

MODEL SIMULASI UNTUK ANALISIS KAPASITAS BANDAR UDARA HUSEIN SASTRANEGARA*

Meyliawati Susilo Hermansyah, Cahyadi Nugraha, dan Rispianda

Jurusan Teknik Industri, Institut Teknologi Nasional (Itenas), Bandung

Email : meyliawatisusilo@ymail.com

ABSTRAK

Suatu bandara pasti memiliki kapasitas maksimal untuk dapat melayani sejumlah penerbangan. Apabila kapasitas bandara besar maka penggunaan fasilitas bandara menjadi tidak maksimal karena akan banyak fasilitas yang menganggur, jika kapasitas bandara kecil maka akan menimbulkan beberapa masalah karena pelayan menjadi tidak maksimal. Permasalahan yang terjadi dalam sistem Bandar Udara Husein Sastranegara Bandung berkaitan dengan jadwal penerbangan yang akan terus bertambah sehingga pihak bandara harus mengetahui kapasitas maksimal agar dapat melayani dengan baik. Adanya unsur probabilistik dalam sistem seperti waktu aktivitas-aktivitas, keterlambatan dari jadwal, arah angin, serta logika yang kompleks dalam penggunaan fasilitas yaitu penggunaan runway, taxiway, dan apron mengindikasikan diperlukannya alat analisis kapasitas dalam bentuk suatu model simulasi. Makalah ini menyajikan model simulasi yang dapat digunakan untuk melakukan analisis kapasitas Bandar udara Husein Sastranegara. Hasil dari penggunaan model tersebut adalah berupa estimasi kapasitas maksimum saat ini dan efek dari rencana penambahan apron.

Kata kunci: bandar udara, model, simulasi, kapasitas

ABSTRACT

An airport has a maximum capacity to serve a number of flights. If the capacity is too large then the use the airport's facilities is not optimal due to the idle of the facilities; if the capacity is too small then it will pose some problems for the service is not optimal. Issue raised in the Airport of Husein Sastranegara Bandung is the growth of the number of flights schedule that indicates the need to evaluate the maximum capacity of the airport in order to serve well. The probabilistic elements in the system such as activities times, delays from schedule, as well as the wind direction and complex logics of the use of runway, taxiways, and aprons indicate the need for capacity analysis tool in the form of a simulation model. This paper presents a simulation model which can be used to perform the capacity analysis of the Husein Sastranegara Airport. The use of the model gives output estimates of the current maximum capacity and the effect of the plan to increase the number of aprons.

Keywords: airport, model, simulation, capacity

* Makalah ini merupakan ringkasan dari Tugas Akhir yang disusun oleh penulis pertama dengan pembimbingan penulis kedua dan ketiga. Makalah ini merupakan draft awal dan akan disempurnakan oleh para penulis untuk disajikan pada seminar nasional dan/atau jurnal nasional.

1. PENDAHULUAN

1.1 Pengantar

Kota Bandung saat ini sudah menjadi kota tujuan pariwisata di Jawa Barat, baik itu wisata belanja, kuliner, maupun untuk sekedar menikmati suasana kota Bandung. Banyaknya masyarakat yang berkunjung ke kota Bandung mengakibatkan dibutuhkan sarana transportasi yang dapat mengakomodir masyarakat yang ingin datang ke Bandung maupun ke luar Bandung. Salah satu sarana transportasi yang dapat digunakan adalah pesawat terbang. Bandung memiliki sebuah bandar udara yaitu bandar udara Husein Sastranegara.

Setiap bandara pasti memiliki kapasitas maksimal untuk dapat mengakomodir jumlah penerbangan. Kapasitas bandara harus sesuai dengan jumlah penerbangan di bandara tersebut. Apabila jumlah penerbangan sedikit sementara kapasitas bandara besar maka penggunaan fasilitas bandara menjadi tidak maksimal karena akan banyak fasilitas yang menganggur dan jika jumlah penerbangan melebihi kapasitas bandara maka akan menimbulkan beberapa masalah karena pelayan menjadi tidak maksimal. Untuk itu pihak bandara perlu mengetahui kapasitas bandara agar dapat melayani dengan baik.

1.2 Identifikasi Masalah

Permasalahan yang terjadi dalam sistem Bandar Udara Husein Sastranegara berkaitan dengan jadwal penerbangan yang akan terus bertambah sehingga pihak bandara harus mengetahui kapasitas maksimal bandara agar dapat meminimumkan keterlambatan. Selain itu, adanya unsur probabilistik dalam sistem seperti aktivitas parkir, arah angin, kondisi apron, serta penggunaan alat bantu parkir yang dapat menimbulkan keterlambatan dan logika dalam penggunaan fasilitas yang cukup rumit yaitu penggunaan *runway*, *taxiway*, dan apron. Masalah dalam sistem penerbangan tersebut cukup kompleks sehingga perlu dibuat suatu model simulasi (Law, 2007). Model simulasi tersebut dapat membantu untuk menganalisis kapasitas bandar udara.

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah membuat sebuah model simulasi yang dapat digunakan untuk analisis kapasitas Bandar Udara Husein Sastranegara. Batasan-batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini antara lain ruang lingkup sistem yang dimodelkan mulai dari kedatangan pesawat sampai dengan keberangkatan pesawat termasuk penggunaan *runway*, *taxiway*, dan *parking stand* tidak termasuk layanan *passanger*, model simulasi dalam *software* Arena, alternatif pengembangan terdiri dari penambahan jadwal penerbangan dan penambahan satu buah Apron (*Parking Stand*), *delay* penerbangan kedatangan dari rute sebelumnya diabaikan, dan simulasi berjalan selama dua minggu (20160 menit).

2. STUDI LITERATUR

2.1 Sistem, Model, dan Simulasi

Sebuah sistem didefinisikan sebagai kumpulan dari entitas, seperti manusia atau mesin, yang saling berinteraksi satu sama lain sehingga menghasilkan suatu logika tertentu (Daellenbach, 1994) sementara menurut Schmidt dan Taylor dalam (Kelton *et al.*, 2007) sistem dikategorikan menjadi dua tipe, yaitu diskrit dan kontinu. Sistem diskrit terjadi ketika salah satu keadaan variabel berubah seketika dalam poin waktu tertentu. Sistem kontinu terjadi ketika salah satu keadaan variabel berubah secara terus menerus terhadap perubahan waktu.

Model adalah rencana, representasi, atau deskripsi yang menjelaskan suatu objek, sistem, atau konsep, yang seringkali berupa penyederhanaan atau idealisasi. Model juga merupakan suatu penyederhanaan dari suatu realitas yang kompleks. Model dikatakan *valid* apabila dapat mewakili berbagai aspek dari realitas yang sedang dikaji.

Menurut Simatupang (1995) model dapat diklasifikasikan menjadi model ikonik, analog dan simbolik. Model ikonik adalah mempresentasikan suatu sistem atau benda menjadi suatu objek model yang wujudnya menyerupai sistem tersebut. Model analog adalah model yang mampu mempresentasikan sifat suatu sistem menjadi lebih sederhana. Model simbolik atau model matematis adalah representasi secara abstrak dari suatu sistem.

Model matematis atau simbolik memiliki dua tipe tujuan, yaitu deskriptif dan preskriptif (normatif). Model deskriptif merupakan model yang menggambarkan suatu sistem. Sedangkan model preskriptif merupakan model yang didekatkan dengan metode optimisasi ataupun heuristik ataupun metode lainnya sehingga menghasilkan model yang optimal.

Simulasi digunakan untuk menggambarkan dan menganalisa perilaku dari sebuah sistem, menanyakan pertanyaan bagaimana jika ("*what if*") tentang sistem nyata, dan membantu dalam *proses design of real systems*. Simulasi mengacu pada kumpulan metode yang luas dan aplikasi dari pencitraan tingkah laku dari sistem yang sesungguhnya. Model simulasi adalah alternatif yang tepat dalam menggambarkan suatu sistem yang kompleks, terutama ketika model matematik analitik sulit dilakukan (Law, 2007).

2.2 Simulasi Dengan Perangkat Lunak Arena

Arena mengombinasikan kegunaan dari simulator tingkat tinggi dengan fleksibilitas dari bahasa simulasi SIMAN (Kelton, et al, 2007). Arena merupakan salah satu aplikasi yang menggunakan sistem operasi Microsoft Windows. Modul adalah dasar dalam arena yang dapat digunakan untuk membangun model. Model yang dibangun dalam arena biasanya terdiri dari *flowchart* dan objek data yang mendefinisikan proses yang akan disimulasikan dan dipilih dari panel yang tersedia.

2.3 Sistem Lalu lintas Udara dan Kapasitas Bandar Udara

Operasi lalu lintas udara menitik beratkan kegiatannya pada manajemen lalu lintas dan pergerakan pesawat udara di wilayah sisi udara untuk menjamin keteraturan gerakan pesawat terbang dan menghindari kecelakaan antar pesawat terbang atau pesawat terbang dengan penghalang penerbangan.

Dalam perencanaan bandar udara, kapasitas didefinisikan dengan dua cara. Pertama bahwa kapasitas merupakan jumlah operasi pesawat terbang selama jangka waktu tertentu yang bersesuaian dengan tingkat penundaan rata-rata yang dapat diterima. Sementara definisi yang lain, kapasitas adalah jumlah operasi pesawat terbang maksimum yang dapat dilakukan pada suatu lapangan udara selama jangka waktu tertentu ketika terdapat permintaan akan pelayanan yang berkesinambungan (Hutagaol, 2012).

3. METODOLOGI PENELITIAN

Selama penelitian dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

Langkah 1: Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah adalah tahapan awal yang dilakukan pada penelitian ini. Pada tahapan ini dilakukan penentuan permasalahan apa yang sering terjadi di dalam sistem pengaturan lalu lintas udara yang berkaitan dengan penentuan kapasitas bandara sehingga pihak

bandara dapat membuat perencanaan pengembangan bandara untuk masa yang akan datang dengan memperhatikan kapasitas bandar udara tersebut.

Langkah 2: Studi Literatur

Studi literatur merupakan suatu langkah yang yang dapat membantu peneliti dalam menyelesaikan permasalahan dan pencarian solusi dalam penelitian, membantu untuk pembuatan model simulasi serta melakukan analisis terhadap aplikasi model.

Langkah 3: Identifikasi Sistem dan Pengumpulan Data

Identifikasi sistem merupakan suatu langkah untuk peneliti dapat memahami kondisi yang terjadi dalam suatu sistem yang akan dimodelkan sehingga peneliti dapat mengembangkan model tersebut dan mengimplementasikannya sesuai dengan sistem yang sebenarnya. Sementara pengumpulan data merupakan tahapan pengumpulan data-data yang diperlukan untuk pembuatan model simulasi.

Langkah 4: Perancangan Model Simulasi

Perancangan model simulasi yaitu membuat kondisi sistem sebenarnya di bandara Husein Sastranegara dalam bentuk simulasi sehingga dapat menggambarkan keadaan bandara baik kondisi *runway*, *taxiway*, dan *parking stand* (apron) selama kegiatan di bandara sedang berlangsung. Sehingga dapat mengetahui kapasitas pelayanan bandara saat ini serta dapat mengetahui kapasitas maksimal bandara jika akan dilakukan pengembangan dan perluasan bandara. Simulasi menggunakan perangkat lunak Arena.

Langkah 5: Pengujian Model Simulasi

Uji coba aplikasi model simulasi adalah suatu tahapan yang dilakukan dengan cara menerapkan beberapa skenario yang sering terjadi di bandara ke dalam model yang dibuat. Uji coba dilakukan untuk mengetahui apakah model yang dibuat sudah sesuai dengan alur logika yang diharapkan. Hasil dari uji coba tersebut dapat dijadikan analisis apakah model yang dibuat sudah sesuai dengan yang diharapkan.

Langkah 6: Penggunaan Model dan Analisis

Model simulasi yang dirancang berguna untuk mengetahui kapasitas maksimal bandara. Selain itu dilakukan percobaan dengan menggunakan beberapa alternatif pengembangan yang direncanakan di dalam sistem Bandar Udara Husein Sastranegara

Langkah 7: Kesimpulan

Tahap akhir yang dilakukan adalah penarikan kesimpulan dimana akan disimpulkan hasil dari penelitian yang dilakukan. Hasil dari penelitian ini dapat digunakan oleh pengelola bandara untuk membantu membuat pengaturan sistem lalu lintas udara dan untuk perencanaan perluasan bandara. Selain itu hasil dari penelitian ini dapat dijadikan bahan untuk penelitian selanjutnya.

4.PERANCANGAN MODEL

4.1 Deskripsi Umum Sistem Bandar Udara Husein Sastranegara

Bandara Husein Sastranegara setiap hari melayani hampir 65 penerbangan baik rute penerbangan domestik maupun penerbangan internasional. Selain melayani penerbangan komersil Bandara Husein Sastranegara juga menjadi tempat pangkalan militer TNI Angkatan Udara sehingga pihak bandara menyiapkan dua buah apron yang disediakan khusus untuk kegiatan militer dan untuk pesawat eksekutif baik itu tamu kenegaraan maupun pesawat yang mengangkut pasien rumah sakit. Sehingga total Apron yang digunakan bagi

penerbangan domestik berjumlah enam buah. Foto udara Bandara Husein Sastranegara dapat dilihat pada Gambar 1

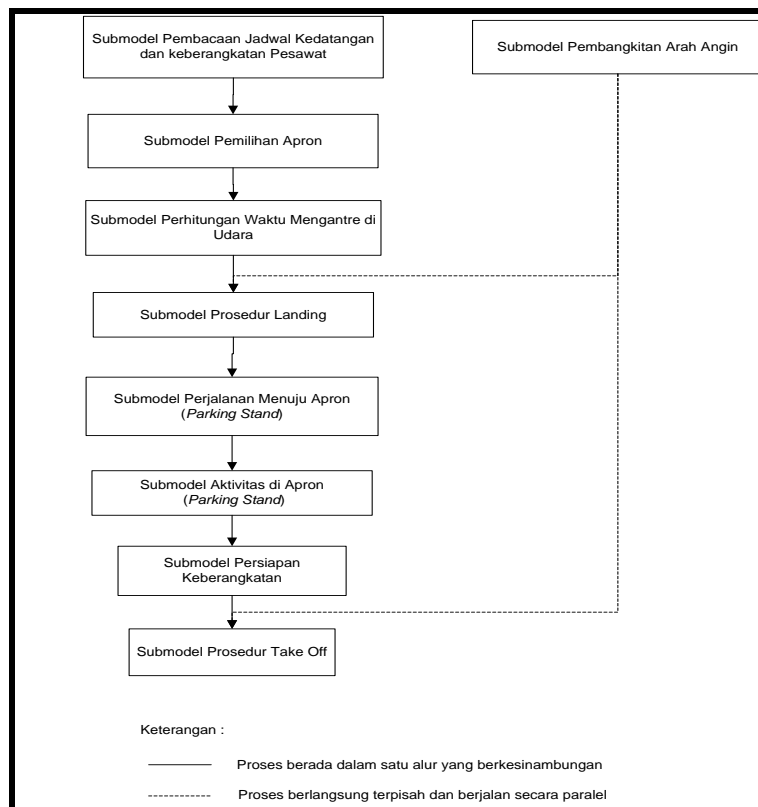


Keterangan:
 1 = Runway
 2 dan 3 = Taxiway
 4 = Apron

Gambar 1 Foto Udara Bandar Udara Husein Sastranegara Tampak Atas

4.2 Pengembangan Konsep Model

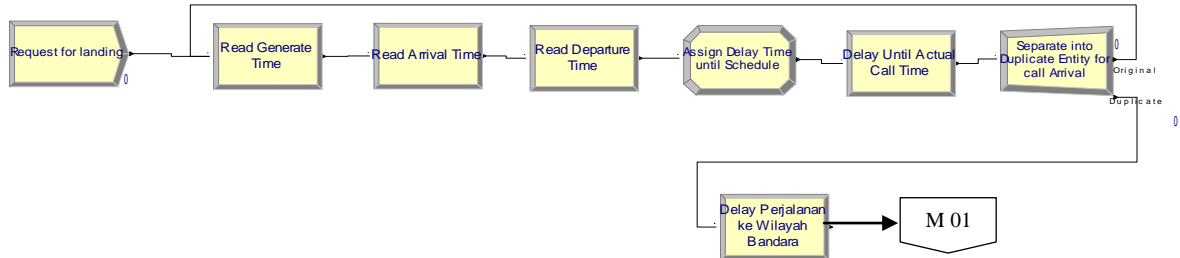
Pengembangan model dilakukan untuk mengetahui lama pesawat menunggu di udara, keterlambatan, utilitas *runway* dan utilitas setiap apron sehingga pada akhirnya dapat mengetahui kapasitas bandara. Input yang digunakan yaitu jadwal penerbangan Bandar udara Husein Sastranegara bulan Maret 2014 Model simulasi yang dibuat berguna untuk mengetahui apakah kapasitas bandara yang sekarang sudah mencukupi atau sudah melebihi batas maksimal sehingga dapat dijadikan bahan pertimbangan bagi pihak pengelola bandara ketika akan melakukan perluasan bandara. Kerangka konsep model dapat dilihat pada Gambar 2



Gambar 2 Kerangka Konsep Model

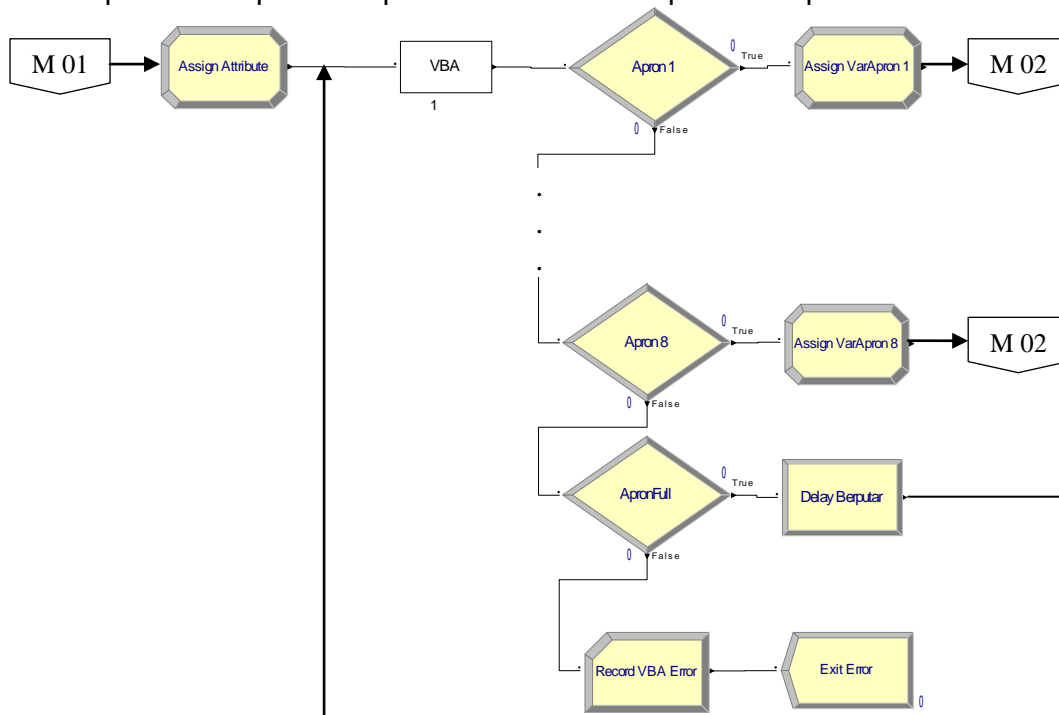
4.3 Perancangan Model Simulasi Arena

Setelah membuat model simulasi sistem bandara Husein Sastranegara, langkah selanjutnya adalah implementasi model ke dalam *software* Arena. Pada model simulasi yang dibuat waktu untuk setiap entitas kedatangan pesawat disesuaikan dengan jadwal kedatangan dan keberangkatan yang saat ini berlaku di bandar udara Husein Sastranegara. Data *flight shcedule* berada dalam *file* Microsoft Excel yang telah di konversikan ke dalam bentuk menit. Logika submodel pembacaan jadwal penerbangan dalam flowchart Arena dapat dilihat pada Gambar 3



Gambar 3 Logika submodel pembacaan jadwal penerbangan dalam flowchart Arena

Salah satu logika yang kompleks adalah dalam pemilihan apron. Proses pemilihan Apron dalam model implementasi Arena menggunakan bantuan Modul VBA yang berfungsi untuk memilih Apron sesuai dengan kondisi Apron yang sudah terisi sebelumnya serta posisi Apron yang kosong. Selain itu untuk menentukan apakah proses parkir dilakukan secara normal ataupun menggunakan bantuan *PushBack*. *Output* dari modul VBA tersebut adalah atribut ApronTujuan untuk setiap pesawat yang akan mendarat. Sehingga setiap masing-masing pesawat akan memiliki atribut apron yang akan ditempati. Pada saat jam-jam padat memungkinkan seluruh apron terisi sehingga pada saat kondisi tersebut atribut ApronTujuan akan bernilai -1 yang artinya kondisi apron full dan pesawat akan berputar sampai mendapatkan tempat untuk parkir. Sementara apabila terdapat kondisi apron yang tidak tercantum di dalam *block* VBA maka akan di record pada modul *Record VBA Error*. Bagian submodel pemilihan Apron berupa *flowchart* Arena dapat dilihat pada Gambar 4



Gambar 4 Submodel Pemilihan Apron

Proses pemilihan apron menggunakan *block* VBA yang berisi *coding* pemilihan apron menggunakan bahasa *Visual Basic for Application*. Tampilan *Visual Basic for Application* pada Arena dapat dilihat pada Gambar 5

```

Microsoft Visual Basic - departure with TNOW.doe - [ThisDocument (Code)]
File Edit View Insert Format Debug Run Tools Add-Ins Window Help
VBA_Block_1 Fire
Option Explicit

Private Sub VBA_Block_1_Fire()

Dim oSIMAN As Arena.SIMAN
Dim Apron1 As Integer
Dim Apron2 As Integer
Dim Apron3 As Integer
Dim Apron4 As Integer
Dim Apron5 As Integer
Dim Apron6 As Integer
Dim Apron7 As Integer
Dim Apron8 As Integer
Dim ApronFull As Integer
Dim ArahAngin As Integer

Set oSIMAN = ThisDocument.Model.SIMAN

Apron1 = oSIMAN.VariableArrayValue(oSIMAN.SymbolNumber("VariableApron1"))
Apron2 = oSIMAN.VariableArrayValue(oSIMAN.SymbolNumber("VariableApron2"))
Apron3 = oSIMAN.VariableArrayValue(oSIMAN.SymbolNumber("VariableApron3"))
Apron4 = oSIMAN.VariableArrayValue(oSIMAN.SymbolNumber("VariableApron4"))
Apron5 = oSIMAN.VariableArrayValue(oSIMAN.SymbolNumber("VariableApron5"))
Apron6 = oSIMAN.VariableArrayValue(oSIMAN.SymbolNumber("VariableApron6"))
Apron7 = oSIMAN.VariableArrayValue(oSIMAN.SymbolNumber("VariableApron7"))
Apron8 = oSIMAN.VariableArrayValue(oSIMAN.SymbolNumber("VariableApron8"))
ApronFull = oSIMAN.VariableArrayValue(oSIMAN.SymbolNumber("VariableApronFull"))
ArahAngin = oSIMAN.VariableArrayValue(oSIMAN.SymbolNumber("vArahAngin"))

.
.
.

Else
oSIMAN.EntityAttribute(oSIMAN.ActiveEntity, oSIMAN.SymbolNumber("ApronTujuan")) = 6
End If

ElseIf Apron1 = 0 And Apron2 = 0 And Apron3 = 0 And Apron4 = 0 And Apron5 = 0 And Apron6 = 1 And Apron7 = 0 And Apron8
If ArahAngin = 1 Then
oSIMAN.EntityAttribute(oSIMAN.ActiveEntity, oSIMAN.SymbolNumber("ApronTujuan")) = 5
Else
oSIMAN.EntityAttribute(oSIMAN.ActiveEntity, oSIMAN.SymbolNumber("ApronTujuan")) = 7
End If

ElseIf Apron1 = 0 And Apron2 = 0 And Apron3 = 0 And Apron4 = 0 And Apron5 = 0 And Apron6 = 0 And Apron7 = 1 And Apron8
If ArahAngin = 1 Then
oSIMAN.EntityAttribute(oSIMAN.ActiveEntity, oSIMAN.SymbolNumber("ApronTujuan")) = 6
Else
oSIMAN.EntityAttribute(oSIMAN.ActiveEntity, oSIMAN.SymbolNumber("ApronTujuan")) = 8
End If

ElseIf Apron1 = 0 And Apron2 = 0 And Apron3 = 0 And Apron4 = 0 And Apron5 = 0 And Apron6 = 0 And Apron7 = 0 And Apron8
If ArahAngin = 1 Then
oSIMAN.EntityAttribute(oSIMAN.ActiveEntity, oSIMAN.SymbolNumber("ApronTujuan")) = 3
Else
oSIMAN.EntityAttribute(oSIMAN.ActiveEntity, oSIMAN.SymbolNumber("ApronTujuan")) = 7
End If

End If

End Sub

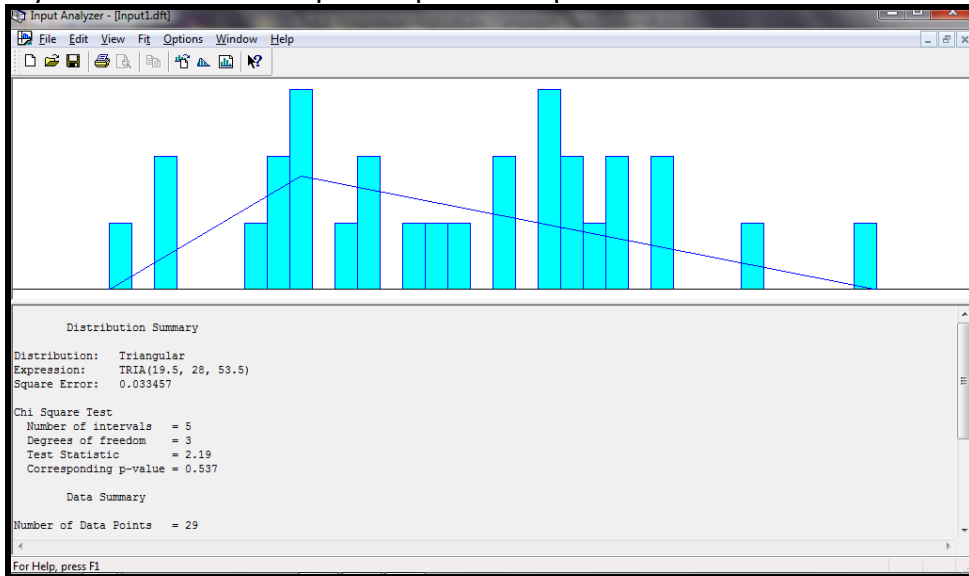
```

Gambar 5 Tampilan *Visual Basic for Application* pada Arena

4.4 Parameterisasi Model

Parameter yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya probabilitas waktu antar perubahan Angin, Arah Angin, Waktu Delay Pushback, dan Waktu Aktivitas Apron. Parameter tersebut menggunakan beberapa distribusi. Distribusi yang digunakan pada model yang dibuat digunakan untuk membangkitkan hal-hal yang bersifat *Random*. Selain itu ada beberapa parameter yang dianggap konstan diantaranya lama waktu *take off* dan *landing*, lama waktu melewati *taxiway*. Parameter probabilitas waktu antar perubahan Angin berdistribusi uniform dengan ekspresi UNIF(1,2) yang artinya angin berubah setiap satu sampai dua jam sekali selama proses simulasi berjalan. Parameter untuk variabel arah angin menggunakan distribusi diskrit dengan ekspresi DISC(0.5, 1, 1.0, 2), parameter tersebut digunakan untuk mengeluarkan angka 1 atau 2 untuk menandakan arah angin saat itu. Sementara parameter

untuk waktu delay pushback berdistribusi uniform dengan ekspresi UNIF(15 , 30) yang artinya waktu delay berkisar antara 15 sampai 30 menit. Sementara untuk parameter waktu aktifitas Apron data sebelumnya dijadikan acuan dengan menggunakan Input Analyzer. Hasil dari Input Analyzer waktu aktivitas Apron dapat dilihat pada Gambar 6



Gambar 6 Tampilan *Input Analyzer* Waktu Aktivitas Apron

5. PENGUJIAN MODEL, PENGGUNAAN MODEL DAN ANALISIS

5.1 Pengujian Model

Verifikasi bertujuan untuk memeriksa apakah model simulasi yang dibuat telah berhasil diterjemahkan sesuai dengan logika yang direncanakan oleh pemodel (Law, 2007). Simulasi akan dilakukan selama 2 minggu (20160 menit). Verifikasi dilakukan dengan cara *'breakpoint&step-by-step'*, artinya model dihentikan pada satu waktu atau pada satu modul tertentu lalu amati parameter yang harus diteliti. Verifikasi yang dimunculkan pada bagian ini proses simulasi yang dibuat berhenti berdasarkan beberapa kejadian tertentu.

Setelah menjalankan simulasi selama *Run Time* yang ditetapkan, yaitu selama 20160 menit. Model simulasi menghasilkan satu laporan (*report*) yang berisi perhitungan statistik selama jalannya simulasi (*time persistent*). Hasil perhitungan statistik rata-rata waktu tunggu dapat dilihat pada Gambar 7

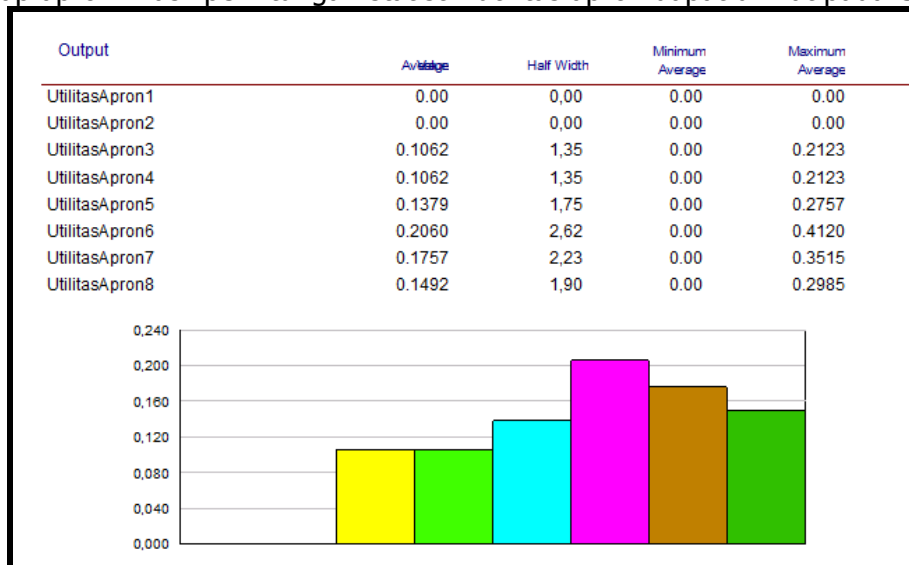
Time						
Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Seize Runway for Take Off	5.2661	66,91	0.00	10.5322	0.00	32.8100
3.Queue						
Seize Runway for Take Off	12.7478	161,97	0.00	25.4956	0.00	55.9682
4.Queue						
Seize Runway for Take Off	7.3459	93,34	0.00	14.6918	0.00	56.3829
5.Queue						
Seize Runway for Take Off	6.8464	86,99	0.00	13.6928	0.00	44.4202
6.Queue						
Seize Runway for Take Off	7.9523	101,04	0.00	15.9045	0.00	44.9118
7.Queue						
Seize Runway for Take Off	5.1222	65,08	0.00	10.2444	0.00	43.7771
8.Queue						
Seize Runway.Queue	6.2753	79,73	0.00	12.5507	0.00	42.6000

Gambar 7 Rata-rata Waktu Tunggu Pesawat

User Specified						
Tally						
Expression	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Record Delay Arrival	7.1324	90,62	0.00	14.2648	-1	83.1492
Record Delay Departure	15.1055	191,93	0.00	30.2109	0.00	93.9844
Interval	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Record QApron	6.9701	88,56	0.00	13.9403	0.00	60.8031
Counter						

Gambar 8 Rekapitulasi Keterlambatan dan Kedatangan Pesawat

Dari hasil perhitungan statistik tersebut dapat terlihat bahwa waktu tunggu maksimal pesawat saat mengantre untuk mendapatkan *runway* adalah selama 12,7478 menit. Selain dapat mengetahui waktu tunggu maksimal, dari hasil perhitungan statistik dapat terlihat utilitas setiap apron. Hasil perhitungan statistik utilitas apron dapat dilihat pada Gambar 9



Gambar 9 Hasil Statistik Perhitungan Utilitas Apron

Berdasarkan hasil statistik perhitungan utilitas apron dapat diketahui nilai utilitas maksimal terdapat pada Apron 6. Hal tersebut sesuai dengan kondisi sebenarnya dimana Apron 6 merupakan apron yang paling sering digunakan dibandingkan dengan apron yang lainnya. Selain itu rata-rata nilai utilitas apron di Bandar Udara Husein Sastranegara terhitung masih sangat kecil untuk saat ini.

5.2 Penggunaan Model

Pada sub bab ini akan di jelaskan mengenai penerapan model yang telah dibuat terhadap alternatif pengembangan yang direncanakan di Bandar Udara Husein Sastranegara.

Alternatif Pengembangan I

Pada hasil pengujian perhitungan rata-rata statistik dapat terlihat bahwa waktu tunggu entitas pesawat untuk menggunakan *runway* masih dibawah batas yang ditentukan yaitu selama 13 menit, yang artinya saat ini kapasitas Bandar Udara Husein Sastranegara masih belum maksimal. Sehingga masih memungkinkan untuk ditambah beberapa penerbangan sampai waktu tunggu *runway* dan *taxiway* untuk mendarat mencapai 15 menit. Jadwal penerbangan sisipan dapat dilihat pada Tabel 1

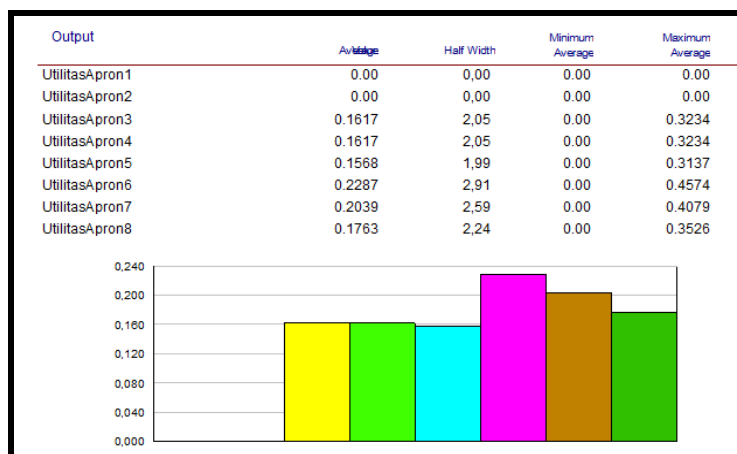
Tabel 1 Jadwal Sisipan

ARRIVAL												
NO.	AIRLINES	FLIGHT NO.	TYPE	FROM	TIME	OPERATION						
						MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT	SUN
DOMESTIC												
1	Susi Air	SI 236	C 208 B	Ciamis	07.45	√	√	√	√	√	√	√
2	Air Asia	QZ 7631	A 320	Surabaya	07.50	√	√	√	√	√	√	√
3	Citilink	QG 926	A 320	Denpasar	08.35	√	√	√	√	√	√	√
4	Express Air	XN 738	B 733	Padang	08.40	√	√	√	√	√	√	√
5	Lion Air	JT 911	B 738	Surabaya	09.20	√	√	√	√	√	√	√
6	Air Asia	QZ 7913	A 320	Denpasar	09.25	√	√	√	√	√	√	√
7	Lion Air	JT 945	B 738	Banjarmasin	09.30	√	√	√	√	√	√	√
8	Air Asia	QZ 7582	A 320	Pekanbaru	09.30	√	√	√	√	√	√	√
9	XXX	XXX	XXX	XXX	09.55	√	√	√	√	√	√	√
10	Lion Air	JT 951	B 738	Surabaya	10.40	√	√	√	√	√	√	√
11	XXX	XXX	XXX	XXX	11.05	√	√	√	√	√	√	√
12	Lion Air	JT 960	B 738	Medan	11.20	√	√	√	√	√	√	√
13	Air Asia	QZ 7987	A 320	Medan	11.05	√	√	√	√	√	√	√
14	Garuda Indonesia	GA 335	B 737	Denpasar	11.40	√	√	√	√	√	√	√
15	Express Air	XN 860	B 733	Pontianak	12.20	√	√	√	√	√	√	√
16	Garuda Indonesia	GA 360	B 738	Surabaya	12.45	√	√	√	√	√	√	√
17	Air Asia	QZ 7917	A 320	Denpasar	13.45	√	-	√	-	√	-	√
18	Wings Air	IW 1811	ATR 72	Jogjakarta	14.00	√	√	√	√	√	√	√
19	XXX	XXX	XXX	XXX	14.15	√	√	√	√	√	√	√
20	Lion Air	JT 905	B 738	Denpasar	14.30	√	√	√	√	√	√	√
21	Citilink	QG 889	A 320	Medan	14.35	√	√	√	√	√	√	√
22	XXX	XXX	XXX	XXX	15.00	√	√	√	√	√	√	√
23	Lion Air	JT 950	B 738	Batam	15.30	√	√	√	√	√	√	√
24	Lion Air	JT 902	B 738	Medan	15.35	√	√	√	√	√	√	√
25	Lion Air	JT 961	B 738	Denpasar	16.10	√	√	√	√	√	√	√
26	Express Air	XN 741	B 737	Palembang	16.20	√	√	√	√	√	√	√
27	Air Asia	QZ 7911	A 320	Denpasar	18.55	√	√	√	√	√	√	√
28	XXX	XXX	XXX	XXX	19.40	√	√	√	√	√	√	√
29	Lion Air	JT 903	B 738	Denpasar	20.25	√	√	√	√	√	√	√
INTERNATIONAL												
1	Air Asia	AK 1328	A 320	Kuala Lumpur	08.05	√	√	√	√	√	√	√
2	Silk Air	MI 192	A 320	Singapura	09.00	-	√	√	√	-	√	-
3	Tiger Airways	TR 2202	A 320	Singapura	11.00	√	√	√	√	√	√	√
4	Air Asia	QZ 8366	A 320	Singapura	11.05	√	√	√	√	√	√	√
5	Air Asia	QZ 152	A 320	Johor Baru	14.05	√	-	√	-	√	-	√
6	Air Asia	QZ 176	A 320	Kuala Lumpur	14.35	-	√	-	√	-	√	-
7	Silk Air	MI 196	A 320	Singapura	15.45	√	-	-	-	√	-	√
8	Air Asia	QZ 178	A 320	Kuala Lumpur	16.05	√	√	√	√	√	√	√
9	Air Asia	QZ 8362	A 320	Singapura	17.55	√	√	√	√	√	√	√
10	Air Asia	QZ 8594	A 320	Kuala Lumpur	21.05	√	√	√	√	√	√	√
11	Air Asia	QZ 8458	A 320	Kuala Lumpur	22.55	√	√	√	√	√	√	√

Setelah jadwal penerbangan ditambah sebanyak 69 rute dalam waktu dua minggu, dari hasil perhitungan statistik dapat terlihat bahwa kapasitas bandara telah mencapai kapasitas jenuh dikarenakan waktu *delay* telah mencapai 13,5 menit.

Waiting Time				
	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Seize Runway 3.Queue	13.5752	172.49	0.00	27.1504
Seize Runway 4.Queue	9.5095	120.83	0.00	19.0190
Seize Runway 5.Queue	7.6585	97.31	0.00	15.3170
Seize Runway 6.Queue	8.7406	111.06	0.00	17.4813
Seize Runway 7.Queue	6.4183	81.55	0.00	12.8365
Seize Runway 8.Queue	12.6096	160.22	0.00	25.2193
Seize Runway for Take Off 3.Queue	11.4595	145.60	0.00	22.9189
Seize Runway for Take Off 4.Queue	14.7248	187.09	0.00	29.4496
Seize Runway for Take Off 5.Queue	10.8704	138.12	0.00	21.7407
Seize Runway for Take Off 6.Queue	12.5317	159.23	0.00	25.0634
Seize Runway for Take Off 7.Queue	10.7567	136.67	0.00	21.5134
Seize Runway for Take Off 8.Queue	9.7129	123.41	0.00	19.4257

Gambar 10 Waktu Antrean Runway Alternatif 1



Gambar 11 Utilitas Apron Alternatif 1

Alternatif Pengembangan 2

Alternatif pengembangan 2 dilakukan dengan menambah satu buah Apron yaitu Apron 9. Penambahan jumlah apron dilakukan untuk melihat apakah terdapat perubahan pada waktu keterlambatan kedatangan dan keberangkatan pesawat serta waktu mengantre di udara. Pada model yang dikembangkan di alternatif 2 ditambahkan satu buah *station* yaitu *station* Apron 9 dan dilakukan perubahan pada modul VBA untuk pemilihan apron.

Dari hasil rekapitulasi statistik dapat terlihat bahwa terdapat pengurangan waktu pesawat mengantre di udara setelah dilakukan penambahan Apron. Waktu mengantre di udara pada awalnya 6,9701 menjadi 6,6346 dan waktu keterlambatan keberangkatan pesawat yang pada awalnya 15,1 menit menjadi 14,6627 menit. Selain itu setelah dilakukan penambahan apron terjadi pengurangan waktu mengantre di udara dari yang awalnya 6,69 menit menjadi 6,63 menit. Sementara untuk utilitas apron menjadi berkurang setelah dilakukan penambahan apron.

5.3 Analisis

Berdasarkan hasil perhitungan statistik untuk utilitas apron saat ini masih cukup kecil, hal ini dikarenakan jadwal penerbangan di bandara Husein Sastranegara hanya sibuk pada jam-jam tertentu dan lebih banyak pada jam 09.00-17.00. Jam tersebut merupakan waktu yang disukai oleh maskapai karena dianggap merupakan jam ideal untuk melakukan perjalanan. Sehingga pada saat ini jadwal penerbangan di Bandar Udara Husein Sastranegara belum merata. Pemerataan jadwal penerbangan di Bandara Udara Husein Sastranegara sendiri cukup sulit dilakukan karena minat maskapai penerbangan pada waktu selain jam 09.00-17.00 sangat kecil.

Penambahan jumlah fasilitas satu buah Apron tidak memberikan pengaruh yang begitu signifikan terhadap keterlambatan kedatangan dan keberangkatan pesawat, waktu keterlambatan hanya berkurang tidak lebih dari satu menit. Artinya penambahan satu buah Apron bukan merupakan alternatif yang terbaik yang dapat dilakukan untuk pihak bandara. Selain harus melakukan investasi yang besar, untuk utilitas Apron akan menjadi sangat kecil. Karena pemakaian apron hanya pada jam-jam tertentu dan pada jam lainnya cenderung tidak terpakai. Sehingga rencana pengembangan bandar udara dengan menambah jumlah fasilitas Apron kurang memberikan keuntungan bagi pihak bandara serta pihak maskapai karena hanya berpengaruh kecil terhadap keterlambatan.

6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian tugas akhir ini diantaranya : model simulasi yang dibuat dapat digunakan untuk menganalisis kapasitas bandar udara Husein Sastranegara, berdasarkan model simulasi alternatif pengembangan 1 kapasitas bandar udara husein sastranegara mencukupi untuk menambah jumlah penerbangan hingga 69 penerbangan dalam waktu 2 minggu, penambahan satu buah Apron dapat mengurangi waktu mengantre di udara serta waktu keterlambatan keberangkatan pesawat.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian pengembangan bandar udara Husein Sastranegara dapat dilakukan dengan menambah jumlah penerbangan. Selain itu pengembangan juga dapat dilakukan dengan memperluas ukuran Apron sehingga mengurangi jumlah pemakaian *pushback* yang dapat berakibat pada keterlambatan kedatangan pesawat. sementara saran untuk penelitian selanjutnya adalah model analisis kapasitas bandara dapat digabungkan dengan pemodelan kapasitas terminal dan kegiatan *passanger* dan perhitungan keterlambatan kedatangan dan keberangkatan dapat di pisah permaskapai penerbangan.

REFERENSI

Daellenbach, Hans G.. 1994. *Systems and Decision Making : A Management Science Approach*. John Wiley & Sons Inc.

Hutagaol, Desmond. 2012. *Pengantar Penerbangan Perspektif Profesional*. Erlangga.

Kelton, W. David, R.P. Sadowski dan D.T. Sturrock. 2007. *Simulation with Arena*, 4th ed.. McGraw-Hill.

Law, Averill M. 2007. *Simulation Modeling and Analysis*, 4th ed.. McGraw-Hill.

Simatupang. 1995. *Pemodelan Sistem*. Nindita Klaten.