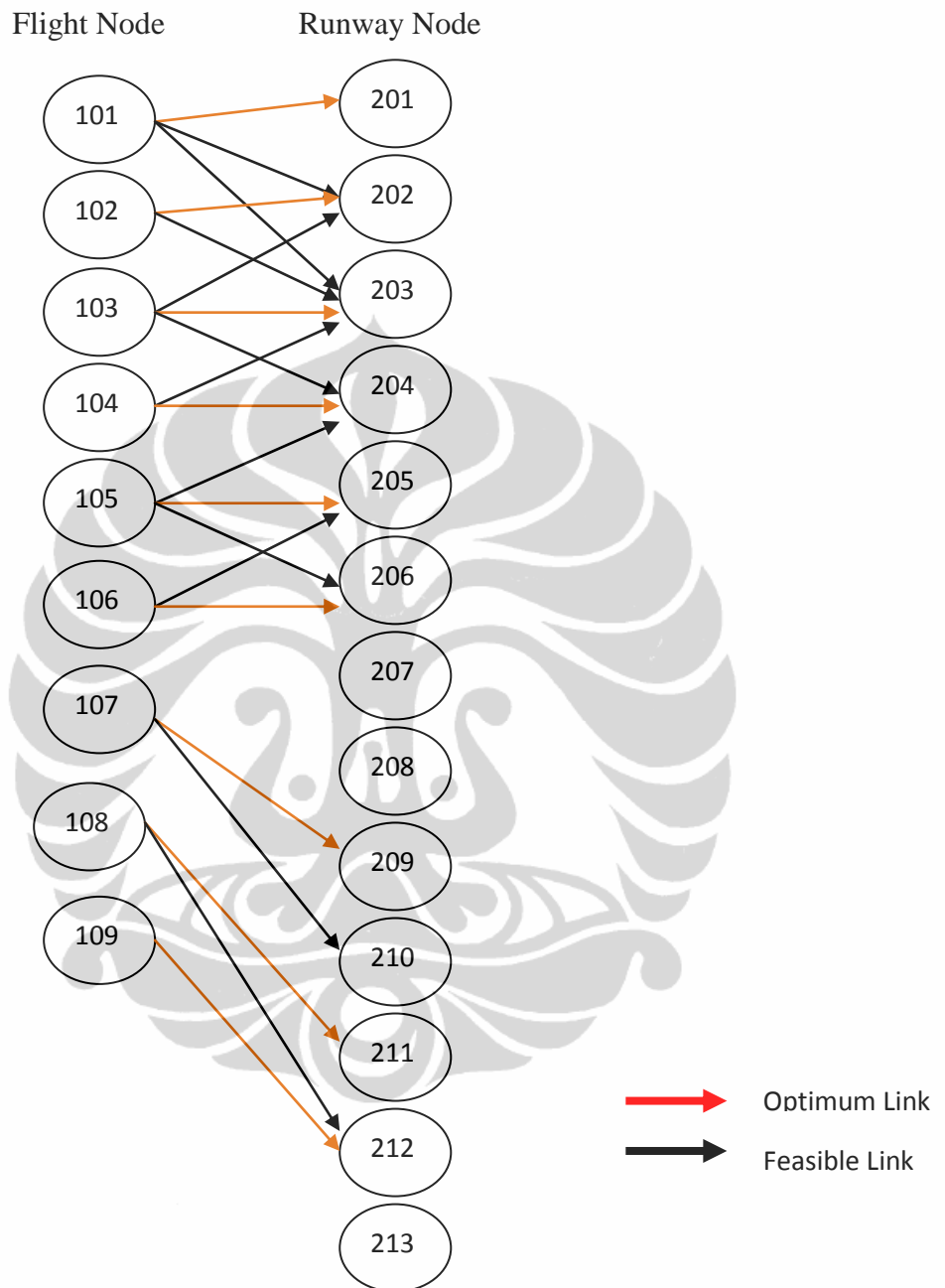
Gambar 4.5

Algoritma Sub Model I

Gambar 4.6 menggambarkan jaringan Biparti dari contoh kasus tabel 4.2., dimana komponen biaya satuan ruas disajikan pada tabel 4.3.

Tabel 4.3.
Link Cost pada Sub Model I

	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212
101	5	0	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-
102	3	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
103	5	0	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-
104	1	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
105	5	0	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-
106	1	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
107	1	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
108	3	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
109	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



Gambar 4.6.

Hasil Algoritma Sub Model I

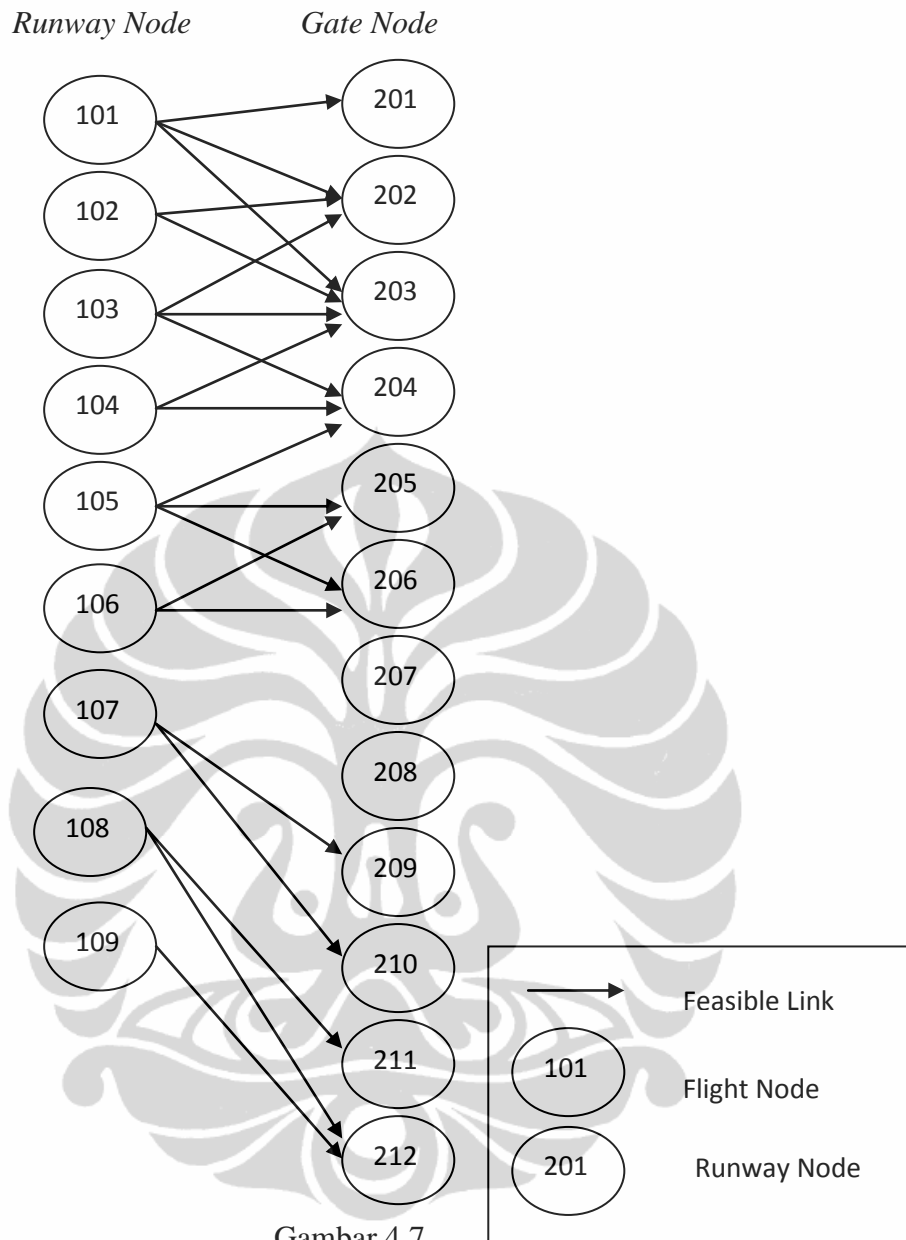
Solusi optimum dari Submodel I ini kemudian menjadi input bagi sub model II.

4.2.2.2. Pengembangan Sub Model II

Pengembangan sub model II dimulai dengan pembentukan NR yang berbentuk Jaringan Biparti (gambar 4.7.). Sub jaringan $\{x'\}$ dari Jaringan Biparti terdiri dari seluruh *runway node* yang digunakan sesuai hasil Sub Model I, sedangkan sub jaringan $\{x''\}$ terdiri dari seluruh *gate node*. Link – link yang mungkin menghubungkan $\{x'\}$ dan $\{x''\}$ dibentuk berdasarkan aturan- aturan penerbangan dan pengoperasian *runway*. Ketentuan- ketentuan itu adalah sebagai berikut :

1. Untuk setiap pasang node $\{x'\}$ dan $\{x''\}$ dapat dibuat *feasible link* asalkan selisih *runway node* dan *gate node* kriteria dan parameter yang ada.
2. Link yang terbentuk diberikan nilai atau *cost* dengan ketentuan :
 - a. Apabila waktu *runway node* lebih besar dari pada waktu *gate node* maka biaya ruas adalah selisih waktu *runway node* dengan *gate node*.
 - b. Apabila waktu *runway node* lebih kecil dari waktu *gate node* maka biaya ruas adalah selisih waktu *flight node* dengan *runway node* dikalikan suatu nilai α_4 , dimana α_4 adalah suatu konstanta bernilai sembarang namun lebih besar daripada 1 (satu) yang dapat menggambarkan penambahan biaya akibat jadwal *runway node* yang dimundurkan.

Setelah terbentuk node dan *feasible link* pada jaringan biparti, maka selanjutnya dicari matching terbanyak diantara kedua sub jaringan $\{x'\}$ dan $\{x''\}$ yang menghasilkan biaya terkecil. Tugas ini relevan dengan tujuan dari *Minimum Cost Flow* (MCF) problem, yaitu memindahkan sebanyak mungkin arus dari titik asal ke titik tujuan dengan biaya seminimal mungkin. Solusi dari MCF ini akan menggambarkan rangkaian terbaik yang menghubungkan kedatangan dan keberangkatan pesawat dengan penggunaan *runway*.



Representasi Jaringan Biparti (BN) Sub Model II

Langkah – langkah Sub model I digambarkan dalam algoritma sebagai berikut (gambar 4.8):

- Step 1 : Set slot time untuk gate selama waktu T.
- Step 2 : Letakkan waktu permintaan kedatangan (*arrival*) atau keberangkatan (*departure*) selama waktu T.

Step 3 : Pembentukan Jaringan Biparti

Step 3a : Tentukan dua subset X' dan X'' , dimana :

X' adalah kumpulan *runway nodes*

X'' adalah kumpulan *flight nodes*

Step 3b : Hubungkan semua ruas yang mungkin dari X' menuju X'' , dengan ketentuan :

- Untuk pesawat berangkat (*departure*) =
 $-\alpha_2 \leq \text{waktu runway node} - \text{waktu gate node} \leq \alpha_2$
- Untuk pesawat datang (*arrival*) =
 $-\alpha_1 \leq \text{waktu runway node} - \text{waktu gate node} \leq \alpha_1$

Dimana α_1 = waktu maximum untuk memajukan dan memundurkan pesawat yang akan datang (*landing*).

α_2 = waktu maximum untuk memajukan dan memundurkan pesawat yang akan berangkat (*departure*).

Step 4 : Beri nilai biaya satuan untuk setiap ruas dengan ketentuan :

Jika waktu *runway node* > waktu *gate node*, $c = \alpha_5$ (waktu *runway node* - waktu *gate node*)

Jika waktu *runway node* < waktu *gate node*, $c = \alpha_4 \alpha_5$ (waktu *gate node* - waktu *runway node*), dimana $0 < \alpha_5 < \sim$

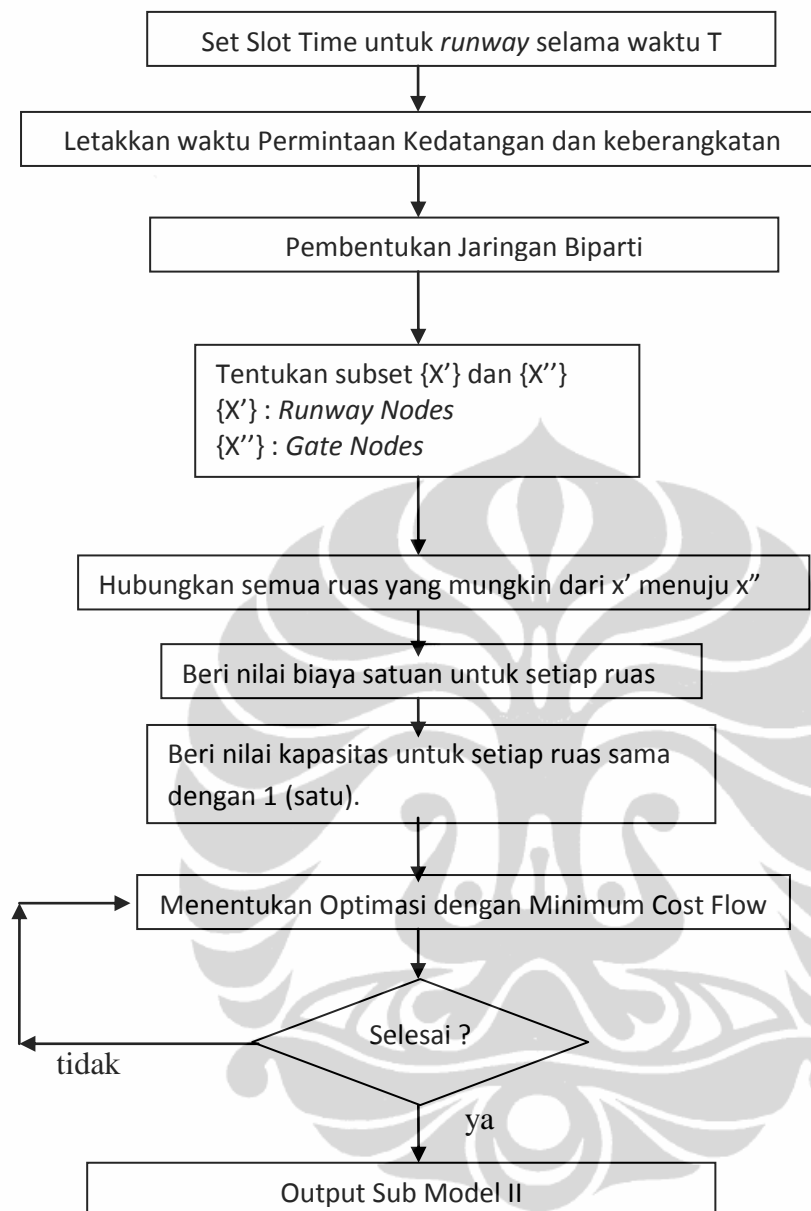
Step 5 : Beri nilai kapasitas untuk setiap ruas sama dengan 1 (satu) dan nilai kebutuhan titik (*node flow requirement*) untuk setiap *node* pada jaringan biparti sama dengan 1 (satu).

Step 6 : Menentukan Optimasi dengan *Minimum Cost Flow*

Tentukan solusi arus optimal untuk jaringan biparti dengan model *minimum cost flow*.

Step 7 : Menentukan Output dari Sub Model II

Ruas – ruas yang memiliki arus optima sama dengan 1 (satu) merupakan *maching* antara *runway node* pada *gate node*.



Gambar 4.8
Algoritma Sub Model II

Terkait dengan contoh kasus pada tabel 4.2. langkah langkah sub model II pada kasus ini adalah sbb:

Gate sejumlah 41 buah, dibagi menjadi 13 kelompok, yaitu :

Kelompok 1 = 1,2,3

Kelompok 2 = 4,5,6

Kelompok 3 = 7,8

Kelompok 4 = 9,10,11

Kelompok 5 = 12,13,14

Kelompok 6 = 15,16,17

Kelompok 7 = 18,19,20

Kelompok 8 = 21,22,23

Kelompok 9 = 24,25,26

Kelompok 10 = 27,28,29

Kelompok 11 = 30,31,32

Kelompok 12 = 33,34,35

Kelompok 13 = 36,37,38

Kelompok 14 = 39,40,41

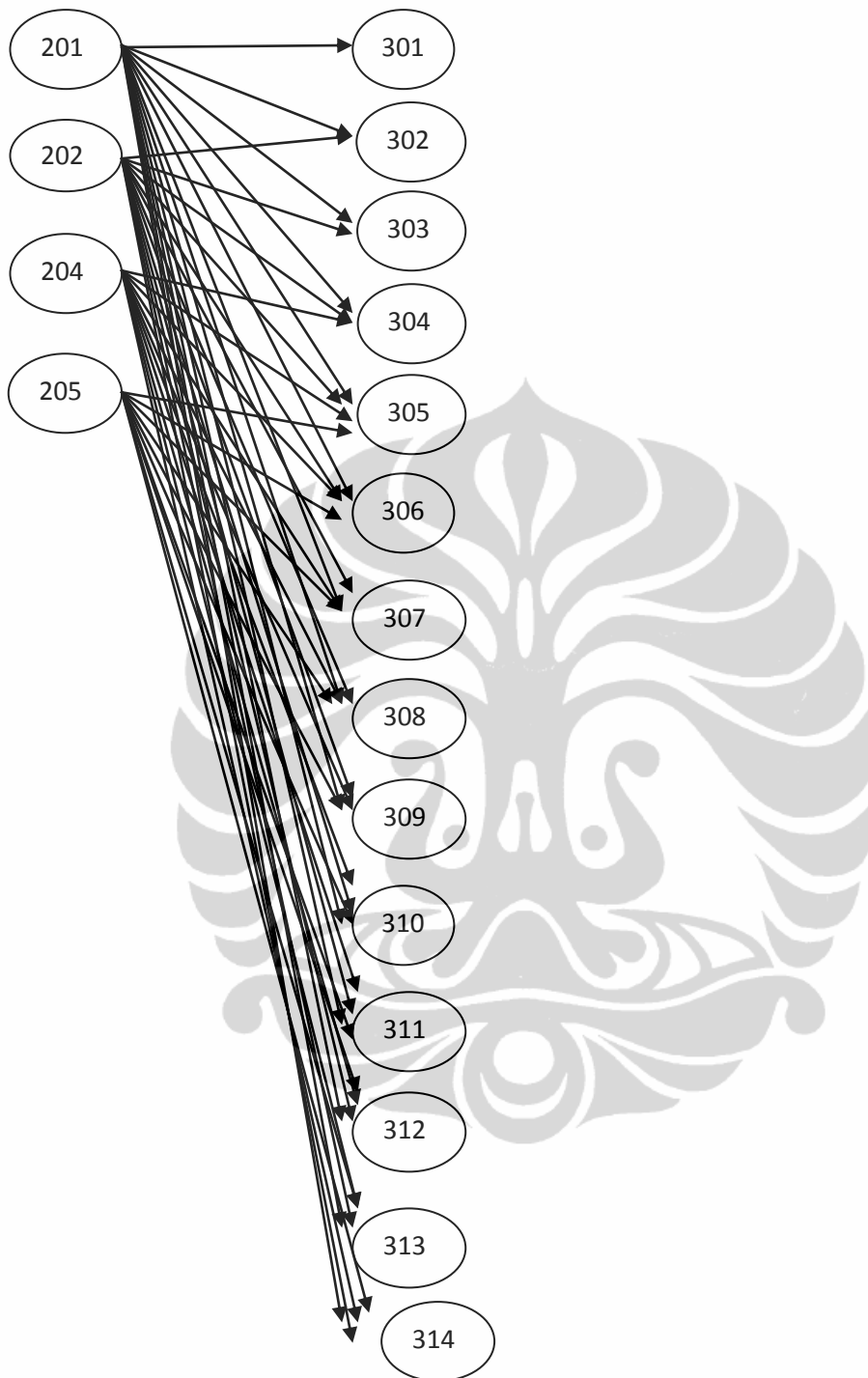
Pembagian ini mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut :

1. Fungsi *gate* : 1 – 29 merupakan *gate* untuk pesawat non RON (*Remain Over Night*), sedangkan *gate* 30 – 41 merupakan *gate* untuk pesawat yang RON (*Remain Over Night*).
2. Fasilitas *Gate* : *gate* 1 – 8 mempunyai garbarata, sedangkan *gate* 9 – 41 tidak dilengkapi dengan garbarata.
3. Ketentuan *Standard Operating Procedure* (SOP) Bandara Ngurah Rai Bali dimana setiap 3 (tiga) *gate* hanya bisa dilakukan 1 (satu) *Pushing back* pesawat.

Tabel 4.4
Jadwal Penggunaan *Runway* dan *Gate*

Pesawat	t_{ar}	t_{dr}	t_{vr}	t_{ag}	t_{dg}	Jenis Pergerakan
GIA 145	08.00		08.02	08.07		Kedatangan
BTV 047	08.05		08.07	08.10		Kedatangan
LNI 041	08.10		08.12	08.17		Kedatangan
AXN 842		08.15			08.10	Keberangkatan
GIA 131		08.20			08.15	Keberangkatan
BTV 032	08.25		08.27	08.32		Kedatangan
GIA 146		08.40			08.35	Keberangkatan
BTV 048		08.50			08.45	Keberangkatan
LNI 042		08.55			08.50	Keberangkatan

Dari Tabel 4.4. menggambarkan waktu pesawat mendarat di runway, keluar dari runway, hingga memasuki gate. Dari tabel 4.4. tersebut kita dapat menemukan *feasible link* yang ada, yaitu sebagai berikut :



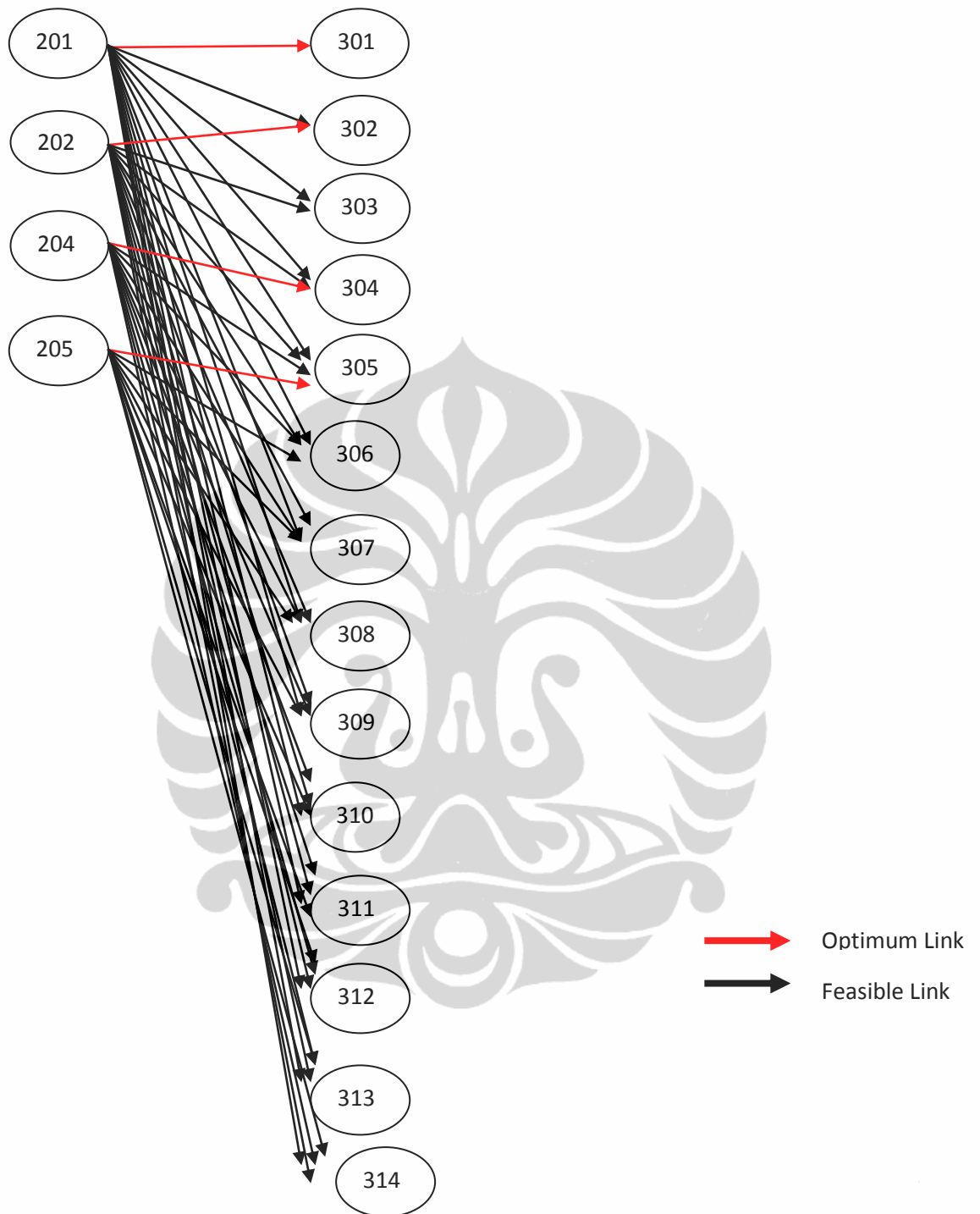
Gambar 4.9
Feasible link Sub Model II

Dengan mengikuti langkah- langkah Algoritma Sub Model II dapat diperoleh *Link Cost* Sebagai Berikut :

Tabel 4.5.
Link Cost Sub Model II

	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	31	31	31	31
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4
20	0	50	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
1			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	-	0	50	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	-	-	0	50	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
3					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	-	-	-	0	50	10	15	20	25	30	35	40	45	50
4						0	0	0	0	0	0	0	0	0

Dari hasil tersebut pada tabel 4.3. dapat kita gambarkan bahwa hasil algoritma Sub Model II adalah sebagai berikut :



Gambar 4.10
Hasil Algoritma Sub Model II

Menurut Hasil Analisa Sub Model I dan II diperoleh bahwa Penelitian ini memang tidak menambah kapasitas runway dan gate secara langsung, tetapi dengan penelitian ini kapasitas *runway* dan *gate* dapat digunakan secara optimal, sehingga membantu mengurangi *delay* baik di darat maupun di udara

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

- Pada penelien ini telah dikembangkan suatu model untuk mengoptimasi penggunaan *runway* dan *gate* yang tidak menambah kapasitas *runway* dan *gate* secara langsung, tetapi dengan penelitian ini kapasitas *runway* dan *gate* dapat digunakan secara optimal, sehingga membantu mengurangi *delay* baik di darat maupun di udara.
- Penyelesaian / solusi dari optimasi penggunaan *runway* dan *gate* menggunakan konsep representasi jaringan, dimana masalah pembebanan penggunaan *runway* dan *gate* diselesaikan dengan Minimum Cost Flow (MCF)
- Variable yang digunakan dalam optimasi *runway* dan *gate* adalah meminimalkan waktu taxi, waktu tunggu di darat dan waktu tunggu di udara.

5.2. SARAN

Penelitian ini dapat diimplementasikan pada bandara- bandara lain di Indonesia. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat lebih menggunakan data actual dilapangan misalnya fluktuasi *time taxi* dan *ground time* yang dilaksanakan oleh *ground handling*.

DAFTAR PUSTAKA

- British Airways plc, 2003, Airport slot Auctions : Desirable or feasible?, United Kingdom.
- Directorate General of Civil Aviation, 2009, Civil Aviation Safety Regulation Part 170 Air Traffic Rules, Jakarta.
- Directorate General of Civil Aviation, 2009, Advisory Circular Civil Aviation Safety Regulation Part 170-02 Manual of Air Traffic Services Operation, Jakarta.
- Gernot Sieg, 2009, Grandfather Rights in the Market for Airport Slots. Germany.
- Kementerian Perhubungan (2009), Undang- Undang Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2009 Tentang Penerbangan, Jakarta.
- Konstantinos G. Zografos, Yiannis Salouras, Michael A. Madas, 2011, Dealing with the Efficient allocation of Scarce Resources at Congested Airport, Greece.
- Lorenzo Castelli, Raffaele Pesenti, Andrea Ranieri, 2010, The design of a market mechanism to allocate Air Traffic Flow Management Slot, Italy.
- Michael A. Madas, Konstantinos G. Zografos, 2005, Airport slot allocation : Form instruments to strategies, Greece.
- Michael A. Madas, Konstantinos G. Zografos, 2007, Airport capacity vs demand : Mismatch or mismanagement?, Greece.
- Milan Janic, Modelling operational, 2003, economic and environmental performance of an air Transport Network, Netherlands.
- Peter Berster, Marc C. Gelhausen, Dieter Wilken, 2011, Business Aviation in Germany : An empirical and model- based analysis, Germany.
- Ruwantissa IR Abeyratne, 2000, Management of Airport congestion through slot allocation, ICAO : Bangkok.

LAMPIRAN I
DATA AERONAUTICAL INFORMATION PUBLICATION (AIP)
BANDAR UDARA NGURAH RAI BALI

LAMPIRAN II
HASIL ALGORITMA SOFTWARE LINGO UNTUK SUB MODEL I

LAMPIRAN III
HASIL ALGORITMA SOFTWARE LINGO UNTUK SUB MODEL II

WADD AD 2.1 AERODROME LOCATION INDICATOR AND NAME

WADD – BALI / NGURAH RAI

WADD AD 2.2 AERODROME GEOGRAPHICAL AND ADMINISTRATIVE DATA

ARP Coordinates and Site at AD..... 08 44 51 S 115 10 09 E
 Direction and Distance From (City)..... 7.1 NM SW
 Elevation / Reference Temperature..... 14 FT / 27° C ←
 MAG VAR / Annual Change..... 1°33' EAST (2005) ←
 AD Administration..... PT. (PERSERO) ANGKASA PURA I
 Address..... NGURAH RAI INT'L AIRPORT
 JL. I GUSTI NGURAH RAI, TUBAN
 KUTA - BALI 80361
 Telephone..... (0361) 751011, 751025 ←
 Telefax..... (0361) 751032
 Telex..... 35177 D PERAP IA
 AFTN..... WADDYOYE
 Type Of Traffic Permitted..... IFR and VFR
 Remarks..... E – mail : dsn@angkasapura1.co.id

WADD AD 2.3 OPERATIONAL HOURS

AD Administration..... MON – THU : 0000 - 0830
 FRI : 0000 - 0730
 Custom and Immigration..... H - 24
 Health and Sanitation..... H - 24
 AIS Briefing Office..... H - 24
 ATS Reporting Office..... H - 24
 MET Briefing Office..... H - 24
 ATS..... H - 24
 Fuelling..... H - 24
 Handling..... H - 24
 Security..... H - 24
 De-Icing..... NIL
 Remarks..... NIL

WADD AD 2.4 HANDLING SERVICE AND FACILITIES

Cargo Handling Facilities..... Provided by PT.GAPURA INDONESIA
 and PT. JASA ANGKASA SEMESTA.
 Fuel / Oil / Type..... AVTUR, AVIGAS 100/130, ASW 100
 Fuelling Facilities / Capacity..... REFUELLING CAR. 2 X 25 KL,
 1 X 19 KL,
 1 X 40 KL.
 De-Icing Facilities..... NIL
 Hangar Space For Visiting Aircraft..... NIL
 Repair Facilities For Visiting Aircraft..... NIL
 Remarks..... Pilot arriving at NGURAH RAI without
 handling agent are requested to report to
 Officer In Charge after clearance
 IMMIGRATION CUSTOM.

WADD AD 2.5 PASSENGER FACILITIES

Hotels.....	Available Around Airport
Restaurant.....	Available
Transportation.....	Taxi
Medical Facilities.....	- First Aid at Airport - Hospital Available near airport & City
Bank And Post Office.....	Available
Tourist Office.....	Available
Remarks.....	NIL

WADD AD 2.6 RESCUE AND FIRE FIGHTING

AD Category for Fire Fighting.....	Category IX
Rescue Equipment.....	- Foam Tender 6 Units - Rescue Tender 3 Units - Rescue Boat 2 Units - Salvage 1 Unit - Utility Car 1 Unit - Commando Car 1 Unit - Ambulance 3 Units
Capability For Removal of Disabled Aircraft...	Available Type F, G and H
Remarks.....	NIL

WADD AD 2.7 SEASONAL AVAILABILITY CLEARING

Type of Clearing Equipment.....	NIL
Clearance Priority.....	NIL
Remarks.....	There is no requirement for clearing as the aerodrome is available throughout the year.

**WADD AD 2.8 APRONS, TAXIWAYS AND CHECK LOCATION DATA
APRON, SURFACE AND STRENGTH**

Apron A	
Surface	= Concrete
Strength	= 69 RCXT
Dimension	= 63.886 M ²
Apron B	
Surface	= Concrete
Strength	= 80 RCXT
Dimension	= 74.104 M ²
Apron C	
Surface	= Concrete
Strength	= 69 RCXT
Dimension	= 56.836 M ²
Apron D	
Surface	= Concrete
Strength	= 80 RCXT
Dimension	= 19.629 M ²

TAXIWAY WIDTH, SURFACE AND STRENGTH

N1	Surface	= Asphalt	←
	Dimension	= 160 X 26.5 M	
	Strength	= 78 FCXT	
N2	Surface	= Asphalt	
	Dimension	= 148 X 30 M	
	Strength	= 78 FCXT	
N3	Surface	= Asphalt	
	Dimension	= 148 X 30 M	
	Strength	= 78 FCXT	
N4	Surface	= Asphalt	
	Dimension	= 232 X 30 M	
	Strength	= 78 FCXT	
N5	Surface	= Asphalt	
	Dimension	= 232 X 30 M	
	Strength	= 78 FCXT	
N6	Surface	= Asphalt	
	Dimension	= 148 X 30 M	
	Strength	= 78 FCXT	
N7 N7 (PARALEL)	Dimension	= 160 X 26.5 M	←
	Surface	= Asphalt and Concrete	
	Strength	= 2974 X 23 M	
	Dimension	= 78 FCXT	

ACL Location and Elevation..... NIL
 VOR / INS Checkpoints..... NIL
 Remarks..... NIL

WADD AD 2.9 SURFACE MOVEMENT GUIDANCE AND CONTROL SYSTEM AND MARKING

2.9.1 The meaning of markings and signs :

1. Pilot while taxiing Aircraft into a parking stand Nr. 3, 4, 5 and 6 shall stop the aircraft immediately, if he sees that the docking system is not switched on or is unserviceable or when it shows a different Aircraft type.
2. Aircraft type indication
 - a. Confirm Aircraft type displayed prior to turning into stand.
 - b. Discontinue docking when wrong Aircraft type is illuminated.
(Aircraft Marshaled shall recheck system or Marshall Aircraft into stand)
3. Centerline Guidance
 - a. Look at bottom half of housing and interpret vertical neon light as shown :



b. Discontinue docking when lights go off.

4. Stopping Guidance

a. Look at round incandescent lamp on top half of housing and interpret as shown :



b. Discontinue docking immediately should lights go off.
(Aircraft Marshaled shall Marshall Aircraft into stand)

TO AVOID OVER SHOOTING :

1. When using the RLG system, pilots taxi into stand at minimum speed.
2. On seeing the round incandescent amber lights, slowdown and prepare to stop.
3. The round incandescent amber and red lights are activated by the Aircraft as its nose-wheel passes over the induction loops at the parking stand centerline. The lights may not come on if Aircraft is not properly lined up on the centerline. Pilot should stop aircraft immediately when the red lights come on suddenly or when given the stop sign by the Aircraft Marshaled.

2.9.2 Aircraft Parking Stands

1. AIRCRAFT PARKING STANDS INTL :

Aircraft types that can be parked are as follows :

PARKING STAND	Nr. 1	Nr. 1A	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4	Nr. 5	Nr. 6	Nr. 7A	Nr. 9A	Nr. 11 A	Nr. 13 A	Nr. 15 A	Nr. 17 A	Nr. 19 A	Nr. 21 A
Aircraft type															
B747	→	→	→	→	→	→	→								
B745	→	→	→	→	→	→	→								
A330	→	→	→	→	→	→	→								
A340	→	→	→	→	→	→	→								
B777	→	→	→	→	→	→	→								
MD11	→	→	→	→	→	→	→								
DC10	→	→	→	→	→	→	→								
B737	→	→	→	→	→	→	→								
F100															
F28															
F27															
CN235															

Remark : 1. Aircraft parking stands Nr. 3,4,5 and 6 Avro-Bridge available.

2. Aircraft parking stands Nr. 1, and 3 are available for B777- 200, A 340 - 300 and B 737 or similar.

3. Aircraft parking stand Nr. 2 available for A 300, B 757 or below

4. Aircraft parking stands Nr. 7A to 17A (angle) up to DC-10.

5. Bay Nr. 3A angel available for B 747-400 or below.

6. Bay Nr. 2A (nose-in position) available for B 777- 200 or below.

2. AIRCRAFT PARKING STANDS DOM :

Aircraft types that can be parked are as follows:

PARKING STAND	Nr. 7	Nr. 8	Nr. 9	Nr. 10	Nr. 11	Nr. 12	Nr. 13	Until	Nr. 41
Aircraft type									
B737	→	→	→	→	→	→	→		→
F100	→	→	→	→	→	→	→		→
F28	→	→	→	→	→	→	→		→
F27	→	→	→	→	→	→	→		→
CN235	→	→	→	→	→	→	→		→

Remark : 1. Aircraft parking stands Nr. 7 to 38 (nose-in position) are →

available for any Aircraft Up to B 737.

2. Distance Security Line Apron Taxiway : 47,5 M.

2.9.2 Aircraft Parking Stands

1. AIRCRAFT PARKING STANDS INTL :

Aircraft types that can be parked are as follows :

PARKING STAND	Nr. 1	Nr. 1A	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4	Nr. 5	Nr. 6	Nr. 7A	Nr. 9A	Nr. 11 A	Nr. 13 A	Nr. 15 A	Nr. 17 A	Nr. 19 A	Nr. 21 A
Aircraft type															
B747	→	→	→	→	→	→	→								
B745	→	→	→	→	→	→	→								
A330	→	→	→	→	→	→	→								
A340	→	→	→	→	→	→	→		→						
B777	→	→	→	→	→	→	→		→						
MD11	→	→	→	→	→	→	→								
DC10	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
B737	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
F100			→					→	→	→	→	→	→	→	→
F28			→					→	→	→	→	→	→	→	→
F27			→					→	→	→	→	→	→	→	→
CN235			→					→	→	→	→	→	→	→	→

- Remark :
1. Aircraft parking stands Nr. 3,4,5 and 6 Avio-Bridge available.
 2. Aircraft parking stands Nr. 1, and 3 are available for B777- 200, A 340 - 300 and B 737 or similar.
 3. Aircraft parking stand Nr. 2 available for A 300, B 757 or below
 4. Aircraft parking stands Nr. 7A to 17A (angle) up to DC-10.
 5. Bay Nr. 3A angel available for B 747-400 or below.
 6. Bay Nr. 2A (nose-in position) available for B 777- 200 or below.

2. AIRCRAFT PARKING STANDS DOM :

Aircraft types that can be parked are as follows:

PARKING STAND	Nr. 7	Nr. 8	Nr. 9	Nr. 10	Nr. 11	Nr. 12	Nr. 13	Until		Nr. 41
Aircraft type										
B737	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
F100	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
F28	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
F27	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
CN235	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→

- Remark :
1. Aircraft parking stands Nr. 7 to 38 (nose-in position) are available for any Aircraft Up to B 737.
 2. Distance Security Line Apron Taxiway : 47,5 M.

3. AIRCRAFT PARKING STAND COORDINATE :

PARKING NUMBER	LATITUDE	LONGITUDE	PARKING NUMBER	LATITUDE	LONGITUDE
1.	08 44 39.05 S	115 09 41.27 E	18.	08 44 42.77 S	115 10 08.35 E
2.	08 44 41.00 S	115 09 41.34 E	19.	08 44 42.68 S	115 10 10.51 E
3.	08 44 42.96 S	115 09 41.42 E	20.	08 44 42.60 S	115 10 12.46 E
4.	08 44 43.68 S	115 09 43.37 E	21.	08 44 44.83 S	115 10 14.10 E
5.	08 44 43.59 S	115 09 45.74 E	22.	08 44 44.78 S	115 10 15.23 E
6.	08 44 43.50 S	115 09 48.11 E	23.	08 44 44.73 S	115 10 16.36 E
7.	08 44 43.41 S	115 09 50.48 E	24.	08 44 44.68 S	115 10 17.48 E
8.	08 44 43.32 S	115 09 52.85 E	25.	08 44 44.63 S	115 10 18.60 E
9.	08 44 45.59 S	115 09 54.94 E	26.	08 44 44.58 S	115 10 19.74 E
9A.	08 44 45.73 S	115 09 55.65 E	27.	08 44 44.53 S	115 10 20.85 E
10.	08 44 45.54 S	115 09 56.06 E	28.	08 44 44.48 S	115 10 21.99 E
11.	08 44 45.50 S	115 09 57.18 E	29.	08 44 44.40 S	115 10 23.91 E
12A.	08 44 45.58 S	115 09 58.35 E	30.	08 44 44.35 S	115 10 25.03 E
12.	08 44 45.45 S	115 09 58.31 E	31.	08 44 44.30 S	115 10 26.16 E
13.	08 44 45.41 S	115 09 59.43 E	32.	08 44 44.25 S	115 10 27.28 E
13A.	08 44 45.46 S	115 10 01.04 E	33.	08 44 44.20 S	115 10 28.41 E
14.	08 44 45.36 S	115 10 00.56 E	34.	08 44 44.15 S	115 10 29.57 E
15.	08 44 45.32 S	115 10 01.69 E	35.	08 44 44.10 S	115 10 30.67 E
16.	08 44 43.30 S	115 10 03.84 E	36.	08 44 44.05 S	115 10 31.79 E
17.	08 44 42.87 S	115 10 05.98 E	37.	08 44 44.00 S	115 10 32.92 E
			38.	08 44 44.05 S	115 10 34.06 E

2.9.3 VISUAL DOCKING PARKING GUIDANCE SYSTEM AT AIRCRAFT STANDS

1. The RLG visual docking guidance system is installed at parking stand Nr. 3, 4, 5, and 6 at NGURAH RAI AIRPORT.
2. The system is aligned for interpretation by the pilot in the left hand seat.
3. Aircraft identification marking on Aircraft Docking Guidance System operate for bay Nr.1, 2, 3, 4, 5 and 6.
4. Use of Aircraft ID sign, TWY guide lines and visual docking / parking guidance system of Aircraft stands.
5. Taxiing guidance signs at all intersection with TWY and RWY at all holding positions. Guidance at apron Nose-in or angle guidance at Aircraft stands
6. Holding point operated as follows:
 - a. Holding position H position 88.1 M South of standby Nr. 4
 - b. Holding position I position 130.5 M south of stand by Nr. 3
 - c. Holding Position J position 182 M North of centerline RWY 09
 - d. Holding position K position 176.6 M North of centerline RWY 09
 All marking by yellow color.
7. Marking Aids THR touchdown zone, centerline, side stripe, TWY destinations, TWY centerline, Taxi holding positions, all taxiways, Apron guide lines for position of Aircraft parking.
8. Stop bars where appropriate.

2.9.4 PROCEDURE FOR START-UP AND PUSHBACK OF AIRCRAFT

1. Ground crew must ensure that the area behind an Aircraft is clear of vehicles, equipment and other obstruction before the start-up or pushback of Aircraft commence.
2. When the pilot is ready for start-up and pushback, he shall seek confirmation from the ground crew that there is no hazard to his Aircraft starting up. He shall then notify the Ground Movement Controller (Call Sign: NGURAH GROUND) that he is ready for pushback. On being told by NGURAH Ground that pushback is approved he shall coordinate with the ground crew for the start-up and pushback of the Aircraft.
3. The following table describes the procedure for the pushback of Aircraft from the various parking bays. When it becomes necessary to vary a procedure to expedite Aircraft movements. NGURAH Ground will issue specific instructions to the pilot.
4. Aircraft shall be push back to face south than towed until west of Parking Stand Nr. 4, cleared to start engine there and there shall be no simultaneous push back.
5. Aircraft parking at stand Nr. 1 shall be push back and pulled until aligned to TWY center line then start up.
6. Aircraft parking at stand Nr. 2 and 3, push back and start engines normally.
7. Taxi procedure follow guidance line at own discretion until holding point India.
8. All Aircraft test engine with full power shall be on holding point J, L, M, N taxiway north parallel runway 09.
9. All pilot shall report parking stand, aircraft registration and person on board before starting engine to Ngurah Ground.

WADD AD 2.10 AERODROME OBSTACLES

Reserved

WADD AD 2.11 METEOROLOGICAL INFORMATION PROVIDED

Associated MET Office.....	Meteorological And Geophysical Office
Hours of Service / MET Office Outside Hours	H - 24
Office Responsible for TAF Preparation	
Period of Validity.....	NGURAH RAI AIRPORT H - 24
TREND Forecasts & Interval of Issuance.....	QAM / 30 Minutes
Briefing / Consultation Provided.....	BRIEFING MET
Flight Documentation - Language Used.....	Tabular Form, TAFOR, ROFOR, METAR, ARFOR - ENGLISH
Charts and Other Information Available for Briefing or Consultation.....	Upper Wind and Synoptic
Supplementary Equipment Available for Providing Information.....	RADAR, Synergy, AMOS
ATS Units Provided with Information.....	B/O, Ground control, TWR, APP
Additional Information (limitation of service etc.).....	PROGNOSA, SIG WX Satellite
	Phone : 0361-751011
	- ext. 5362 (observer)
	- ext. 5363 / 5364 (Forecaster / Met Office)

Directorate General of Civil Aviation

AMDT 12
15 NOV 06

WADD AD 2.12 RUNWAY PHYSICAL CHARACTERISTICS

1	2	3	4	5	6
Designations RWY NR	True & MAG BRG	Dimension of RWY	Strength (PCN) and Surface of RWY and SWY	THR Coordinates	THR Elevation and Highest Elevation of TDZ of Precision APP RWY
09	088°	3000 x 45 m	83 FCXT Asphalt	08 44 55.69 S 115 09 13.87 E	10 8 ft
27	268°			08 44 51.76 S 115 10 51.79 E	12 ft

7	8	9	10	11	12
Slope of RWY - NR	SWY Dimension	CWY Dimension	Strip Dimension	OFZ	Remarks
NIL	NIL NIL	CWY both of RWY : 150 x 300 m (Asphalt pavment and grass)	3120 x 300 m (Grass)	NIL	RESA both of RWY:90 x 90 m

WADD AD 2.13 DECLARED DISTANCES

1	2	3	4	5
RWY Designator	TORA	TODA	ASDA	LDA
09	3000 m	3150 m	3000 m	3000 m
27	3000 m	3150 m	3000 m	3000 m

WADD AD 2.14 APPROACH AND RUNWAY LIGHTING

1	2	3	4	5
RWY Designator	APCH LIGHT Type LEN	THR LGT color WBAR	VASIS (MEHT) PAPI	TDZ LGT LEN
09	NIL	Green High Intensity in 5 Brightness	PAPI	NIL
27	High Intensity in 5 Brightness, Spacing Length 30M		PAPI	NIL

Directorate General of Civil Aviation

AMDT 30
17 NOV 11

6	7	8	9	10
RWY Centerline LGT Length Spacing color	RWY edge LGT LEN Spacing color	RWY End LGT Color WBAR	SWY LGT LEN (M) Color	Remarks
NIL	High Intensity in 5 Brightness Spacing Length 60 m	Red	Red	Precision APCH Path indicator operational with slope 3°
NIL		Red	Red	APCH Lighting system available sequence flashes low intensity

WADD AD 2.15 OTHER LIGHTING, SECONDARY POWER SUPPLY

1.	ABN / IBN Location. Characteristic and Hours Operation.	Available
2.	LDI Location and LGT Anemometer Location and LGT	Available, Windssock
3.	TWY Edge and Center Line LGT	TWY Edge LGT Available, Medium Intensity in 1 Brightness
4.	Secondary Power Supply / Switch Over Time	Available within 10 seconds for full operation
5.	Remarks	NIL

WADD AD 2.16 HELICOPTER LANDING AREA

1.	Coordinates TLOF THR FATO	NIL
2.	TLOF and / or FATO Elevation (M / FT)	Elevation 13.3 ft
3.	TLOF and FATO Area Dimensions, Surface, Strength, Marking	3 x (15 x 15 m) Concrete PCN 69 RCXT marking available
4.	True Bearing and Magnetic Bearing of FATO	Loc East of Apron
5.	Declared Distance Available	NIL
6.	APP and FATO Lighting	NIL
7.	Remarks	NIL

WADD AD 2.17 ATS AIRSPACE

1.	Designation and Lateral Limits	NGURAH RAI ATZ : Lateral Limit : A Circle with a Radius of 5 NM Centered at "BLI" VOR/DME (08 45 02.05 S 115 09 47.90 E) BALI CTR : Lateral Limit : 09 14S 115 16E Thence arc 30 NM "BLI" VOR/DME to 08 16S 115 04E 08 08S 115 40E 09 07S 115 52E 09 14S 115 16E
2.	Vertical Limits	NGURAH RAI ATZ : SFC to 2500 ft MSL BALI CTR : SFC to 10000 ft MSL
3.	Airspace Classification	C ←
4.	ATS Unit Call Sign Language(s)	NGURAH RAI ATZ : NGURAH TOWER / ENGLISH BALI CTR : BALI DIRECTOR / ENGLISH
5.	Transition	11,000 ft / FL 130
6.	Remarks	NIL

WADD AD 2.18 ATS COMMUNICATION FACILITIES

1 Service Designator	2 Call Sign	3 Frequency	4 Hours of Operation	5 Remarks
FSS	Bali Information	11309, 5574, 6577, 8882, 3416 KHz	H - 24	RDARA, Vertical Service Limit from SFC to FL245
APP	Bali Director	119.7 MHz 119.3 MHz*	H - 24 H - 24	Radar Service * STBY. Freq
TWR	Ngurah Tower	118.1 MHz 118.5 MHz**	H - 24 H - 24	**STBY. Freq
SMC	Ngurah Ground	118.9 MHz	H - 24	
ATIS		126.2 MHz	2200 -1100	

Directorate General of Civil Aviation

AMDT 28
10 FEB 11

WADD AD 2.19 RADIO NAVIGATION AND LANDING AIDS

1	2	3	4	5	6	7
Type of Aid and Category	ID	Frequency	Hours of Operation	Site of Transmitting Antenna Coordinates	Elevation of DME transmitting Antenna	Remarks
VOR/DME	BLI	116.2 MHz CH-109X	H - 24	08 45 02.05 S 115 09 47.90 E		VOR/DME classified restricted due to terrain condition : - 330° - 020° CW beyond 40 NM BLW 10,000 ft - 020° - 040° CW beyond 40 NM BLW 12,000 ft - 040° - 060° CW beyond 40 NM BLW 10,000 ft - 060° - 090° CW beyond 40 NM BLW 5,000 ft - 310° - 330° CW beyond 40 NM BLW 6,000 ft MM ANGLE 2.75° Coverage range: PSR 70 NM SSR 150 NM
NDB	OR	230 KHz	H - 24	08 44 37.93 S 115 10 26.55 E		
ILS / LLZ	IDPS	110.3 MHz	H - 24	08 44 55.89 S 115 09 08.90 E		
DME		CH-40X	H - 24	-		
GP		335 MHz	H - 24	08 44 56.07 S 115 10 42.45 E		
MM		75 MHz	H - 24	08 44 50.42 S 115 11 35.81 E		
RADAR HEAD				08 44 38.11 S 115 10 05.34 E		

WADD AD 2.20 LOCAL TRAFFIC REGULATIONS

2.20.1 Airport Regulation

2.20.2 Taxiing To and From Stands

- For taxiing to and from parking stands instructed by NGURAH Ground.
- More detail information are shown on aircraft parking and docking chart

2.20.3 Parking Area for Small Aircraft

WADD AD 2.21 NOISE ABATEMENT PROCEDURES

Reserved

Directorate General of Civil Aviation

AMDT 28
10 FEB 11

WADD AD 2.22 FLIGHT PROCEDURES

1. All Aircraft operating within control airspace shall be equipped with transponder.

WADD AD 2.23 ADDITIONAL INFORMATION

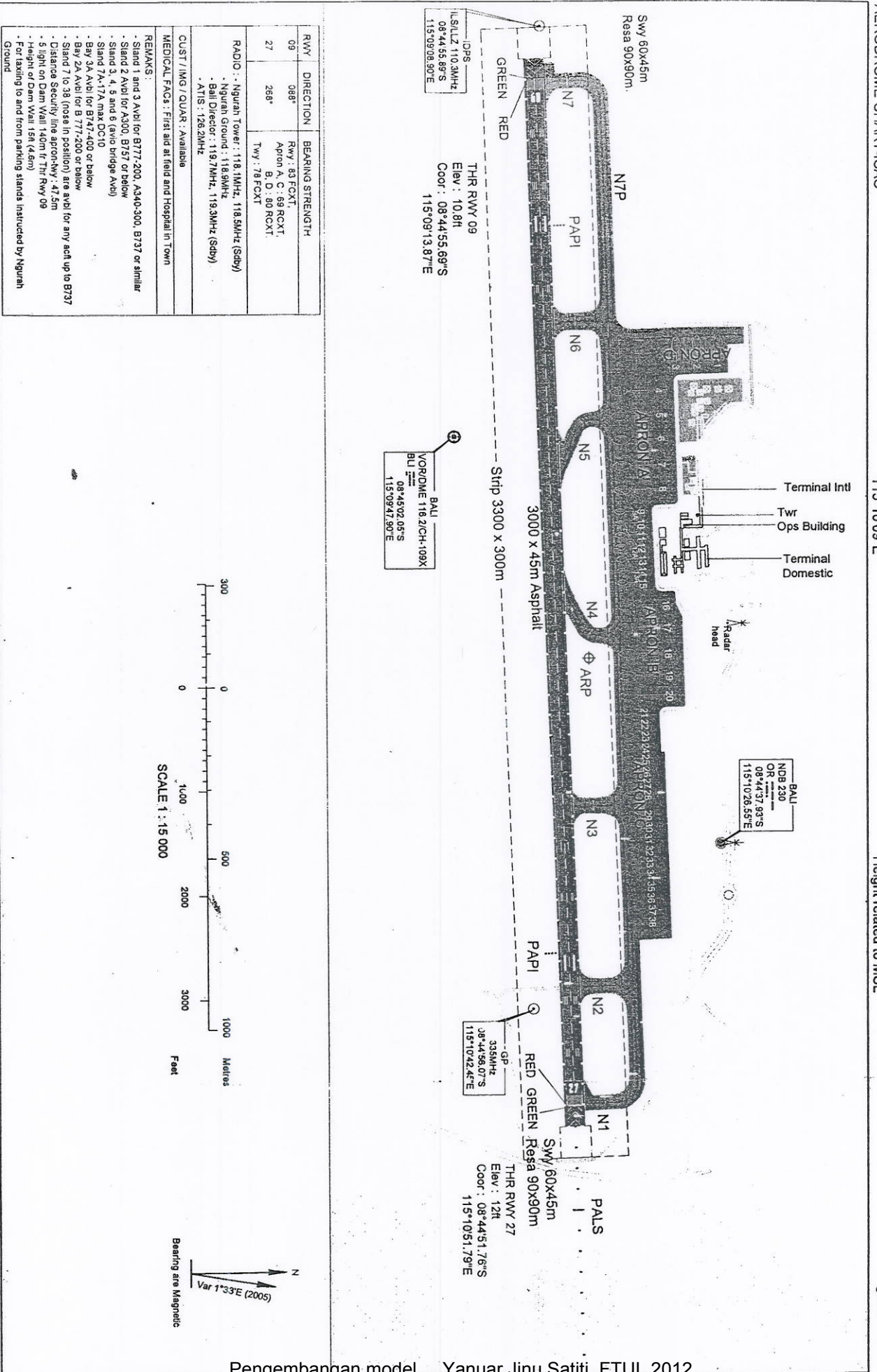
1. There are dogs, any kind of birds some time on the taxiway, apron, apron taxiway and runway 09/27.
2. Chemical industry GRESIK area coordinate : 07 08 37.41S 112 39 33.29E
Pollution anxious explosive and burning; Wind : 1 – 10 Knot; Height : 300 ft
All Aircraft not allowed fly below less than 1500 ft.
3. Caution advise due to many kites around aerodrome height up to 2500 ft.

WADD AD 2.24 CHARTS RELATED TO THE AERODROME

- WADD AD 2.24-1, AERODROME CHART-ICAO, dated 10 FEB 11;
- WADD AD 2.24-4, AERODROME OBSTACLE CHART-ICAO, dated 10 FEB 11;
- WADD AD 2.24-7A, STANDARD DEPARTURE CHART-INSTRUMENT (SID)-ICAO RWY 09, dated 10 FEB 11;
- WADD AD 2.24-7B, STANDARD DEPARTURE CHART-INSTRUMENT (SID)-ICAO RWY 27, dated 10 FEB 11;
- WADD AD 2.24-8, NEW BALI TMA, dated 10 FEB 11;
- WADD AD 2.24-9A, STANDARD ARRIVAL CHART-INSTRUMENT (STAR)-ICAO RWY 09, dated 10 FEB 11;
- WADD AD 2.24-9B, STANDARD ARRIVAL CHART-INSTRUMENT (STAR)-ICAO RWY 27, dated 10 FEB 11;
- WADD AD 2.24-10, MINIMUM RADAR VECTOR ALTITUDE-BALI MVA, dated 07 SEP 09;
- WADD AD 2.24-11A, IAC – ICAO NDB RWY 09, dated 07 SEP 09;
- WADD AD 2.24-11B, IAC – ICAO NDB RWY 27, dated 07 SEP 09;
- WADD AD 2.24-11C, IAC – ICAO VOR/DME RWY 09, dated 07 SEP 09;
- WADD AD 2.24-11D, IAC – ICAO VOR/DME RWY 27 CAT A/B, dated 07 SEP 09;
- WADD AD 2.24-11E, IAC – ICAO VOR/DME RWY 27 CAT C/D, dated 07 SEP 09;
- WADD AD 2.24-11F, IAC – ICAO ILS RWY 27 CAT A/B, dated 07 SEP 09;
- WADD AD 2.24-11G, IAC – ICAO ILS RWY 27 CAT C/D, dated 07 SEP 09;

Directorate General of Civil Aviation

AMDT 28
10 FEB 11



RWY	DIRECTION	BEARING	STRENGTH
09	088°	Rwy : 83 FCXT Apron A, C : 69 RCXT B, D : 80 RCXT Twy : 78 FCXT	
27	268°		

RADIO :

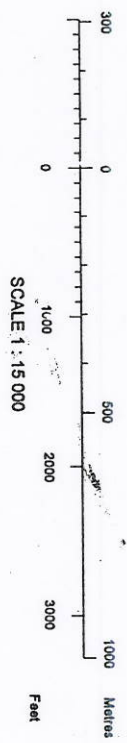
- Ngurah Tower : 118.1MHz, 118.5MHz (Sdby)
- Ngurah Ground : 118.9MHz
- Ball Director : 119.7MHz, 119.3MHz (Sdby)
- ATIS : 126.2MHz

CUST / IMS / QUAR : Available

MEDICAL FACs : First aid at field and Hospital in Town

REMARKS :

- Stand 1 and 3 Avbl for B777-200, A340-300, B737 or similar
- Stand 2 Avbl for A330, B757 or below
- Stand 3, 4, 5 and 6 (avio bridge Avbl)
- Stand 7A-17A max DC10
- Bay 3A Avbl for B747-400 or below
- Bay 2A Avbl for B 777-200 or below
- Stand 7 to 38 (nose in position) are avbl for any acft up to B737
- Distance Security line apron-twy : 47.5m
- 5 light on Dam Wall 140m fr Thr Rwy 09
- Height of Dam Wall 15ft (4.6m)
- For taxiing to and from parking stands instructed by Ngurah Ground



SUB MODEL I

MODEL:

! A 10 Warehouse, 12 Customer
Transportation Problem;

SETS:

WAREHOUSE / WH1, WH2, WH3, WH4, WH5, WH6, WH7, WH8, WH9, WH10/ :
CAPACITY;
CUSTOMER / C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10, C11, C12/ : DEMAND;
ROUTES(WAREHOUSE, CUSTOMER) : COST, VOLUME;

ENDSETS

! The objective;

[OBJ] MIN = @SUM(ROUTES: COST * VOLUME);

! The demand constraints;

@FOR(CUSTOMER(J): [DEM]
@SUM(WAREHOUSE(I): VOLUME(I, J)) >=
DEMAND(J));

! The supply constraints;

@FOR(WAREHOUSE(I): [SUP]
@SUM(CUSTOMER(J): VOLUME(I, J)) <=
CAPACITY(I));

! Here are the parameters;

DATA:

CAPACITY = 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 3;
DEMAND = 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1;
COST = 5, 0, 50, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000,
1000, 3, 20, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000,
1000, 5, 0, 50, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000,
1000, 1000, 1, 40, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000,
1000, 1000, 1000, 5, 0, 50, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000,
1000, 1000, 1000, 1000, 1, 40, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000,
1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1, 40, 1000, 1000,
1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 3, 20,
1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 10,
1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000;

ENDDATA

END

Global optimal solution found.

Objective value: 3102.000
Infeasibilities: 0.000000
Total solver iterations: 31

Model Class: LP

Total variables: 120
Nonlinear variables: 0
Integer variables: 0

Total constraints: 23
Nonlinear constraints: 0

Total nonzeros: 357
Nonlinear nonzeros: 0

Variable	Value	Reduced Cost
CAPACITY(WH1)	1.000000	0.000000
CAPACITY(WH2)	1.000000	0.000000
CAPACITY(WH3)	1.000000	0.000000
CAPACITY(WH4)	1.000000	0.000000
CAPACITY(WH5)	1.000000	0.000000
CAPACITY(WH6)	1.000000	0.000000
CAPACITY(WH7)	1.000000	0.000000
CAPACITY(WH8)	1.000000	0.000000
CAPACITY(WH9)	1.000000	0.000000
CAPACITY(WH10)	3.000000	0.000000
DEMAND(C1)	1.000000	0.000000
DEMAND(C2)	1.000000	0.000000
DEMAND(C3)	1.000000	0.000000
DEMAND(C4)	1.000000	0.000000
DEMAND(C5)	1.000000	0.000000
DEMAND(C6)	1.000000	0.000000
DEMAND(C7)	1.000000	0.000000
DEMAND(C8)	1.000000	0.000000
DEMAND(C9)	1.000000	0.000000
DEMAND(C10)	1.000000	0.000000
DEMAND(C11)	1.000000	0.000000
DEMAND(C12)	1.000000	0.000000
COST(WH1, C1)	5.000000	0.000000
COST(WH1, C2)	0.000000	0.000000
COST(WH1, C3)	50.00000	0.000000
COST(WH1, C4)	1000.000	0.000000
COST(WH1, C5)	1000.000	0.000000
COST(WH1, C6)	1000.000	0.000000
COST(WH1, C7)	1000.000	0.000000
COST(WH1, C8)	1000.000	0.000000
COST(WH1, C9)	1000.000	0.000000
COST(WH1, C10)	1000.000	0.000000
COST(WH1, C11)	1000.000	0.000000
COST(WH1, C12)	1000.000	0.000000
COST(WH2, C1)	1000.000	0.000000

COST (WH2, C2)	3.000000	0.000000
COST (WH2, C3)	20.000000	0.000000
COST (WH2, C4)	1000.000	0.000000
COST (WH2, C5)	1000.000	0.000000
COST (WH2, C6)	1000.000	0.000000
COST (WH2, C7)	1000.000	0.000000
COST (WH2, C8)	1000.000	0.000000
COST (WH2, C9)	1000.000	0.000000
COST (WH2, C10)	1000.000	0.000000
COST (WH2, C11)	1000.000	0.000000
COST (WH2, C12)	1000.000	0.000000
COST (WH3, C1)	1000.000	0.000000
COST (WH3, C2)	5.000000	0.000000
COST (WH3, C3)	0.000000	0.000000
COST (WH3, C4)	50.00000	0.000000
COST (WH3, C5)	1000.000	0.000000
COST (WH3, C6)	1000.000	0.000000
COST (WH3, C7)	1000.000	0.000000
COST (WH3, C8)	1000.000	0.000000
COST (WH3, C9)	1000.000	0.000000
COST (WH3, C10)	1000.000	0.000000
COST (WH3, C11)	1000.000	0.000000
COST (WH3, C12)	1000.000	0.000000
COST (WH4, C1)	1000.000	0.000000
COST (WH4, C2)	1000.000	0.000000
COST (WH4, C3)	1.000000	0.000000
COST (WH4, C4)	40.00000	0.000000
COST (WH4, C5)	1000.000	0.000000
COST (WH4, C6)	1000.000	0.000000
COST (WH4, C7)	1000.000	0.000000
COST (WH4, C8)	1000.000	0.000000
COST (WH4, C9)	1000.000	0.000000
COST (WH4, C10)	1000.000	0.000000
COST (WH4, C11)	1000.000	0.000000
COST (WH4, C12)	1000.000	0.000000
COST (WH5, C1)	1000.000	0.000000
COST (WH5, C2)	1000.000	0.000000
COST (WH5, C3)	1000.000	0.000000
COST (WH5, C4)	5.000000	0.000000
COST (WH5, C5)	0.000000	0.000000
COST (WH5, C6)	50.00000	0.000000
COST (WH5, C7)	1000.000	0.000000
COST (WH5, C8)	1000.000	0.000000
COST (WH5, C9)	1000.000	0.000000
COST (WH5, C10)	1000.000	0.000000
COST (WH5, C11)	1000.000	0.000000
COST (WH5, C12)	1000.000	0.000000
COST (WH6, C1)	1000.000	0.000000
COST (WH6, C2)	1000.000	0.000000
COST (WH6, C3)	1000.000	0.000000
COST (WH6, C4)	1000.000	0.000000
COST (WH6, C5)	1.000000	0.000000
COST (WH6, C6)	40.00000	0.000000
COST (WH6, C7)	1000.000	0.000000
COST (WH6, C8)	1000.000	0.000000
COST (WH6, C9)	1000.000	0.000000
COST (WH6, C10)	1000.000	0.000000

COST(WH6, C11)	1000.000	0.000000
COST(WH6, C12)	1000.000	0.000000
COST(WH7, C1)	1000.000	0.000000
COST(WH7, C2)	1000.000	0.000000
COST(WH7, C3)	1000.000	0.000000
COST(WH7, C4)	1000.000	0.000000
COST(WH7, C5)	1000.000	0.000000
COST(WH7, C6)	1000.000	0.000000
COST(WH7, C7)	1000.000	0.000000
COST(WH7, C8)	1000.000	0.000000
COST(WH7, C9)	1.000000	0.000000
COST(WH7, C10)	40.00000	0.000000
COST(WH7, C11)	1000.000	0.000000
COST(WH7, C12)	1000.000	0.000000
COST(WH8, C1)	1000.000	0.000000
COST(WH8, C2)	1000.000	0.000000
COST(WH8, C3)	1000.000	0.000000
COST(WH8, C4)	1000.000	0.000000
COST(WH8, C5)	1000.000	0.000000
COST(WH8, C6)	1000.000	0.000000
COST(WH8, C7)	1000.000	0.000000
COST(WH8, C8)	1000.000	0.000000
COST(WH8, C9)	1000.000	0.000000
COST(WH8, C10)	1000.000	0.000000
COST(WH8, C11)	3.000000	0.000000
COST(WH8, C12)	20.00000	0.000000
COST(WH9, C1)	1000.000	0.000000
COST(WH9, C2)	1000.000	0.000000
COST(WH9, C3)	1000.000	0.000000
COST(WH9, C4)	1000.000	0.000000
COST(WH9, C5)	1000.000	0.000000
COST(WH9, C6)	1000.000	0.000000
COST(WH9, C7)	1000.000	0.000000
COST(WH9, C8)	1000.000	0.000000
COST(WH9, C9)	1000.000	0.000000
COST(WH9, C10)	1000.000	0.000000
COST(WH9, C11)	1000.000	0.000000
COST(WH9, C12)	10.00000	0.000000
COST(WH10, C1)	1000.000	0.000000
COST(WH10, C2)	1000.000	0.000000
COST(WH10, C3)	1000.000	0.000000
COST(WH10, C4)	1000.000	0.000000
COST(WH10, C5)	1000.000	0.000000
COST(WH10, C6)	1000.000	0.000000
COST(WH10, C7)	1000.000	0.000000
COST(WH10, C8)	1000.000	0.000000
COST(WH10, C9)	1000.000	0.000000
COST(WH10, C10)	1000.000	0.000000
COST(WH10, C11)	1000.000	0.000000
COST(WH10, C12)	1000.000	0.000000
VOLUME(WH1, C1)	1.000000	0.000000
VOLUME(WH1, C2)	0.000000	0.000000
VOLUME(WH1, C3)	0.000000	53.00000
VOLUME(WH1, C4)	0.000000	963.0000
VOLUME(WH1, C5)	0.000000	968.0000
VOLUME(WH1, C6)	0.000000	929.0000
VOLUME(WH1, C7)	0.000000	3.000000

VOLUME (WH1, C8)	0.000000	3.000000
VOLUME (WH1, C9)	0.000000	42.000000
VOLUME (WH1, C10)	0.000000	3.000000
VOLUME (WH1, C11)	0.000000	1000.0000
VOLUME (WH1, C12)	0.000000	993.0000
VOLUME (WH2, C1)	0.000000	992.0000
VOLUME (WH2, C2)	1.000000	0.000000
VOLUME (WH2, C3)	0.000000	20.000000
VOLUME (WH2, C4)	0.000000	960.0000
VOLUME (WH2, C5)	0.000000	965.0000
VOLUME (WH2, C6)	0.000000	926.0000
VOLUME (WH2, C7)	0.000000	0.000000
VOLUME (WH2, C8)	0.000000	0.000000
VOLUME (WH2, C9)	0.000000	39.000000
VOLUME (WH2, C10)	0.000000	0.000000
VOLUME (WH2, C11)	0.000000	997.0000
VOLUME (WH2, C12)	0.000000	990.0000
VOLUME (WH3, C1)	0.000000	992.0000
VOLUME (WH3, C2)	0.000000	2.000000
VOLUME (WH3, C3)	1.000000	0.000000
VOLUME (WH3, C4)	0.000000	10.000000
VOLUME (WH3, C5)	0.000000	965.0000
VOLUME (WH3, C6)	0.000000	926.0000
VOLUME (WH3, C7)	0.000000	0.000000
VOLUME (WH3, C8)	0.000000	0.000000
VOLUME (WH3, C9)	0.000000	39.000000
VOLUME (WH3, C10)	0.000000	0.000000
VOLUME (WH3, C11)	0.000000	997.0000
VOLUME (WH3, C12)	0.000000	990.0000
VOLUME (WH4, C1)	0.000000	992.0000
VOLUME (WH4, C2)	0.000000	997.0000
VOLUME (WH4, C3)	0.000000	1.000000
VOLUME (WH4, C4)	1.000000	0.000000
VOLUME (WH4, C5)	0.000000	965.0000
VOLUME (WH4, C6)	0.000000	926.0000
VOLUME (WH4, C7)	0.000000	0.000000
VOLUME (WH4, C8)	0.000000	0.000000
VOLUME (WH4, C9)	0.000000	39.000000
VOLUME (WH4, C10)	0.000000	0.000000
VOLUME (WH4, C11)	0.000000	997.0000
VOLUME (WH4, C12)	0.000000	990.0000
VOLUME (WH5, C1)	0.000000	1027.0000
VOLUME (WH5, C2)	0.000000	1032.0000
VOLUME (WH5, C3)	0.000000	1035.0000
VOLUME (WH5, C4)	0.000000	0.000000
VOLUME (WH5, C5)	1.000000	0.000000
VOLUME (WH5, C6)	0.000000	11.000000
VOLUME (WH5, C7)	0.000000	35.000000
VOLUME (WH5, C8)	0.000000	35.000000
VOLUME (WH5, C9)	0.000000	74.000000
VOLUME (WH5, C10)	0.000000	35.000000
VOLUME (WH5, C11)	0.000000	1032.0000
VOLUME (WH5, C12)	0.000000	1025.0000
VOLUME (WH6, C1)	0.000000	1026.0000
VOLUME (WH6, C2)	0.000000	1031.0000
VOLUME (WH6, C3)	0.000000	1034.0000
VOLUME (WH6, C4)	0.000000	994.0000

VOLUME (WH6, C5)	0.000000	0.000000
VOLUME (WH6, C6)	1.000000	0.000000
VOLUME (WH6, C7)	0.000000	34.000000
VOLUME (WH6, C8)	0.000000	34.000000
VOLUME (WH6, C9)	0.000000	73.000000
VOLUME (WH6, C10)	0.000000	34.000000
VOLUME (WH6, C11)	0.000000	1031.0000
VOLUME (WH6, C12)	0.000000	1024.0000
VOLUME (WH7, C1)	0.000000	1952.0000
VOLUME (WH7, C2)	0.000000	1957.0000
VOLUME (WH7, C3)	0.000000	1960.0000
VOLUME (WH7, C4)	0.000000	1920.0000
VOLUME (WH7, C5)	0.000000	1925.0000
VOLUME (WH7, C6)	0.000000	1886.0000
VOLUME (WH7, C7)	0.000000	960.0000
VOLUME (WH7, C8)	0.000000	960.0000
VOLUME (WH7, C9)	1.000000	0.000000
VOLUME (WH7, C10)	0.000000	0.000000
VOLUME (WH7, C11)	0.000000	1957.0000
VOLUME (WH7, C12)	0.000000	1950.0000
VOLUME (WH8, C1)	0.000000	992.0000
VOLUME (WH8, C2)	0.000000	997.0000
VOLUME (WH8, C3)	0.000000	1000.0000
VOLUME (WH8, C4)	0.000000	960.0000
VOLUME (WH8, C5)	0.000000	965.0000
VOLUME (WH8, C6)	0.000000	926.0000
VOLUME (WH8, C7)	0.000000	0.000000
VOLUME (WH8, C8)	0.000000	0.000000
VOLUME (WH8, C9)	0.000000	39.000000
VOLUME (WH8, C10)	0.000000	0.000000
VOLUME (WH8, C11)	1.000000	0.000000
VOLUME (WH8, C12)	0.000000	10.000000
VOLUME (WH9, C1)	0.000000	992.0000
VOLUME (WH9, C2)	0.000000	997.0000
VOLUME (WH9, C3)	0.000000	1000.0000
VOLUME (WH9, C4)	0.000000	960.0000
VOLUME (WH9, C5)	0.000000	965.0000
VOLUME (WH9, C6)	0.000000	926.0000
VOLUME (WH9, C7)	0.000000	0.000000
VOLUME (WH9, C8)	0.000000	0.000000
VOLUME (WH9, C9)	0.000000	39.000000
VOLUME (WH9, C10)	0.000000	0.000000
VOLUME (WH9, C11)	0.000000	997.0000
VOLUME (WH9, C12)	1.000000	0.000000
VOLUME (WH10, C1)	0.000000	992.0000
VOLUME (WH10, C2)	0.000000	997.0000
VOLUME (WH10, C3)	0.000000	1000.0000
VOLUME (WH10, C4)	0.000000	960.0000
VOLUME (WH10, C5)	0.000000	965.0000
VOLUME (WH10, C6)	0.000000	926.0000
VOLUME (WH10, C7)	1.000000	0.000000
VOLUME (WH10, C8)	1.000000	0.000000
VOLUME (WH10, C9)	0.000000	39.000000
VOLUME (WH10, C10)	1.000000	0.000000
VOLUME (WH10, C11)	0.000000	997.0000
VOLUME (WH10, C12)	0.000000	990.0000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
OBJ	3102.000	-1.000000
DEM(C1)	0.000000	-8.000000
DEM(C2)	0.000000	-3.000000
DEM(C3)	0.000000	0.000000
DEM(C4)	0.000000	-40.000000
DEM(C5)	0.000000	-35.000000
DEM(C6)	0.000000	-74.000000
DEM(C7)	0.000000	-1000.000
DEM(C8)	0.000000	-1000.000
DEM(C9)	0.000000	-961.0000
DEM(C10)	0.000000	-1000.000
DEM(C11)	0.000000	-3.000000
DEM(C12)	0.000000	-10.000000
SUP(WH1)	0.000000	3.000000
SUP(WH2)	0.000000	0.000000
SUP(WH3)	0.000000	0.000000
SUP(WH4)	0.000000	0.000000
SUP(WH5)	0.000000	35.000000
SUP(WH6)	0.000000	34.000000
SUP(WH7)	0.000000	960.0000
SUP(WH8)	0.000000	0.000000
SUP(WH9)	0.000000	0.000000
SUP(WH10)	0.000000	0.000000

SUB MODEL II

MODEL:

! A 5 Warehouse, 14 Customer
Transportation Problem;

SETS:

WAREHOUSE / WH1, WH2, WH3, WH4, WH5/ : CAPACITY;
CUSTOMER / C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10, C11, C12, C13, C14/
: DEMAND;
ROUTES(WAREHOUSE, CUSTOMER) : COST, VOLUME;
ENDSETS

! The objective;

[OBJ] MIN = @SUM(ROUTES: COST * VOLUME);

! The demand constraints;

@FOR(CUSTOMER(J): [DEM]
@SUM(WAREHOUSE(I): VOLUME(I, J)) >=
DEMAND(J));

! The supply constraints;

@FOR(WAREHOUSE(I): [SUP]
@SUM(CUSTOMER(J): VOLUME(I, J)) <=
CAPACITY(I));

! Here are the parameters;

DATA:

CAPACITY = 1, 1, 1, 1, 10 ;
DEMAND = 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1;
COST = 0, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 550,
600, 650
1000, 0, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500,
550, 600
1000, 1000, 0, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450,
500, 550
1000, 1000, 1000, 0, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400,
450, 500
1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000,
1000, 1000, 1000, 1000;

ENDDATA

END

Global optimal solution found.

Objective value: 10000.00
Infeasibilities: 0.000000
Total solver iterations: 38

Model Class: LP

Total variables: 70
Nonlinear variables: 0
Integer variables: 0

Total constraints: 20
Nonlinear constraints: 0

Total nonzeros: 206
Nonlinear nonzeros: 0

Variable	Value	Reduced Cost
CAPACITY(WH1)	1.000000	0.000000
CAPACITY(WH2)	1.000000	0.000000
CAPACITY(WH3)	1.000000	0.000000
CAPACITY(WH4)	1.000000	0.000000
CAPACITY(WH5)	10.000000	0.000000
DEMAND(C1)	1.000000	0.000000
DEMAND(C2)	1.000000	0.000000
DEMAND(C3)	1.000000	0.000000
DEMAND(C4)	1.000000	0.000000
DEMAND(C5)	1.000000	0.000000
DEMAND(C6)	1.000000	0.000000
DEMAND(C7)	1.000000	0.000000
DEMAND(C8)	1.000000	0.000000
DEMAND(C9)	1.000000	0.000000
DEMAND(C10)	1.000000	0.000000
DEMAND(C11)	1.000000	0.000000
DEMAND(C12)	1.000000	0.000000
DEMAND(C13)	1.000000	0.000000
DEMAND(C14)	1.000000	0.000000
COST(WH1, C1)	0.000000	0.000000
COST(WH1, C2)	50.000000	0.000000
COST(WH1, C3)	100.000000	0.000000
COST(WH1, C4)	150.000000	0.000000
COST(WH1, C5)	200.000000	0.000000
COST(WH1, C6)	250.000000	0.000000
COST(WH1, C7)	300.000000	0.000000
COST(WH1, C8)	350.000000	0.000000
COST(WH1, C9)	400.000000	0.000000
COST(WH1, C10)	450.000000	0.000000
COST(WH1, C11)	500.000000	0.000000
COST(WH1, C12)	550.000000	0.000000
COST(WH1, C13)	600.000000	0.000000
COST(WH1, C14)	650.000000	0.000000
COST(WH2, C1)	1000.000000	0.000000
COST(WH2, C2)	0.000000	0.000000
COST(WH2, C3)	50.000000	0.000000
COST(WH2, C4)	100.000000	0.000000
COST(WH2, C5)	150.000000	0.000000

COST (WH2, C6)	200.0000	0.000000
COST (WH2, C7)	250.0000	0.000000
COST (WH2, C8)	300.0000	0.000000
COST (WH2, C9)	350.0000	0.000000
COST (WH2, C10)	400.0000	0.000000
COST (WH2, C11)	450.0000	0.000000
COST (WH2, C12)	500.0000	0.000000
COST (WH2, C13)	550.0000	0.000000
COST (WH2, C14)	600.0000	0.000000
COST (WH3, C1)	1000.000	0.000000
COST (WH3, C2)	1000.000	0.000000
COST (WH3, C3)	0.000000	0.000000
COST (WH3, C4)	50.00000	0.000000
COST (WH3, C5)	100.0000	0.000000
COST (WH3, C6)	150.0000	0.000000
COST (WH3, C7)	200.0000	0.000000
COST (WH3, C8)	250.0000	0.000000
COST (WH3, C9)	300.0000	0.000000
COST (WH3, C10)	350.0000	0.000000
COST (WH3, C11)	400.0000	0.000000
COST (WH3, C12)	450.0000	0.000000
COST (WH3, C13)	500.0000	0.000000
COST (WH3, C14)	550.0000	0.000000
COST (WH4, C1)	1000.000	0.000000
COST (WH4, C2)	1000.000	0.000000
COST (WH4, C3)	1000.000	0.000000
COST (WH4, C4)	0.000000	0.000000
COST (WH4, C5)	50.00000	0.000000
COST (WH4, C6)	100.0000	0.000000
COST (WH4, C7)	150.0000	0.000000
COST (WH4, C8)	200.0000	0.000000
COST (WH4, C9)	250.0000	0.000000
COST (WH4, C10)	300.0000	0.000000
COST (WH4, C11)	350.0000	0.000000
COST (WH4, C12)	400.0000	0.000000
COST (WH4, C13)	450.0000	0.000000
COST (WH4, C14)	500.0000	0.000000
COST (WH5, C1)	1000.000	0.000000
COST (WH5, C2)	1000.000	0.000000
COST (WH5, C3)	1000.000	0.000000
COST (WH5, C4)	1000.000	0.000000
COST (WH5, C5)	1000.000	0.000000
COST (WH5, C6)	1000.000	0.000000
COST (WH5, C7)	1000.000	0.000000
COST (WH5, C8)	1000.000	0.000000
COST (WH5, C9)	1000.000	0.000000
COST (WH5, C10)	1000.000	0.000000
COST (WH5, C11)	1000.000	0.000000
COST (WH5, C12)	1000.000	0.000000
COST (WH5, C13)	1000.000	0.000000
COST (WH5, C14)	1000.000	0.000000
VOLUME (WH1, C1)	1.000000	0.000000
VOLUME (WH1, C2)	0.000000	0.000000
VOLUME (WH1, C3)	0.000000	0.000000
VOLUME (WH1, C4)	0.000000	0.000000
VOLUME (WH1, C5)	0.000000	0.000000
VOLUME (WH1, C6)	0.000000	50.00000

VOLUME (WH1, C7)	0.000000	100.0000
VOLUME (WH1, C8)	0.000000	150.0000
VOLUME (WH1, C9)	0.000000	200.0000
VOLUME (WH1, C10)	0.000000	250.0000
VOLUME (WH1, C11)	0.000000	300.0000
VOLUME (WH1, C12)	0.000000	350.0000
VOLUME (WH1, C13)	0.000000	400.0000
VOLUME (WH1, C14)	0.000000	450.0000
VOLUME (WH2, C1)	0.000000	1050.0000
VOLUME (WH2, C2)	1.000000	0.000000
VOLUME (WH2, C3)	0.000000	0.000000
VOLUME (WH2, C4)	0.000000	0.000000
VOLUME (WH2, C5)	0.000000	0.000000
VOLUME (WH2, C6)	0.000000	50.000000
VOLUME (WH2, C7)	0.000000	100.0000
VOLUME (WH2, C8)	0.000000	150.0000
VOLUME (WH2, C9)	0.000000	200.0000
VOLUME (WH2, C10)	0.000000	250.0000
VOLUME (WH2, C11)	0.000000	300.0000
VOLUME (WH2, C12)	0.000000	350.0000
VOLUME (WH2, C13)	0.000000	400.0000
VOLUME (WH2, C14)	0.000000	450.0000
VOLUME (WH3, C1)	0.000000	1100.0000
VOLUME (WH3, C2)	0.000000	1050.0000
VOLUME (WH3, C3)	1.000000	0.000000
VOLUME (WH3, C4)	0.000000	0.000000
VOLUME (WH3, C5)	0.000000	0.000000
VOLUME (WH3, C6)	0.000000	50.000000
VOLUME (WH3, C7)	0.000000	100.0000
VOLUME (WH3, C8)	0.000000	150.0000
VOLUME (WH3, C9)	0.000000	200.0000
VOLUME (WH3, C10)	0.000000	250.0000
VOLUME (WH3, C11)	0.000000	300.0000
VOLUME (WH3, C12)	0.000000	350.0000
VOLUME (WH3, C13)	0.000000	400.0000
VOLUME (WH3, C14)	0.000000	450.0000
VOLUME (WH4, C1)	0.000000	1150.0000
VOLUME (WH4, C2)	0.000000	1100.0000
VOLUME (WH4, C3)	0.000000	1050.0000
VOLUME (WH4, C4)	1.000000	0.000000
VOLUME (WH4, C5)	0.000000	0.000000
VOLUME (WH4, C6)	0.000000	50.000000
VOLUME (WH4, C7)	0.000000	100.0000
VOLUME (WH4, C8)	0.000000	150.0000
VOLUME (WH4, C9)	0.000000	200.0000
VOLUME (WH4, C10)	0.000000	250.0000
VOLUME (WH4, C11)	0.000000	300.0000
VOLUME (WH4, C12)	0.000000	350.0000
VOLUME (WH4, C13)	0.000000	400.0000
VOLUME (WH4, C14)	0.000000	450.0000
VOLUME (WH5, C1)	0.000000	200.0000
VOLUME (WH5, C2)	0.000000	150.0000
VOLUME (WH5, C3)	0.000000	100.0000
VOLUME (WH5, C4)	0.000000	50.000000
VOLUME (WH5, C5)	1.000000	0.000000
VOLUME (WH5, C6)	1.000000	0.000000
VOLUME (WH5, C7)	1.000000	0.000000

VOLUME (WH5, C8)	1.000000	0.000000
VOLUME (WH5, C9)	1.000000	0.000000
VOLUME (WH5, C10)	1.000000	0.000000
VOLUME (WH5, C11)	1.000000	0.000000
VOLUME (WH5, C12)	1.000000	0.000000
VOLUME (WH5, C13)	1.000000	0.000000
VOLUME (WH5, C14)	1.000000	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
OBJ	10000.00	-1.000000
DEM (C1)	0.000000	-800.0000
DEM (C2)	0.000000	-850.0000
DEM (C3)	0.000000	-900.0000
DEM (C4)	0.000000	-950.0000
DEM (C5)	0.000000	-1000.0000
DEM (C6)	0.000000	-1000.0000
DEM (C7)	0.000000	-1000.0000
DEM (C8)	0.000000	-1000.0000
DEM (C9)	0.000000	-1000.0000
DEM (C10)	0.000000	-1000.0000
DEM (C11)	0.000000	-1000.0000
DEM (C12)	0.000000	-1000.0000
DEM (C13)	0.000000	-1000.0000
DEM (C14)	0.000000	-1000.0000
SUP (WH1)	0.000000	800.0000
SUP (WH2)	0.000000	850.0000
SUP (WH3)	0.000000	900.0000
SUP (WH4)	0.000000	950.0000
SUP (WH5)	0.000000	0.000000