

# Model Simulasi Sistem Antrean *Elevator*\*

**MOCHAMAD IQBAL NASHRULHAQ, CAHYADI NUGRAHA, ARIF IMRAN**

Jurusan Teknik Industri  
Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung

Email : iqbalnash@gmail.com

## **ABSTRAK**

*Sistem antrean elevator terdiri dari proses kedatangan penumpang untuk dilayani elevator, menunggu dilayani jika elevator sibuk, mendapatkan pelayanan, dan kemudian meninggalkan sistem setelah dilayani. Sistem antrean elevator merupakan sebuah sistem yang kompleks sehingga sulit untuk dianalisis performansinya dengan menggunakan model matematika analitik. Makalah ini menyajikan suatu model simulasi untuk menganalisis sistem antrean elevator. Model simulasi tersebut dikembangkan dalam perangkat lunak Arena dan telah dilakukan verifikasi, pengujian logikanya, serta telah dikembangkan sampai dengan sistem yang terdiri dari tiga elevator dan delapan lantai. Model masih bisa dikembangkan lagi untuk jumlah elevator paralel, jalur antrean, dan jumlah lantai yang lebih banyak. Model simulasi ini menghasilkan output ukuran performansi yang terdiri dari ekspektasi waktu tunggu, ekspektasi panjang antrean, dan utilisasi elevator, yang dapat digunakan untuk menganalisis beberapa alternatif rancangan sistem layanan elevator.*

**Kata kunci:** Antrean, Elevator, Model, Simulasi

## **ABSTRACT**

*The elevator queueing system comprises the arrival process of passengers to be served by the elevators, waiting to be served if the elevators are busy, getting service, and then leaving the system after being served. The elevator queueing system is a complex system that is difficult to be analyzed by using an analytical mathematical model. This paper presents a simulation model for analyzing elevator queueing system. This simulation model is developed in the Arena software and has been verified, logically tested, and extended to model a system with three elevators and eight floors. The model is possible to be extended to include more numbers of parallel elevators, queueing lines, and floors. This simulation model has outputs of performance measures that consists of expected waiting time, expected queue length, and elevators utilization, which can be used for analyzing some design alternatives of elevator service system.*

**Keywords:** Queue, Elevator, Model, Simulation

---

\* Makalah ini merupakan ringkasan dari Tugas Akhir yang disusun oleh penulis pertama dengan bimbingan 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

*Elevator* adalah alat transportasi yang digunakan untuk memindahkan orang-orang secara vertikal antar lantai-lantai pada suatu bangunan. Sistem antrean *elevator* akan membentuk suatu antrean jika terdapat satu atau beberapa penumpang yang belum dapat dilayani oleh *elevator*. Permasalahan mengenai antrean dapat diselesaikan dengan menambah jumlah *elevator* jika pemilik gedung bersedia berinvestasi. Antrean akan berkurang dan pengguna tidak harus menunggu lama. Namun sebagai penyedia *elevator*, jika menambah unit *elevator* dapat memunculkan pertanyaan baru yaitu apakah investasi tersebut sebanding dengan besarnya utilisasi *elevator* yang diharapkan.

Sistem antrean adalah kedatangan pelanggan untuk mendapatkan pelayanan, menunggu untuk dilayani jika fasilitas pelayanan (*server*) masih sibuk, mendapatkan pelayanan dan kemudian meninggalkan sistem setelah dilayani (Grosset *al.*, 2008). Berbeda dengan sistem antrean yang sederhana dimana satu unit pelayan (*server*) melayani pelanggan secara satu persatu, sistem antrean *elevator* memiliki karakteristik yang lebih kompleks, yaitu satu pelayan (*server*) melayani lebih dari satu pelanggan dalam waktu bersamaan serta saat kapasitas layanan server tersedia belum tentu dapat segera melayani pelanggan karena *elevator* masih berada lantai yang lain atau arah perjalanan yang lain.

### 1.2 Identifikasi Masalah

Penyelesaian masalah sistem antrean *elevator* berbeda dengan menyelesaikan masalah sistem antrean yang sederhana. Sistem antrean *elevator* merupakan sistem yang kompleks. Model-model antrean analitik yang tersedia pada Grosset *al.* (2008) tidak cocok untuk memodelkan sistem antrean *elevator*, sehingga dibutuhkan model simulasi untuk bisa menganalisisnya. Model simulasi adalah alternatif yang tepat dalam menggambarkan suatu sistem yang kompleks, terutama ketika model matematik analitik sulit dilakukan (Law, 2007). Simulasi yang cocok digunakan adalah berupa *discrete-event simulation*, karena setiap perubahan suatu status pada sistem dipicu oleh suatu kejadian (*event*).

Telah ada usaha memodelkan sistem antrean *elevator* pada contoh aplikasi perangkat lunak Arena (Rockwell Automation, 2012), tetapi terdapat keterbatasan yaitu model hanya terdiri dari sistem satu *elevator* dengan satu antrean dan empat lantai. Oleh karena itu, dibutuhkan pengembangan model simulasi yang dapat memodelkan *elevator* yang lebih dari satu unit serta jumlah lantai yang lebih banyak.

Makalah ini menyajikan hasil penelitian mengenai model simulasi untuk menganalisis sistem antrean *elevator*. Analisis tersebut berupa ekspektasi waktu pengguna menunggu *elevator*, ekspektasi panjang antrean ketika menunggu *elevator*, dan ekspektasi tingkat utilisasi setiap *elevator*.

## 2. STUDI LITERATUR

### 2.1 Sistem

Sebuah sistem didefinisikan sebagai kumpulan dari entitas, seperti manusia atau mesin, yang saling berinteraksi satu sama lain sehingga menghasilkan suatu logika tertentu (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.

## 2.2 Model Dan Model Simulasi

Model didefinisikan sebagai suatu perwakilan atau abstraksi dari sebuah objek atau situasi aktual (Daellenbach, 1994). 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 merupakan tiruan proses operasi dari sebuah kondisi nyata atau sistem dari waktu ke waktu (Bankset *al*, 2004). 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).

*Discrete event simulation* adalah suatu jenis simulasi yang sistemnya berkembang dari waktu ke waktu oleh representasi dimana status variabel berubah seketika pada titik-titik yang terpisah dalam waktu. Titik waktu tersebut merupakan suatu peristiwa yang terjadi, dimana peristiwa yang terjadi didefinisikan sebagai suatu kejadian yang dapat mengubah keadaan dalam sistem.

Membangun model simulasi dapat dilakukan menggunakan *spreadsheet*, bahasa pemrograman umum, bahasa simulasi, dan menggunakan perangkat lunak simulasi (*simulationpackage*) (Kelton, *et al.*, 2007). Salah satu perangkat lunak simulasi adalah Arena (Rockwell Automation, 2012). Arena mengombinasikan kegunaan dari simulator tingkat tinggi dengan fleksibilitas dari bahasa simulasi SIMAN dan dapat saja ditambahkan logika menggunakan bahasa pemrograman umum (VBA, C, C++). Model simulasi dalam Arena terdiri dari modul-modul *flowchart* dan modul-modul data. Modul-modul *flowchart* berfungsi memodelkan logika sistem sedangkan modul-modul data berfungsi mendefinisikan komponen-komponen dari sistem yang dimodelkan.

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian ini dijabarkan dalam langkah-langkah sebagai berikut:

### Langkah 1 Pendefinisian Masalah dan Lingkup Penelitian

Pada langkah ini dilakukan identifikasi masalah, penentuan tujuan penelitian, penentuan batasan-batasan masalah, dan asumsi yang dilakukan dalam penelitian ini.

### Langkah 2 Studi Literatur

Pada langkah ini dilakukan pengumpulan dan pemahaman mengenai teori yang menunjang dalam pembuatan model simulasi antrean *elevator*. Teori yang

digunakan diantaranya, pengertian model, pengertian sistem, pengertian simulasi, dasar teori antrean, dan teori dalam pembuatan simulasi menggunakan perangkat lunak Arena.

### **Langkah 3 Pengembangan Model Simulasi**

Langkah ini dilakukan identifikasi terhadap masalah dengan tujuan mempelajari contoh model simulasi agar mengetahui bagian mana yang harus dikembangkan. Pengembangan dilakukan terhadap sebuah model acuan yaitu model satu *elevator* dengan empat lantai yang terdapat di contoh perangkat lunak Arena. Pengembangan awal yang dilakukan adalah menambah jumlah *elevator* dari satu buah menjadi dua dengan jumlah lantai yang sama, yaitu empat. Selain itu dilakukan penambahan logika pengoperasian *elevator*, dimana penumpang yang berada di antrean sebelah dapat berpindah ke antrean lainnya. Hal yang dilakukan setelah model simulasi dibuat adalah melakukan verifikasi dengan tujuan memastikan apakah model tersebut sesuai dengan logika yang diinginkan pemodel. Pengembangan lebih lanjut untuk jumlah elevator dan lantai yang lebih banyak dilakukan di Langkah 4.

### **Langkah 4 Pengujian Model**

Pada langkah ini dilakukan pengujian yang terdiri dari pengujian perubahan parameter pada model dasar dan pengujian kemampuan pengembangan model dasar. Pengujian perubahan parameter pada model dasar bertujuan melihat kelogisan *output* yang dihasilkan model. Pengujian ini dilakukan dengan cara mengubah input selang waktu kedatangan dan melihat output berupa waktu tunggu, panjang antrean, dan utilisasi *elevator*. Pengujian lain yang dilakukan adalah pengujian kemampuan pengembangan model dasar untuk mengetahui apakah model dasar dapat digunakan pada berbagai sistem di dunia nyata yang lebih kompleks. Pada pengujian ini model simulasi dikembangkan lagi lebih lanjut sampai dengan sistem yang terdiri dari tiga elevator dan delapan lantai, dimana setiap elevator melayani jangkauan lantai yang berbeda.

### **Langkah 5 Analisis**

Analisis yang dilakukan adalah memberikan contoh penggunaan model dengan cara membandingkan alternatif-alternatif dari suatu contoh kondisi sistem nyata. Analisis selanjutnya merupakan identifikasi terhadap model yang telah dibuat. Identifikasi ini bertujuan melihat apakah kondisi yang benar-benar terjadi pada sistem nyata telah tercakup dalam model simulasi.

### **Langkah 6 Penarikan Kesimpulan Dan Saran**

Berdasarkan tujuan penelitian, pengembangan model, pengujian model dan analisis, maka pada langkah ini dilakukan penarikan kesimpulan. Saran yang diberikan merupakan beberapa poin yang dirasa masih kurang dalam pengembangan model simulasi sistem antrean *elevator*.

## **4. PENGEMBANGAN MODEL**

### **4.1 Deskripsi Umum Sistem Antrean *Elevator***

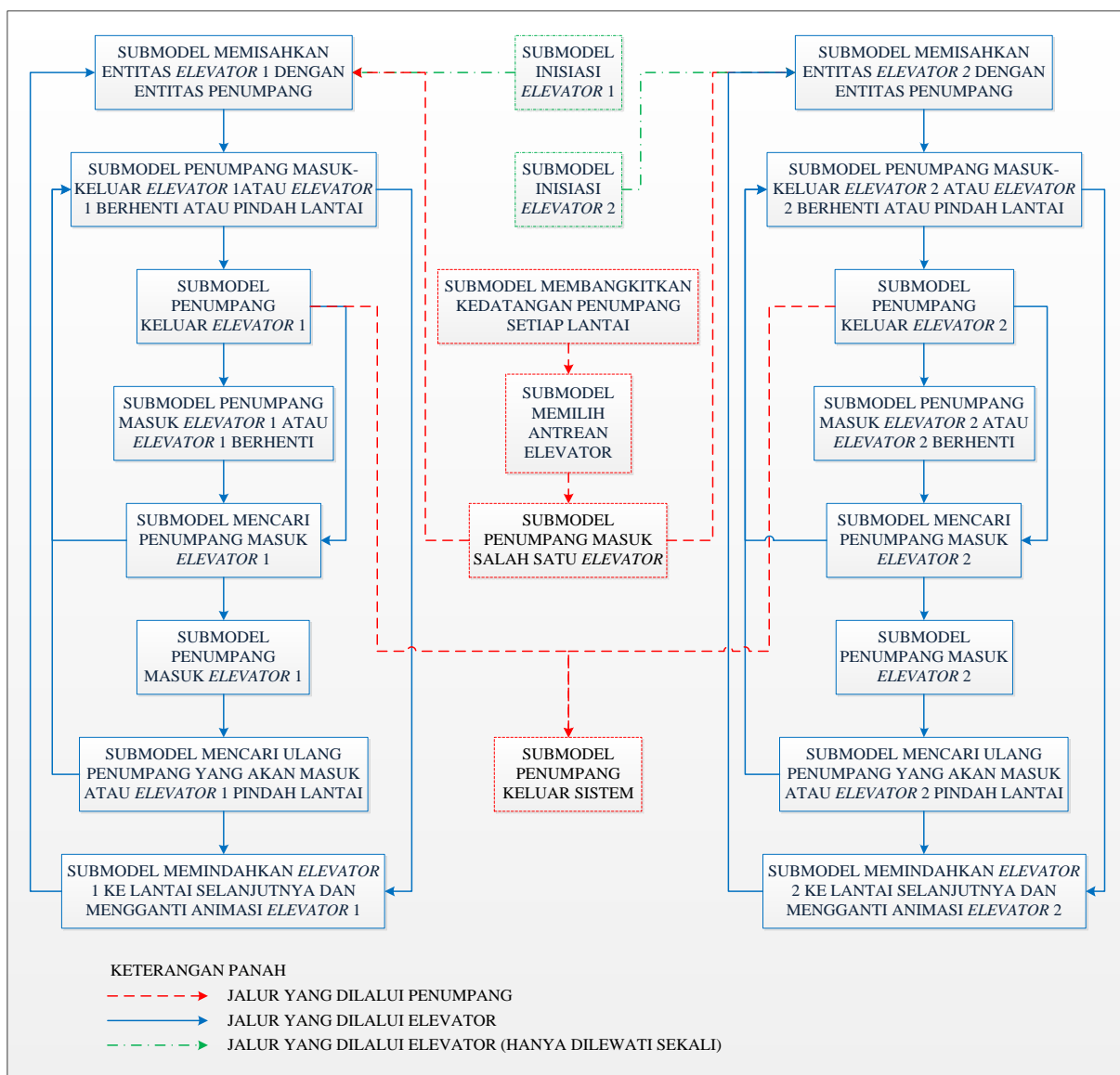
Sebuah sistem antrean terdapat dua entitas yang saling berhubungan untuk mencapai suatu tujuan, entitas tersebut terdiri dari penumpang dan *elevator*. Penumpang yang akan menggunakan *elevator* dihadapkan pada dua pilihan, pertama yaitu langsung masuk, dan kedua yaitu penumpang menunggu. Peluang penumpang menunggu *elevator* akan besar jika jumlah lantai sangat banyak karena perjalanan *elevator* lebih lama. Akibatnya menghasilkan

satu kejadian yaitu terbentuknya satu antrian. *Elevator* akan melayani setiap penumpang yang memasuki sistem dan berada dalam antrian.

Dalam penelitian ini, kedatangan pelanggan di setiap lantai dianggap independen (saling bebas). Maksudnya adalah kedatangan pelanggan di setiap lantai dibangkitkan secara sendiri-sendiri. Kapasitas *elevator* dalam penelitian ini dinyatakan dalam banyak penumpang maksimum yang bisa diangkut.

#### 4.2 Pengembangan Konsep Model

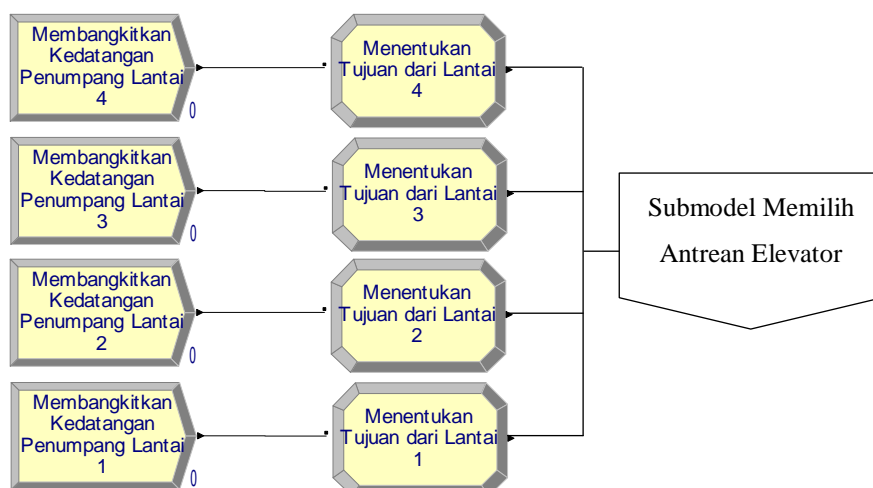
Sebagai langkah awal, model simulasi yang dikembangkan adalah model untuk sistem yang terdiri dari 2 *elevator* dengan 4 lantai. Model tersebut selanjutnya disebut dengan "Model Dasar". Konsep model dasar yang dikembangkan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Konsep Model

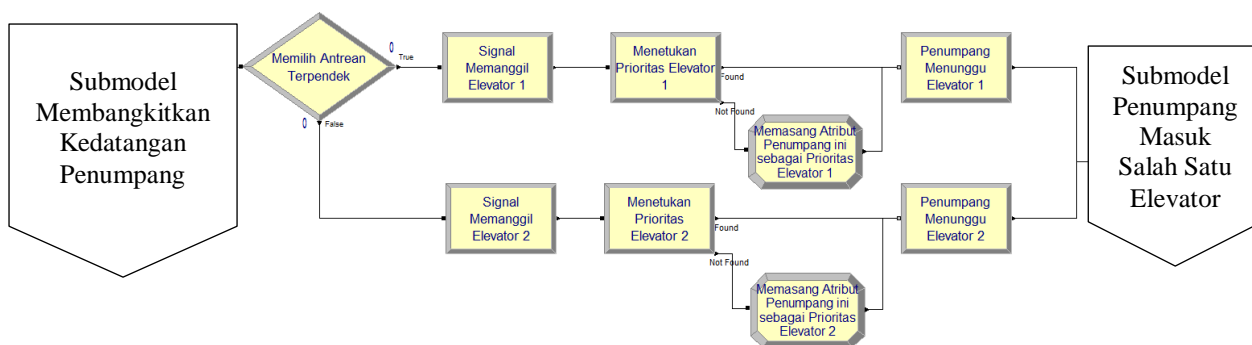
### 4.3 Pengembangan Model Rinci

Pengembangan model ini merupakan hasil imlementasi dari pengembangan konsep model pada perangkat lunak Arena (Rockwell Automation, 2012). Model dikembangkan dari acuan contoh model pada perangkat lunak Arena. Setiap submodel yang terlihat pada Gambar 1, kerangka konsep model, akan dirinci menjadi suatu model *flowchart* Arena. Sebagai contoh, logika untuk membangkitkan penumpang untuk keempat lantai. Skema submodel membangkitkan penumpang dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2. Submodel Membangkitkan Kedatangan Penumpang**

Pembangkitan dilakukan pada setiap lantai dengan input interval waktu antar kedatangan penumpang yang berdistribusi eksponensial. Setiap penumpang yang masuk sistem akan diberikan atribut berupa lantai mana yang menjadi tujuan. Contoh logika yang dikembangkan lainnya adalah pemilihan antrean antara *elevator-1* dengan *elevator-2*. Skema submodel memilih antrean *elevator* dapat dilihat pada Gambar 3.



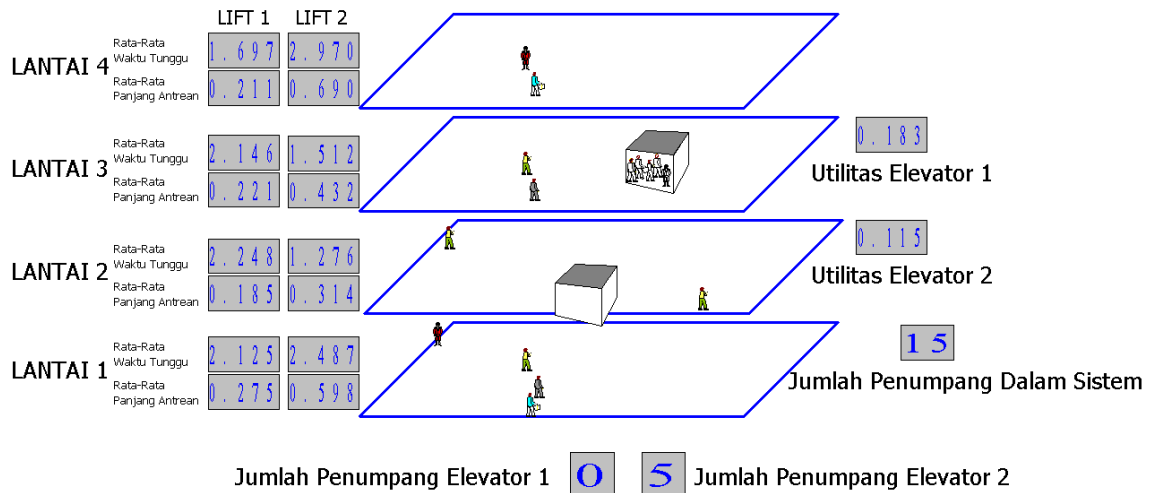
**Gambar 3. Memilih Antrean Elevator**

Logika pemilihan antrean *elevator* adalah bagian ketika penumpang harus menentukan *elevator* mana yang harus dipilih. Penentuan tersebut terjadi ketika penumpang akan masuk *elevator* yang harus searah dengan arah perjalanan *elevator*. Selain itu, penumpang akan memilih antrean berdasarkan kapasitas yang tersedia pada *elevator*.

Penjelasan model dasar secara lengkap dalam bentuk modul *flowchart* dan modul data Arena dapat dilihat di Nashrulhaq (2013).

#### 4.4 Verifikasi Model Dasar

Verifikasi bertujuan untuk memeriksa apakah model simulasi konseptual (diagram alur dan asumsi) yang dibuat telah berhasil diterjemahkan sesuai dengan logika yang direncanakan oleh pemodel (Law, 2007). Salah satu cara adalah dengan menjalankan simulasi secara *breakpoint&step-by-step*, kemudian memeriksa nilai-nilai pada variabel simulasi dan memeriksa animasi model. Animasi model dasar dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Animasi Model Dasar

Selain dengan cara *breakpoint, step-by-step*, dan melihat animasi, verifikasi dapat dilakukan dengan membandingkan perhitungan manual. Perhitungan manual dilakukan untuk mencari nilai ukuran performansi dari rata-rata waktu tunggu, rata-rata panjang antrean, dan utilisasi *elevator*. Tabel 1 adalah hasil perhitungan ukuran performansi yang dilakukan secara manual dan oleh perangkat lunak Arena. Dari Tabel 1 tersebut dapat dilihat bahwa model simulasi telah terverifikasi dibandingkan dengan perhitungan manual. Untuk mempermudah perhitungan manual, maka model simulasi sistem antrean *elevator* diatur menjadi:

- Kedatangan penumpang hanya 1 dari lantai 4.
- Tujuan penumpang adalah lantai 1.
- Posisi *elevator* berada di lantai 1.
- Simulasi dijalankan selama 10 menit.

Tabel 1. Perhitungan Ukuran Performansi Oleh Arena

UKURAN PERFORMANSI	PERHITUNGAN MANUAL	PERHITUNGAN ARENA	SATUAN
Rata-Rata Waktu Tunggu	3.6667	3.6667	Menit
Rata-Rata Panjang Antrean	0.3667	0.3667	Penumpang
Utilisasi <i>Elevator</i>	0.0400	0.0400	-

### 5. PENGUJIAN MODEL DAN ANALISIS

#### 5.1 Pengujian Model

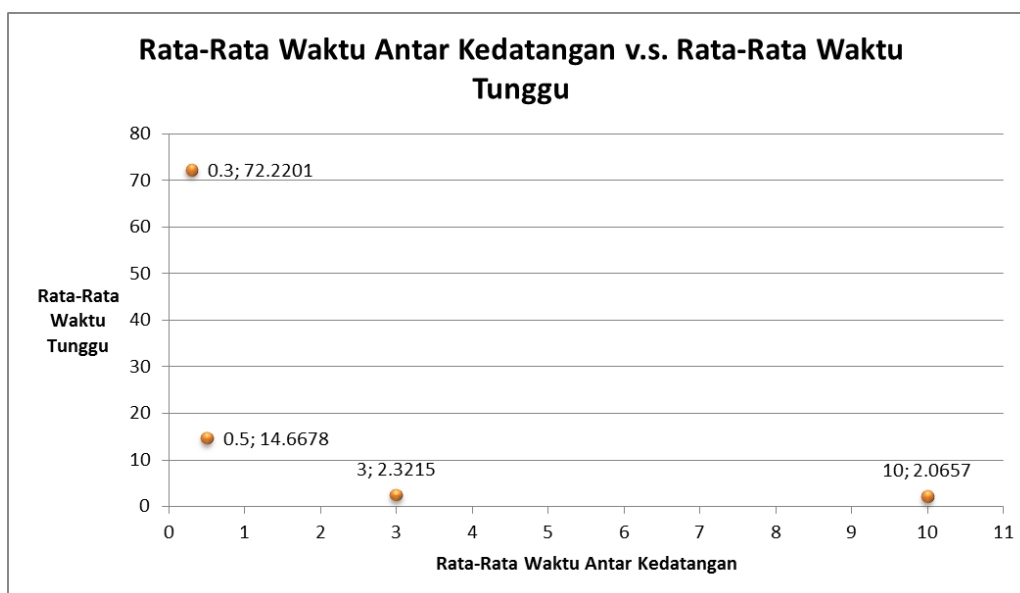
Pengujian pertama adalah pengujian perubahan parameter pada model dasar dengan tujuan melihat kelogisan *output* yang dihasilkan model. Perubahan *input* parameter dilakukan dalam empat scenario seperti terlihat pada Tabel 2.

**Tabel 2. Perbedaan Parameter Keempat Skenario**

NOMOR SKENARIO	DESKRIPSI SKENARIO	PARAMETER <sup>*)</sup>
Skenario 0	Model Dasar	$\beta = 2.5$ menit
Skenario 1	Populasi Penumpang Sangat Rendah	$\beta = 10$ menit
Skenario 2	Populasi Penumpang Mendekati Rendah	$\beta = 3$ menit
Skenario 3	Populasi Penumpang Mendekati Tinggi	$\beta = 0.5$ menit
Skenario 4	Populasi Penumpang Sangat Tinggi	$\beta = 0.3$ menit

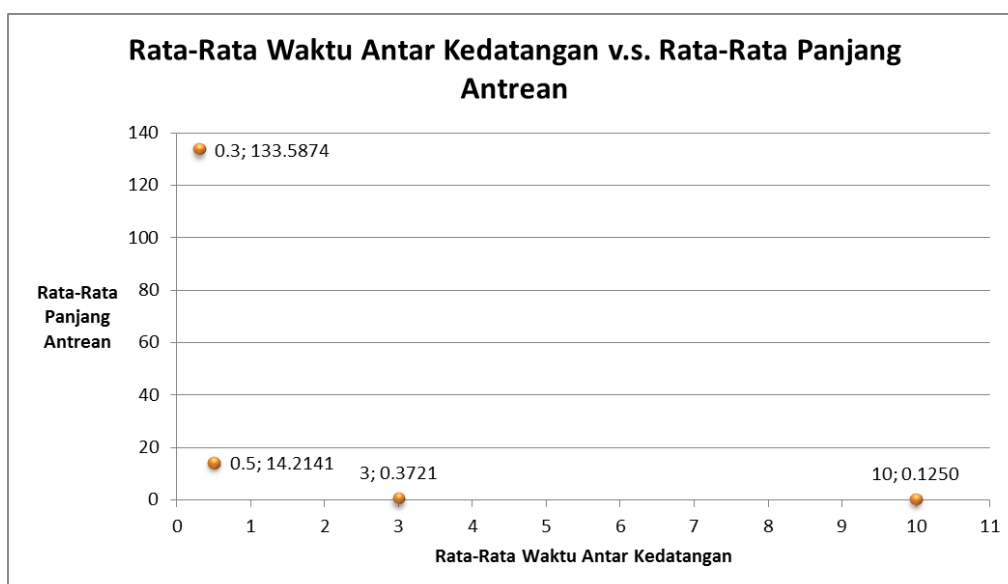
\*) Parameter beta ( $\beta$ ) adalah rata-rata waktu antar kedatangan penumpang di setiap lantai yang berdistribusi Eksponensial

Gambar 5 merupakan representasi dari perbandingan besarnya selang waktu antar kedatangan (distribusi Eksponensial) dengan rata-rata waktu tunggu.



**Gambar 5. Diagram Rata-Rata Waktu Antar Kedatangan v.s. Rata-Rata Waktu Tunggu**

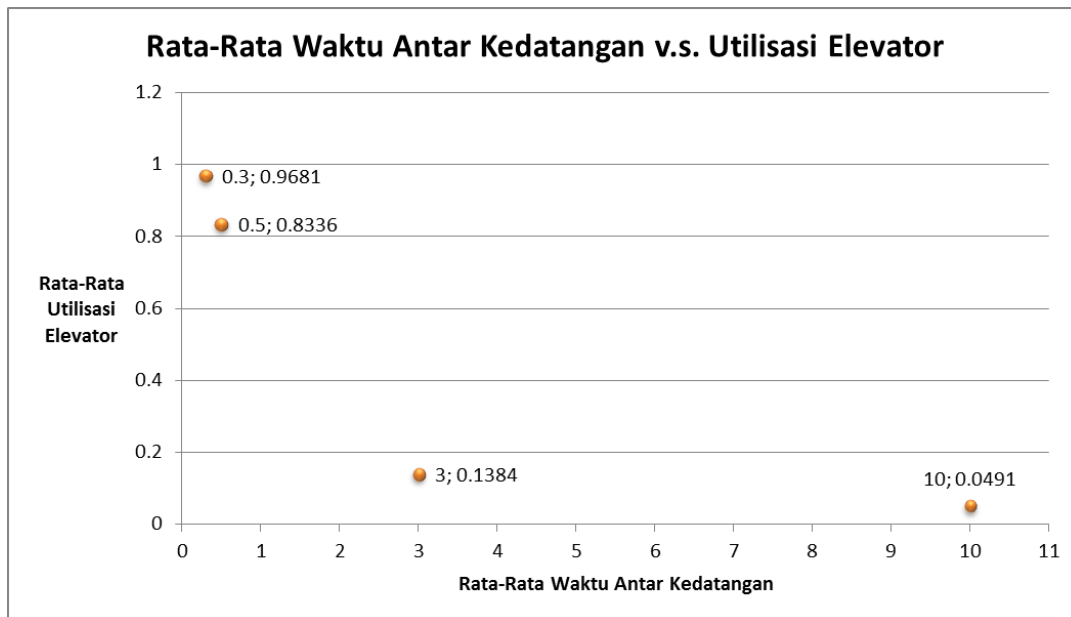
Gambar 6 merupakan representasi dari perbandingan besarnya selang waktu antar kedatangan (distribusi eksponensial) dengan rata-rata panjang antrean.



**Gambar 6. Diagram Rata-Rata Waktu Antar Kedatangan v.s. Rata-Rata Panjang Antrean**



Gambar 7 merupakan representasi dari perbandingan besarnya selang waktu antar kedatangan (distribusi Eksponensial) dengan rata-rata utilisasi *elevator*.



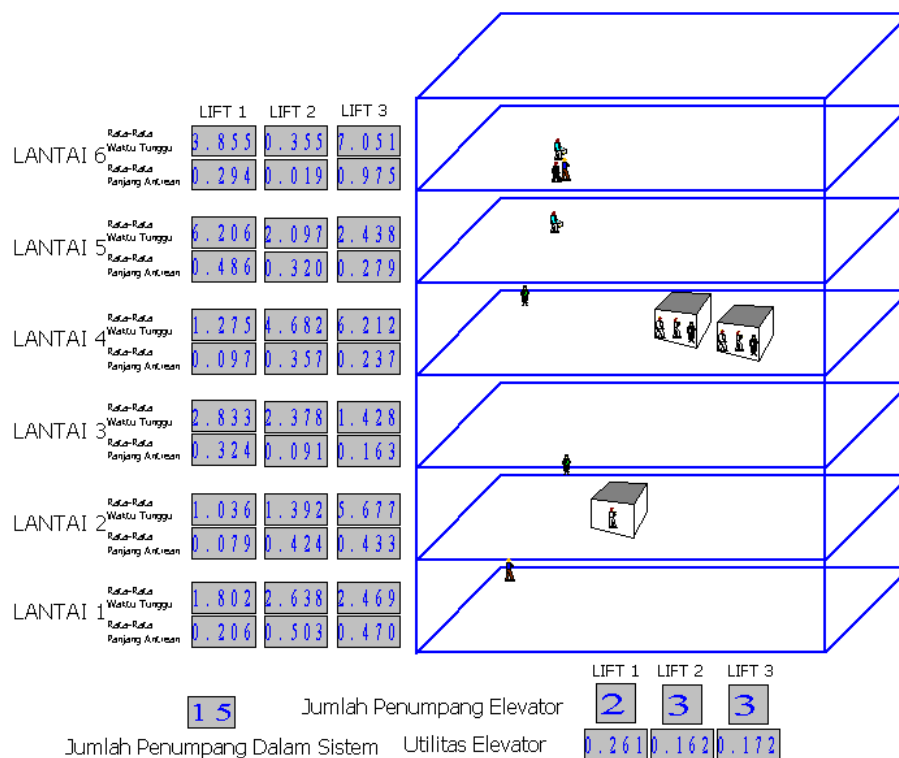
**Gambar 7. Diagram Rata-Rata Waktu Antar Kedatangan v.s. Rata-Rata Utilisasi Elevator**

Berdasarkan *output* yang dihasilkan dapat ditarik kesimpulan mengenai kelogisan *output* yang dihasilkan model. Hubungan keterkaitan antara selang waktu antar kedatangan penumpang yang berdistribusi eksponensial dengan besarnya ketiga ukuran performansi adalah berbanding terbalik. Jika selang waktu antar kedatangan naik maka rata-rata waktu tunggu, rata-rata panjang antrian, dan utilisasi *elevator* akan turun.

Pengujian kedua adalah pengujian kemampukembangan model dasar dengan tujuan model. Bagian ini berfungsi untuk menguji apakah 'Model Dasar' yang telah dibuat dapat diekstensi (dikembangkan lagi) dari segi jumlah *elevator* dan jumlah lantai. Proses ekstensi dibagi menjadi 3 tahap, yang terdiri dari:

- Tahap I. Penambahan Jumlah Lantai
  - ✓ Misalkan model dasar yang lantainya berjumlah 4 akan ditambah menjadi 6 lantai.
- Tahap II. Penambahan Jumlah *Elevator*
  - ✓ Misalkan model dasar yang *elevator*nya berjumlah 2 akan ditambah menjadi 3 *elevator*.
- Tahap III. Pelayanan *Elevator* Yang Tidak Identik (Setiap *Elevator* tidak melayani lantai yang sama)
  - ✓ Misalkan model dasar akan dibuat menjadi tiga *elevator* dan delapan lantai. *Elevator-1* akan melayani lantai 1 hingga 4, *elevator-2* melayani seluruh lantai, dan *elevator-3* melayani lantai 5 hingga 8.

Model simulasi hasil pengujian kemampukembangan telah berhasil dilakukan, sebagai bukti disajikan pada Gambar 8 yang merupakan animasi dari model tahap II. Pada Gambar 8 terbukti bahwa model dasar yang pada awalnya memiliki 2 *elevator* diekstensi menjadi 3 *elevator* dengan jumlah lantai diekstensi menjadi 6 lantai.



**Gambar 8. Model Simulasi 3 Elevator Dengan 6 Lantai**

## 5.2 Analisis

Model yang dikembangkan telah teruji karena berhasil dalam uji kelogisan dan kemampukembangannya. Langkah selanjutnya adalah membuat contoh penggunaan model untuk membandingkan dua buah alternatif rancangan sistem. Contoh kasusnya adalah membandingkan alternatif kondisi sistem 2-elevator dengan sistem 3-elevator untuk melayani gedung yang sama. Tabel 3 merupakan hasil pengujian menggunakan analisis berpasangan 2-elevator dibandingkan dengan 3-elevator. Contoh penerapan lain yang dilakukan misalnya membandingkan alternatif desain 2-elevator dengan kapasitas masing-masing 15 orang dengan 3-elevator dengan kapasitas masing-masing 10 orang.

**Tabel 3. Contoh Hasil Pengujian Analisis Berpasangan 2-Elevator v.s. 3-Elevator**

UKURAN PERFORMANSI	NILAI ESTIMASI $\mu_1$ : 2-Elevator $\mu_2$ : 3-Elevator	KESIMPULAN
Waktu Tunggu	$22.0928 < (\mu_1 - \mu_2) < 31.6884$	Terdapat perbedaan yang signifikan dimana waktu tunggu model simulasi 2 elevator lebih besar dari model simulasi 3 Elevator
Panjang Antrean	$12.7481 < (\mu_1 - \mu_2) < 17.7413$	Terdapat perbedaan yang signifikan dimana panjang antrean model simulasi 2 elevator lebih panjang dari model simulasi 3 Elevator
Utilisasi Elevator	$0.1997 < (\mu_1 - \mu_2) < 0.2193$	Terdapat perbedaan yang signifikan dimana utilisasi elevator model simulasi 2 elevator lebih tinggi dari model simulasi 3 Elevator
<b>Kesimpulan:</b> Penambahan elevator dari 2 menjadi 3 akan secara signifikan memperbaiki performansi sistem walaupun terjadi penurunan performansi dalam utilisasi		

## 6. KESIMPULAN

### 6.1 Kesimpulan

Penelitian ini telah menghasilkan model simulasi untuk menganalisis sistem antrean *elevator* yang bersifat paralel. Setelah dilakukan verifikasi dan pengujian dapat disimpulkan bahwa model simulasi sistem antrean *elevator* telah menggambarkan perilaku yang sesuai dengan kondisi nyata. Model ini dapat digunakan sebagai alat pembanding untuk membandingkan alternatif mengenai jumlah *elevator* dan kapasitas *elevator*.

### 6.2 Saran

Beberapa saran untuk pengembangan selanjutnya adalah memasukan bagian dimana kondisi pada sistem nyata belum terpenuhi dalam penelitian yang dilakukan. Kondisi-kondisi yang belum terpenuhi terdiri dari:

- *Elevator* menggunakan pengukuran kapasitas berat total dari penumpang yang masuk *elevator*.
- Kondisi pembagian daerah pelayanan lantai yang diterapkan pada penelitian ini bersifat sederhana padahal dalam kondisi nyata sudah ada sistem *elevator* dengan kondisi tersebut yang bersifat kompleks.
- *Elevator* tidak bisa melayani penumpang pada jam-jam tertentu sesuai kebutuhan.
- Proses *reneging* atau kejadian dimana seorang penumpang telah masuk antrean lalu meninggalkan antrean sebelum dilayani. Proses tersebut belum bisa diimplementasikan pada model ini.
- Proses *balking* atau kejadian dimana calon penumpang telah masuk sistem namun menolak untuk masuk antrean. Proses tersebut belum bisa diimplementasikan pada model ini.
- Tempat antrean pada pengembangan ini tidak terbatas padahal pada kondisi nyata antrean dibatasi oleh tempat menunggu *elevator*.
- Dimensi *elevator* tidak mempengaruhi spesifikasi pelayanan yang diberikan kepada penumpang. Pada kondisi nyata, spesifikasi *elevator* mempengaruhi kapasitas *elevator* dan kecepatan *elevator* untuk berpindah lantai.

## REFERENSI

Banks, J., J.S. Carson II, B.L. Nelson, D.M. Nicol. (2004). '*Discrete-Event System Simulation*, 4<sup>th</sup> ed.', Prentice-Hall.

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

Gross, D., J.F. Shortle, J.M.Thompson, C.M.Haris. (2008). '*Fundamentals of Queueing Theory*, 4<sup>th</sup> ed.'. John Wiley & Sons Inc..

Kelton, W.D., R.P. Sadowski dan D.T. Sturrock. (2007). '*Simulation with Arena*, 4<sup>th</sup> ed.'. McGraw-Hill.

Law, A.M. (2007). '*Simulation Modeling and Analysis*, 4<sup>th</sup> ed.'. McGraw-Hill.

Rockwell Automation. (2012). '*Getting Started with Arena*'. Rockwell Automation.