

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Tinjauan Pustaka berisi tentang konsep-konsep dan teori-teori yang mendukung penelitian serta mendasari metode-metode yang dipakai dalam pemecahan masalah.

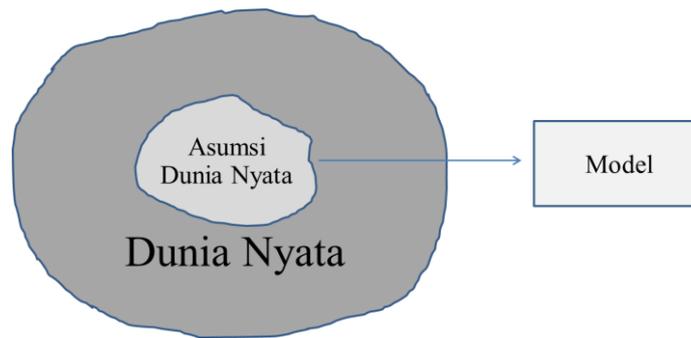
Dalam tinjauan pustaka dimuat uraian sistematis tentang hasil-hasil penelitian yang didapat oleh peneliti terdahulu dan yang ada hubungannya dengan penelitian yang akan dilakukan. Fakta-fakta yang dikemukakan adalah sejauh mungkin diambil dari sumber aslinya. Semua sumber yang dipakai sebagai acuan harus disebutkan.

Tinjauan pustaka disusun untuk memecahkan masalah penelitian dan untuk merumuskan hipotesis. Tinjauan pustaka dapat berupa uraian kualitatif model matematis, atau persamaan-persamaan yang langsung berkaitan dengan permasalahan yang diteliti. Kemudian dibuat hipotesis yang memuat pernyataan singkat yang disimpulkan dari tinjauan yang merupakan jawaban sementara terhadap permasalahan yang dihadapi.

#### **2.1 Model**

Model adalah representasi dari konstruksi, dan kerja dari suatu sistem. Model mirip dengan sistem yang diwakilinya tetapi lebih sederhana dari sistem tersebut. Gambar 2.1 menunjukkan tingkat abstraksi yang menggambarkan pengembangan sebuah model. Asumsi dibuat dari situasi yang nyata dengan berkonsentrasi hanya pada variabel dominan yang mengontrol perilaku dari sebuah sistem yang nyata. Model diupayakan dalam tingkatan tertentu yang dapat diterima untuk dapat merepresentasikan perilaku dari asumsi atas dunia nyata.

Tujuan model salah satunya adalah untuk membantu analisis memprediksi pengaruh dan perubahan sistem. Model dapat berguna jika model tersebut dibangun dengan baik dan benar.



Gambar 2.1 Tingkat abstraksi dalam pengembangan model (Taha, 2011).

Menurut Arifin, Miftahol (2009:12) Model dapat didefinisikan sebagai proses penggambaran operasi sistem nyata untuk menjelaskan atau menunjukkan relasi-relasi penting yang terlibat. Sistem nyata dapat dikelola menjadi model. Ada 4 (empat) jenis model berdasarkan model simbolik (Arifin, Miftahol. 2009:15) yaitu:

1) Model Skokastik adalah model yang mencakup distribusi kemungkinan untuk input dan memberikan serangkaian nilai dari sekurang-kurangnya satu variabel output dengan probabilitas yang berkaitan pada tiap nilai.

Contoh: waktu kedatangan pelanggan dan waktu antrian pelanggan

2) Model Deterministik adalah model yang digunakan untuk memecahkan suatu persoalan dalam situasi yang pasti.

Contoh: proses kimia, peta dan lain sebagainya

3) Model Statis adalah model yang berhubungan dengan keadaan sistem pada suatu saat tidak mempertimbangkan perubahan waktu. Biasanya hanya melibatkan pembangkitan bilangan random untuk menjalankan simulasi.

Contoh: Penganggaran keuangan Universitas, Penentuan jumlah persediaan di gudang dan lain sebagainya.

4) Model Dinamis adalah model yang berkaitan dengan keadaan sistem dalam waktu yang berkelanjutan, mengandung proses perubahan setiap saat akibat suatu aktivitas.

Contoh: Simulasi layanan perbankan yang buka dari pukul 08.00 sampai pukul 15.00.

Kegunaan model antara lain :

1. Eksperimen yang dilakukan pada sistem secara langsung akan membutuhkan biaya dan usaha yang cukup besar.
2. Waktu yang digunakan untuk percobaan pada model jauh lebih singkat dibandingkan dengan percobaan pada sistem secara langsung.
3. Dalam uji coba menggunakan model, resiko yang di hadapi akan lebih aman daripada ujicoba langsung pada sistem sebenarnya.
4. Model dari system dapat digunakan untuk menjelaskan, memahami dan memperbaiki system tersebut.
5. Dapat mengetahui performansi dan informasi dari suatu sistem.

## 2.2 Sistem

Sistem didefinisikan sebagai suatu kumpulan entitas, seperti manusia dan mesin, yang bergerak dan berinteraksi bersama-sama untuk mencapai suatu tujuan akhir yang telah ditentukan. Secara praktis, yang dimaksud sebagai sistem bergantung pada tujuan dari studi yang dilakukan. Sekumpulan entitas yang membentuk suatu sistem dalam studi tertentu, mungkin hanya merupakan sub-sistem dari studi yang lain, karena setiap komponen mempunyai bagian-bagian lebih kecil yang membentuk sistem tersendiri. Keseluruhan komponen dalam sistem saling berinteraksi, hal ini menunjukkan bahwa setiap sistem dipengaruhi oleh sistem yang lain. Tidak ada sistem yang benar-benar berdiri sendiri karena sebuah sistem pasti dipengaruhi oleh faktor-faktor eksternal diluar sistem tersebut. Sebuah sistem atau sub-sistem dapat diidentifikasi sebagai sistem khusus, dan diasumsikan terisolasi dari sistem yang lain, jika dimaksudkan untuk keperluan studi (Khosnevis, 1994). Maka dari itu, studi yang dilakukan hanya mengamati *state* atau kondisi dari suatu sistem yang terbentuk atas sekumpulan entitas pada waktu tertentu, relatif terhadap tujuan dari studi yang dilakukan (Law dan Kelton, 2007).

Sistem dapat dikategorikan menjadi dua jenis, yaitu diskrit dan kontinyu. Sistem diskrit adalah sistem dimana perubahan terjadi pada beberapa titik

sepanjang waktu. Aktivitas di bank merupakan contoh dari sistem diskrit, mengingat jumlah pelanggan di sebuah konter pelayanan hanya berubah saat pelanggan datang atau saat pelanggan pergi setelah dilayani. Sistem kontinyu merupakan sistem dimana perubahan terjadi secara terus-menerus sepanjang waktu. Sebuah pesawat yang sedang terbang di udara merupakan contoh sistem kontinyu, karena posisi dan kecepatan pesawat dapat berubah secara terus-menerus seiring waktu. Dalam dunia nyata, jarang ada sistem yang benar-benar bersifat diskrit atau kontinyu. Namun karena umumnya salah satunya lebih dominan dibanding yang lain maka klasifikasi sistem dimungkinkan untuk dilakukan (Law dan Kelton, 2007).

### **2.2.1 Sistem Antrian**

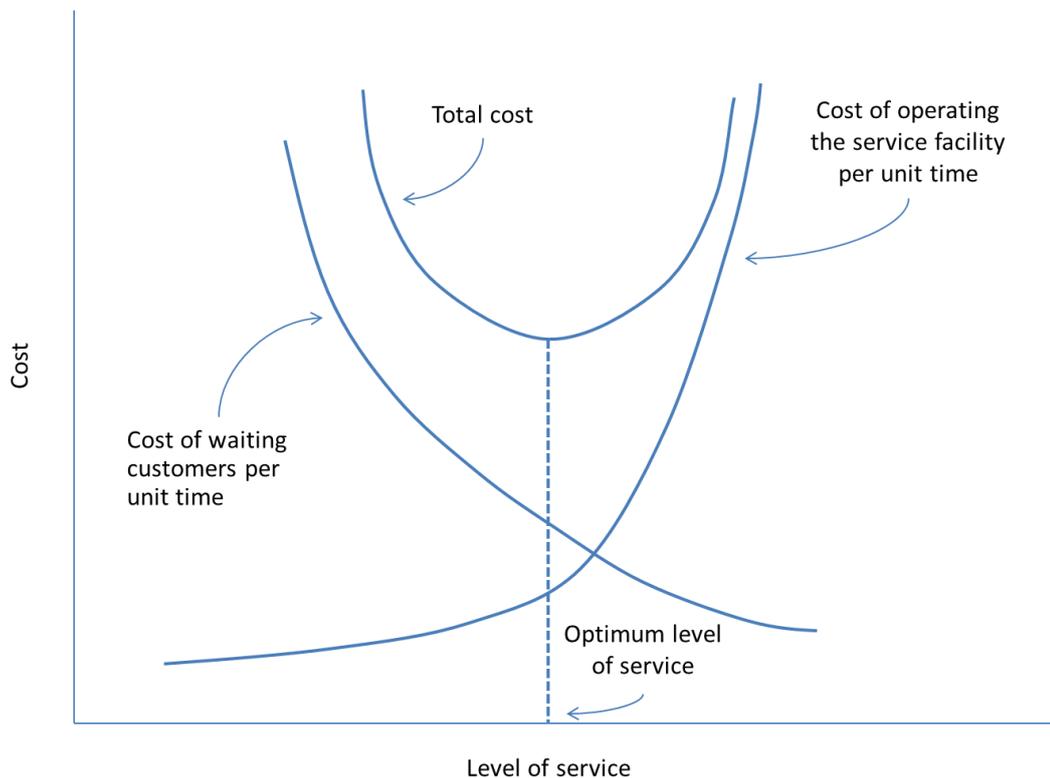
Teori antrian pertama kali dikemukakan oleh A. K. Erlang, seorang insinyur Denmark yang bekerja di Copenhagen Telephone. Tahun 1909 Saat itu, permintaan hubungan telepon ke satu nomor masih dilayani secara manual oleh operator dimana pada saat sibuk peminta harus menunggu untuk bisa disambungkan dengan nomor yang dikehendaki karena padatnya lalu lintas komunikasi. Teori ini telah diperluas penerapannya ke masalah umum dengan memasukkan faktor antri dan garis tunggu.

Menurut Siagian (1987) antrian ialah suatu garis tunggu dari satuan yang memerlukan layanan dari satu atau lebih fasilitas layanan. Garis tunggu ini merupakan suatu permasalahan yang biasa terjadi apabila kebutuhan akan suatu fasilitas pelayanan melebihi kapasitas kemampuan yang tersedia.

Aktivitas menunggu dalam antrian tidak bisa benar-benar dihilangkan dalam kehidupan, namun berbagai upaya dilakukan untuk dapat mengurangi efek dari menunggu hingga dalam batas yang wajar atau dapat ditoleransi (Taha, 2011).

Studi tentang antrian berhubungan dengan aktivitas kuantifikasi fenomena menunggu dalam antrian dengan menggunakan ukuran performansi atau kinerja yang representatif, seperti rata-rata panjang antrian, rata-rata waktu tunggu dalam antrian, dan rata-rata utilisasi dari fasilitas. Teori antrian bukan merupakan teknik optimasi, namun lebih merupakan ukuran kinerja dari sistem

antrian, yang kemudian dapat digunakan untuk mendesain instalasi fasilitas layanan yang dapat melayani antrian dengan optimal (pada batas yang cukup memuaskan atau dapat ditoleransi). Hasil dari analisis sistem antrian dapat digunakan dalam konteks optimasi biaya, dimana tujuan yang ingin dicapai adalah meminimalkan total dari dua komponen biaya, yaitu biaya melakukan layanan (*service*) dan biaya menunggu.



Gambar 2.2 Model keputusan dalam antrian berdasarkan biaya (Taha, 2011).

Adapun masalah-masalah yang dapat diselesaikan dengan teori antrian ini adalah bagaimana sebuah perusahaan dapat menentukan waktu serta fasilitas atau pelayanan yang sebaik-baiknya, supaya dapat melayani pelanggan secara efisien.

## 2.2.2 Elemen dalam Sistem Antrian

Aktor utama dalam situasi antrian adalah pelanggan dan *server*. Saat pelanggan datang di fasilitas *service* dapat langsung dilayani atau harus

menunggu dalam antrian bila *server* dalam kondisi sibuk melayani pelanggan sebelumnya. Ketika *server* telah selesai melakukan layanan maka secara otomatis *server* akan menarik pelanggan yang menunggu dalam antrian (bila ada). Bila tidak ada pelanggan yang menunggu dalam antrian maka *server* akan *idle* hingga pelanggan baru datang.

Dari sudut pandang sistem antrian, kedatangan pelanggan direpresentasikan dengan waktu antar kedatangan pelanggan yang berurutan, dan layanan direpresentasikan oleh waktu pelayanan tiap pelanggan. Secara umum waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan dapat bersifat probabilistik atau deterministik. Ukuran antrian memainkan peranan penting dalam analisis antrian, dimana ukuran tersebut bisa terbatas (*finite*) seperti pada *buffer area* antara 2 mesin yang berurutan dalam lini perakitan, atau tak terbatas (*infinite*) seperti pada fasilitas pengiriman surat.

Disiplin antrian adalah faktor penting dalam model antrian, karena merepresentasikan urutan dimana pelanggan diseleksi dalam antrian untuk mulai dilayani. Disiplin antrian yang paling umum terjadi adalah *first come, first served* (FCFS) atau yang pertama datang dilayani terlebih dahulu. Selain itu juga terdapat disiplin antrian *last come, first served* (LCFS) atau terakhir datang dilayani terlebih dahulu serta *service in random order* (SIRO) atau pelayanan dengan sistem acak. Pelanggan juga dapat dilayani berdasarkan urutan prioritas, misalkan pekerjaan penting yang harus didahulukan dikarenakan sifat urgensinya, misalnya pada kecelakaan yang melibatkan korban kritis pada unit gawat darurat rumah sakit. Perilaku mengantri juga memainkan peranan dalam analisis sistem antrian. Pelanggan dapat berpindah-pindah dari satu antrian ke antrian yang lain dengan maksud untuk mengurangi waktu tunggu, pelanggan juga dapat mengantri pada dua antrian sekaligus untuk mengantisipasi waktu tunggu yang lama, pelanggan juga dapat meninggalkan antrian bila dirasa waktu tunggu sudah terlalu lama.

Desain fasilitas layanan dapat berupa *parallel servers* (seperti pada kantor pos atau bank), atau *series* (pada pekerjaan yang dilakukan pada beberapa mesin yang berurutan), serta bisa juga berupa *network* (pada *router*

dalam jaringan komputer). Sumber dimana pelanggan berdatangan bisa merupakan sumber yang *finite* atau *infinite*, seperti pada mesin yang menunggu untuk diservis (*finite*) atau tak terbatas seperti pada telepon yang masuk pada sebuah *call center* (*infinite*). Variasi pada komponen-komponen yang menjadi bagian dari sebuah sistem antrian berdampak pada variasi model antrian (Taha, 2011).

## 2.3 Simulasi

### 2.3.1 Model Simulasi

Simulasi dapat diklasifikasikan dengan berbagai macam bentuk dan model. Menurut Law dan Kelton (2007), simulasi dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- a. Model Simulasi Statis dengan Model Simulasi Dinamis. Model simulasi statis digunakan untuk mempresentasikan sistem pada saat tertentu atau sistem yang tidak terpengaruh oleh perubahan waktu. Model simulasi dinamis digunakan jika sistem yang dikaji dipengaruhi oleh perubahan waktu.
- b. Model Simulasi Deterministik dengan Model Simulasi Stokastik. Jika model simulasi yang akan dibentuk tidak mengandung variabel yang bersifat random, maka model simulasi tersebut dikatakan sebagai simulasi deterministik. Pada umumnya sistem yang dimodelkan dalam simulasi mengandung beberapa *input* yang bersifat *random*, maka pada sistem seperti ini model simulasi yang dibangun disebut model simulasi stokastik.
- c. Model Simulasi Kontinyu dengan Model Simulasi Diskrit. Untuk mengelompokkan suatu model simulasi apakah diskrit atau kontinyu, sangat ditentukan oleh sistem yang dikaji. Suatu sistem dikatakan diskrit jika variabel sistem yang mencerminkan status sistem berubah pada titik waktu tertentu, sedangkan sistem dikatakan kontinyu jika perubahan variabel sistem berlangsung secara berkelanjutan seiring dengan perubahan waktu.

Banyak para ahli memberikan definisi tentang simulasi (Suryani, Erma. 2006:3). Beberapa diantaranya adalah sebagai berikut (Suryani, Erma. 2006:3):

**1) Emshoff dan Simon (1970)**

Simulasi didefinisikan sebagai suatu model sistem dimana komponennya direpresentasikan oleh proses-proses aritmatika dan logika yang dijalankan komputer untuk memperkirakan sifat-sifat dinamis sistem tersebut.

**2) Shannon (1975)**

Simulasi merupakan proses perancangan model dari sistem nyata yang dilanjutkan dengan pelaksanaan eksperimen terhadap model yang mempelajari perilaku sistem atau evaluasi strategi.

**3) Banks dan Carson (1984)**

Simulasi adalah tiruan dari sistem nyata yang dikerjakan secara manual atau komputer yang kemudian di obeservasi dan disimpulkan untuk mempelajari karakteristik sistem.

A. Beberapa kelebihan model simulasi menurut Suryani, Erma (2006:5) antara lain:

- 1) Tidak semua sistem dapat direpresentasikan dalam model matematis, simulasi merupakan alternatif yang tepat.
- 2) Dapat bereksperimen tanpa adanya resiko pada sistem nyata, dengan simulasi dapat memungkinkan untuk melakukan percobaan terhadap sistem tanpa harus menanggung resiko terhadap sistem yang berjalan.
- 3) Simulasi dapat mengestimasi kinerja sistem pada kondisi tertentu dan memberikan alternatif desain terbaik sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.
- 4) Simulasi memungkinkan untuk melakukan studi jangka panjang dalam waktu relative singkat.
- 5) Dapat menggunakan input data bervariasi.

C. Beberapa kekurangan model simulasi menurut Suryani, Erma(2006:5) antara lain:

- 1) Kualitas dan analisis tergantung dari pembuat model

2) Hanya mengestimasi karakteristik sistem berdasarkan masukan tertentu.

### 2.3.2 Tujuan Simulasi

Tujuan dari metode simulasi adalah untuk melakukan pengamatan dengan menggunakan informasi dari perilaku dan kinerja sistem yang sesungguhnya (Banks *et al.*, 1996; Cassandras dan Lafortune, 2008; Law dan Kelton, 2000). Metode simulasi juga bertujuan untuk mendiskripsikan suatu model, mengukur kinerja dan performansi dari sebuah model, serta mengetahui perubahan yang terjadi pada sistem apabila dilakukan perbaikan terhadap model tersebut.

### 2.3.3 Keuntungan Metode Simulasi

Ada beberapa keuntungan yang didapatkan dengan menggunakan metode simulasi menurut Law dan Kelton (2000) adalah:

1. Simulasi dapat digunakan untuk suatu sistem yang kompleks dan memiliki sifat-sifat stokastik yang sulit dibentuk dengan menggunakan model matematik.
2. Simulasi dapat mengantisipasi kemungkinan-kemungkinan adanya kesalahan atau kegagalan sebelum dilakukan implementasi ke dalam sistem yang sesungguhnya.
3. Simulasi dapat mengidentifikasi perilaku dari sistem dalam proses pengoperasian yang berbeda-beda.
4. Simulasi dapat digunakan pada sistem yang belum pernah terbentuk atau menganalisa sistem yang ada tanpa mengubah kondisi dari sistem yang ada.
5. Simulasi dapat membandingkan alternatif-alternatif desain sistem dan memilih alternatif yang paling baik untuk digunakan ataupun diimplementasikan.
6. Simulasi dapat melakukan evaluasi sistem dalam jangka waktu yang singkat.

Ada juga keuntungan penggunaan simulasi dibandingkan dengan metode analitis matematis, antara lain:

1. Interaksi antar variabel dan parameter yang mencerminkan perilaku dan karakter sistem *loading* tidak linier. Artinya bahwa waktu kedatangan kapal,

*set-up time*, dan waktu pelayanan memiliki sifat *random* dan berdistribusi tertentu sehingga cukup rumit bila dimodelkan dengan metode analitis matematis.

2. Simulasi memungkinkan untuk mempelajari dan bereksperimen dengan interaksi internal dalam sebuah sistem yang kompleks, dengan merubah *input* dan observasi terhadap *output*, dapat diketahui variabel mana yang sangat penting dan bagaimana variabel-variabel tersebut berinteraksi (Banks dkk., 1996).
3. Metode analitis matematis membutuhkan tingkat kecakapan dan pengetahuan khusus tentang teori-teori matematika yang harus dipelajari secara khusus (Khosnevis, 1994).
4. Simulasi sebagai salah-satu pendekatan eksperimental merupakan alat analisis sistem yang biasa digunakan jika; tidak mungkin melakukan observasi langsung terhadap sistem yang nyata, adanya keterbatasan waktu dan biaya, pemecahan masalah dengan metode analitis matematis tidak dapat dilakukan dan terdapat kesulitan dalam melakukan validasi terhadap model matematis yang menjelaskan perilaku sistem (Taha, 2011).
5. Simulasi lebih cepat dan mudah dalam menjelaskan fenomena yang terjadi akibat perubahan kombinasi pengalokasian peralatan yang digunakan selama aktivitas *loading* karena dengan simulasi dapat dilakukan beberapa eksperimen sesuai skenario dan tujuan analisis sistem loading tersebut (Prihantomo, 1995; Nugraha, 2001; Nugroho, 2002).

Simulasi suatu sistem adalah operasionalisasi model yang mewakili sistem tersebut. Model dapat dikonfigurasi dan dieksperimenkan, tetapi akan sangat mahal dan tidak praktis jika diterapkan langsung ke dalam sistem yang diwakilinya. Operasional suatu model dapat dipelajari, maka properti-properti yang berhubungan dengan perilaku sistem nyata dan atau sub-sistemnya dapat diduga dan dijelaskan. Beberapa kegunaan dari simulasi antara lain; merupakan alat untuk mengevaluasi performansi sistem yang ada atau yang akan dibuat dengan berbagai macam konfigurasi yang diinginkan, digunakan sebelum sistem yang ada diubah atau sistem yang baru akan dibuat, untuk mengurangi kesempatan terjadinya kegagalan

dalam mencapai spesifikasi yang diinginkan, untuk mengeliminir kemacetan yang tak terduga, mencegah agar utilisasi dari sumber daya berada pada standar yang diharapkan, dan untuk mengoptimalkan performansi sistem.

### 2.3.4 Simulasi Kejadian Diskrit

Simulasi kejadian diskrit mengenai pemodelan sistem adalah kejadian yang melampaui waktu yang representatif dimana *state* (keadaan) variabel berubah seketika dan terpisah per titik waktu. Dalam istilah matematik disebut sebagai sistem yang dapat berubah hanya pada bilangan yang dapat dihitung per titik waktu. Titik waktu disini adalah bentuk kejadian (*event*) yang terjadi seketika dan dapat merubah keadaan pada sistem. Menurut Harrel dan Bowden (2003), simulasi kejadian diskrit adalah simulasi dimana perubahan statusnya terjadi pada titik-titik diskrit dalam waktu yang dipicu oleh kejadian (*event*). Kejadian (*event*) yang terjadi dalam selang waktu acak. Ada beberapa kejadian (*event*) yang biasa terdapat dalam simulasi, yaitu:

- Kedatangan sebuah entitas ke sebuah stasiun kerja (*workstation*).
- Kegagalan suatu *resource*.
- Selesainya sebuah aktivitas.
- Akhir sebuah *shift*.

23Contoh-contoh simulasi kejadian diskrit, yaitu pada pelayanan kasir di pertokoan (*supermarket*), *teller* pada pelayanan nasabah di perbankan dan simulasi pada industri seperti pergudangan atau pelabuhan.

### 2.3.5 Elemen-elemen Sistem Pada Simulasi

Dalam simulasi, sistem didefinisikan sebagai sekumpulan elemen yang saling berinteraksi satu sama lain untuk mencapai suatu tujuan. Elemen-elemen sistem pada simulasi (Law dan Kelton, 2000), yaitu:

- a. *Entity*: Elemen yang diproses di dalam sistem.
- b. *Atribut*: Karakteristik yang dimiliki oleh sebuah *entity*.

- c. *Activity*: Kegiatan yang dilakukan di dalam sistem yang mempengaruhi *entity* baik secara langsung maupun tidak langsung.
- d. *Resource*: Elemen yang menjalankan *activity*.
- e. *Controls*: Segala sesuatu yang menentukan bagaimana, kapan dan dimana proses dari sistem dijalankan.
- f. *System state*: Sekumpulan variabel yang berisi semua informasi penting untuk menggambarkan sebuah sistem.

### 2.3.6 Proses Simulasi

Beberapa langkah yang dilakukan dalam proses simulasi (Law dan Kelton, 2007), adalah:

1. Penentuan batasan dan identifikasi  
Menentukan batasan sistem dan identifikasi variabel yang signifikan.
2. Perencanaan studi  
Data yang dikumpulkan merupakan data dari hasil observasi, baik data sekunder maupun data primer yang digunakan untuk membangun suatu model dari sistem yang akan disimulasikan.
3. Mendefinisikan sistem  
Pada langkah ini dilakukan penjelasan mengenai entitas *input* yang masuk, jumlah *resource*, hingga penjelasan mengenai distribusi waktu yang digunakan di dalam sistem.
4. Perancangan model  
Merancang model simulasi sesuai dengan bagan-bagan yang telah disediakan pada perangkat lunak simulasi.
5. Verifikasi dan validasi  
Verifikasi bertujuan untuk memastikan bahwa model yang telah dibuat dapat dijalankan, sedangkan validasi bertujuan untuk memastikan bahwa model telah sesuai dengan kondisi nyata yang ada (Law dan Kelton, 2000). Banks dkk. (1996) menyatakan bahwa toleransi validasi yang digunakan umumnya adalah sebesar 10%. Tingkat toleransi digunakan untuk menunjukkan penyimpangan dari hasil simulasi yang diperoleh terhadap *output riil*.

Rumus untuk menguji tingkat validitas model dalam persen kesalahan adalah sebagai berikut:

$$\%error = \frac{[Output (simulation) - output(data)]}{Output (data)} \times 100\% \quad \dots(2.1)$$

*Output* (simulasi) adalah jumlah entitas yang diproses oleh model simulasi, sedangkan *output* (data) adalah jumlah entitas yang diamati dalam sistem nyata.

6. Perancangan eksperimen  
Pembuatan skenario yang digunakan untuk menemukan tata letak perbaikan atau proses penanganan pada sistem (Banks dkk., 1996).
7. Analisis  
Analisis hasil simulasi dilakukan setelah proses *running* program selesai dan laporan hasil simulasi juga telah ditampilkan.
8. Interpretasi model  
Proses penarikan kesimpulan dari hasil *output* model simulasi.
9. Pendokumentasian  
Penyimpanan hasil *output* model.

### 2.3.7 Perangkat lunak simulasi ARENA 14.0

Perangkat lunak simulasi *ARENA* merupakan perangkat lunak simulasi yang berbasis *Graphical User Interface* (GUI). Pembuat model tidak lagi harus membuat perangkat lunak berupa baris perintah, tetapi cukup menggambar dan memasukkan variabel dan parameternya. Disamping itu perangkat lunak *ARENA 14.0* ini dapat melakukan animasi setiap kali simulasi dijalankan, sehingga perilaku sistem dapat ditampilkan secara numerik dan visual pada hasil simulasi.

Hal terpenting yang harus ditekankan pada seluruh perangkat lunak simulasi adalah pembuatan model konseptual harus valid untuk dapat menghasilkan model perangkat lunak yang valid pula. Dengan adanya kemudahan dalam memodelkan secara perangkat lunak ini maka diharapkan analis dapat melakukan analisa dengan lebih mendalam dan luas dalam

mengenali sistem dan membuat model konseptualnya. Model simulasi dalam *ARENA 14.0* disusun atas blok-blok modul dimana setiap modul mewakili suatu *event*, aktivitas, sumber daya, *server*, ataupun logika aturan tertentu dalam antrian. Tiap blok modul tersebut berisikan data-data yang bersesuaian secara numerik maupun atribut.

Semua model dalam *ARENA 14.0* mempunyai satu model kontrol, yaitu modul *simulate* yang bertugas untuk mengontrol jalannya simulasi. Pengguna dapat mendefinisikan suatu *identifier* tersendiri yang disesuaikan dengan kebutuhan studi, selain luaran simulasi yang mengikuti standar *ARENA 14.0*. Luaran *ARENA 14.0* ditampilkan setiap kali *running* selesai dilakukan, dalam bentuk text yang dapat dibaca pada Notepad, sehingga luaran ini dapat disimpan dalam file text. Modul *simulate* hanya menjalankan simulasi dalam satu replikasi saja, namun bisa juga menjalankan beberapa replikasi sesuai dengan kebutuhan (Banks dkk., 1996).

#### 2.4 Uji t-Berpasangan (*Paired t-test*)

Uji t-berpasangan adalah sebuah uji hipotesis yang digunakan untuk mengetahui perbedaan antara dua tanggapan yang diukur pada unit statistik yang sama. Uji t-berpasangan terdiri atas sampel pasangan dari unit serupa, atau sampel dari satu unit kelompok yang telah diuji dua kali (pengukuran berulang uji t). Dalam uji t-berpasangan variasi acak antara sampel satu dengan yang lain yang menjadi obyek pengujian telah dieliminasi, karena sampel yang diambil dari obyek pengujian menjadi kontrol atas diri mereka sendiri.

Uji-t berpasangan digunakan untuk membandingkan selisih dua rata-rata (*mean*) dari dua sampel yang berpasangan dengan asumsi data tersebut berdistribusi normal (Keller, 2012).

Uji-t berpasangan menggunakan uji hipotesis sebagai berikut:

$$H_0: \delta = \delta_0$$

$$H_1: \delta \neq \delta_0$$

dengan  $\delta$  = rata-rata selisih antara 2 populasi.

Nilai dari  $\delta_0$  adalah nilai hipotesis dari  $\delta$ , dan umumnya nilai  $\delta_0 = 0$ . Hal ini berarti tidak terdapat perbedaan antara dua sampel. Rata-rata selisih antara 2 sampel adalah  $\bar{d}$ , yang digunakan untuk memperkirakan nilai dari  $\delta$ . Untuk memperoleh nilai  $\bar{d}$ , dihitung perbedaan  $d_i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, n$ ) dari data  $X_{i1}$  dan  $X_{i2}$  (Blank, 1980).

$$d_i = X_{i1} - X_{i2} \quad \dots(2.2)$$

maka

$$\bar{d} = \sum d_i / n \quad \dots(2.3)$$

Untuk melakukan uji statistik digunakan rumus:

$$t_{hitung} = \frac{(\bar{d} - \bar{d}_0)\sqrt{n}}{S_d} \quad \dots(2.4)$$

dengan:

$\bar{d}$  = rata-rata dari selisih antara 2 sampel.

$n$  = jumlah sampel yang berbeda (berpasangan).

$S_d$  = deviasi standar selisih dari 2 sampel.

Jika deviasi standar dari perbedaan tidak diketahui, maka untuk menghitung deviasi standar digunakan rumus:

$$S_d = \left( \frac{\sum d_i^2}{n-1} - \frac{n}{n-1} \bar{d}^2 \right)^{1/2} \quad \dots(2.5)$$

Bentuk lengkap dari hipotesis untuk uji-t berpasangan adalah:

- $H_0$ :  $\delta = 0$ , tidak ada perbedaan antara sebelum dan sesudah adanya perlakuan.

- $H_1$ :  $\delta \neq 0$ , ada perbedaan antara sebelum dan sesudah adanya perlakuan.

Dalam pengujian hipotesis untuk uji-t berpasangan, kriteria untuk menolak  $H_0$  atau gagal menolak  $H_0$  berdasarkan  $|t_{hitung}|$  adalah sebagai berikut:

- Jika  $|t_{hitung}| < t_{tabel}$ , maka  $H_0$  gagal ditolak.

- Jika  $|t_{hitung}| > t_{tabel}$ , maka  $H_0$  ditolak, dimana:

$$t_{tabel} = t_{\alpha/2, v} \quad \dots(2.6)$$

Rumus derajat kebebasan untuk distribusi t adalah:

$$v = n - 1 \quad \dots(2.7)$$

Asumsi yang harus dipenuhi dalam uji statistik ini adalah bahwa  $d_i$  harus mengikuti distribusi normal.

## 2.5 Pengumpulan Data Simulasi

Untuk dapat melakukan analisa terhadap sistem dengan menjalankan simulasi model maka terlebih dahulu dipersiapkan data – data yang diperlukan sebagai input simulasi. Data tersebut dapat dibagi menjadi data primer, data sekunder, dan data tambahan. Data primer merupakan data yang diperoleh dari pengumpulan langsung dari lapangan. Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari rekaman kejadian dimasa lalu. Data tambahan merupakan data yang dibangkitkan dengan pendekatan statistik dikarenakan tidak semua data bisa diperoleh dilapangan, namun merupakan estimasi.

Data primer merupakan data yang paling utama dalam simulasi serta banyak menentukan output program simulasi. Pertimbangan utamanya adalah akuransi dan aktualitas data akan lebih safe jika data dikumpulkan sendiri dari pada mendapatkan dari sumber – sumber yang tidak jelas. Selain itu dengan mengukur langsung maka aktivitas data dapat dijamin serta pemahaman terhadap sistem termasuk karakteristik entiti akan meningkat.

## 2.6 Langkah – langkah Dalam Studi Simulasi

### 1. Formulasi masalah dan tujuan

Langkah – langkah dalam studi kusus simulasi adalah mengidentifikasi masalah serta tujuan yang akan dicapai dalam simulasi menentukan bentuk model yang akan digunakan.

Performan yang akan dihasilkan serta alternatif yang dapat dimunculkan.

2. Pengumpulan data dan pendefinisian model

Aktivitas pengumpulan data untuk simulasi dari tiap – tiap elemen penyusunannya sesuai dengan prosedur operasi pada sistem.

3. Permodelan sistem

Merancang model sesuai karakteristik sistem nyata untuk kemudian menjadi dasar dalam membentuk sistem.

4. Validasi awal

Pengujian validasi dari model untuk memprediksi perilaku sistem secara komprehensif dengan asumsi yang dipakai membuat model telah benar, lengkap dan konsisten.

5. Membuat program Komputer dan verifikasi

Membuat program simulasi dari model dan sistem nyata serta melakukan verifikasi kesesuaian dengan kondisi nyata dengan trace pada running program dan detail perpindahan entiti.

6. *Run* percobaan

*Running* program simulasi untuk mengetahui kemungkinan terjadi penyimpangan dalam simulasi yang sudah dirancang baik pergerakan entiti ataupun ketidaksesuaian logika sistem.

7. Validasi akhir

Merupakan pengecekan terhadap nilai output yang dihasilkan oleh simulasi dibandingkan dengan nilai pada sistem nyata.

8. Eksperimentasi

Tahap menjalankan simulasi sistem dengan berbagai bentuk parameter, untuk menghasilkan output yang memiliki variasi kecil dan bebas bias.

9. Menganalisa data output

Data output simulasi merupakan input untuk estimasi ukuran kinerja dari tiap konfigurasi sistem yang diteliti, yang berupa data statistik dengan interpretasi dan implementasi.

10. Dokumentasi, presentasi dan implementasi

Berdasarkan analisa output dan model simulasi yang telah dibentuk maka berikutnya adalah dokumentasi, serta presentasi hasil pada pengambil keputusan dan kemudian dapat diimplementasikan.

## 2.7 Penelitian Sebelumnya

Penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan simulasi adalah penelitian yang dilakukan oleh pembimbing peneliti di perusahaan yaitu bapak Husni Rizal (2014), **Simulasi Proses Pemuatan Kapal Di Pelabuhan PT. WINA, Gresik Dengan Tujuan Mengurangi *Demurrage***. Tesis, Program Pasca Sarjana Teknik Industri ITS, 2014.

Kinerja dari pelayanan pelabuhan umumnya dievaluasi dari waktu pelayanan aktivitas bongkar-muat kapal. Pada dermaga *bulk cargo* PT. WINA, kinerja proses pemuatan dievaluasi dari waktu pemuatan kapal, serta besarnya *demurrage*. Hal tersebut terjadi dikarenakan adanya antrian kapal yang menyebabkan keterlambatan dalam penyandaran kapal selanjutnya. Permasalahan yang terjadi di pelabuhan PT. WINA Gresik adalah terjadinya peningkatan waktu pemuatan yang melebihi waktu standar, serta peningkatan *demurrage* yang ditanggung oleh perusahaan.

Ada dua alternatif yang diajukan untuk meminimalkan waktu pemuatan dan *demurrage*, yaitu penambahan jalur pipa yang digunakan untuk pemuatan dan pembangunan tangki *shipment* dengan jarak yang lebih dekat ke dermaga. Tujuan yang ingin dicapai adalah menentukan skenario alternatif terbaik dalam usaha perbaikan kondisi saat ini. Penentuan alternatif terbaik dilakukan dengan menggunakan metode simulasi diskrit. Langkah-langkah untuk melakukan simulasi adalah sebagai berikut: (1) mengumpulkan data dari proses pemuatan kapal; (2) membuat model konseptual simulasi proses pemuatan pada kondisi eksisting; (3)

melakukan proses simulasi pada kondisi eksisting; (4) melakukan uji verifikasi dan uji validasi; (5) mengembangkan model simulasi untuk kedua alternatif serta melakukan simulasi; dan (6) melakukan analisis dari hasil simulasi yang telah dilakukan. Simulasi diselesaikan dengan menggunakan perangkat lunak ARENA 14.0.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa, alternatif pembangunan tangki *shipment* dengan jarak lebih dekat ke dermaga adalah alternatif terbaik. Alternatif tersebut menghasilkan pengurangan *demurrage* sebesar 57% dari kondisi eksisting. Berdasarkan perhitungan *Return Of Investment* (ROI) didapatkan 139,9% dan *payback period* untuk alternatif tersebut adalah 0,41 tahun.

Referensi selanjutnya adalah hasil penelitian dari Tommy Iskandar (2015) yang berjudul **Simulasi Antrian Di Jembatan Timbang Untuk Mengurangi Antrian Dan Waktu Tunggu Kendaraan**. Skripsi, Program Studi Teknik Industri UMG, 2015.

Dari hasil simulasi, dengan melihat tingkat kegunaan fasilitas / utilitas pada proses pelayanan yang sangat tinggi, maka perlu adanya suatu penambahan fasilitas jembatan timbang / loket. Dapat dilihat tingkat kegunaan fasilitas setelah adanya dua rancangan usulan, yang pertama dengan penambahan 1 fasilitas jembatan timbang, rata-rata tingkat kegunaan fasilitas pada model simulasi di jembatan timbang A adalah 46,3 % dan rata-rata tingkat kegunaan fasilitas pada model simulasi di jembatan timbang B adalah 46,1 %. Dan yang kedua dengan penambahan 2 fasilitas jembatan timbang, rata-rata tingkat kegunaan fasilitas pada model simulasi di jembatan timbang A adalah 33,2 % dan rata-rata tingkat kegunaan fasilitas pada model simulasi di jembatan timbang B adalah 29,2 % dan di jembatan timbang C adalah 31,7 %.

Metode yang dipakai adalah simulasi dengan *Tools ARENA 14.0*. Berdasarkan penelitiannya, dalam menganalisis sistem pelayanan antrian dengan menghitung tingkat kegunaan fasilitas pelayanan yang ada dengan lamanya waktu antrian agar diperoleh hasil yang optimal, maka perlu dilakukan simulasi terdahulu, karena simulasi sangat cocok untuk mengamati sistem yang bersifat tidak pasti, sehingga hal tersebut melatarbelakangi dalam mengangkat permasalahan antrian.

Dan terakhir Heri M. Kholik, Mohammad Lukman, **Analisa Minimasi Biaya Dalam Optimasi Penambahan Server Pada Antrian Pada Loket Keluar Jalan Tol (Study Kasus Jalur Tol Gempol)**, Skripsi, Program Studi Teknik Industri UMM, 2004.

Layanan utama jalan tol adalah kemudahan dan usaha minimasi antrian dalam pelayanan loket atau Gate masuk atau keluar pintu tol. Pada saat tertentu jumlah antrian server atau pintu layanan tiket masuk atau keluar sistem jalan tol sangat panjang bisa mencapai lebih dari satu kilometer atau waktu tunggu antrian mendekati satu jam (padahal dalam kondisi normal lama perjalanan dari tol Waru sampai Gempol maksimum ditempuh dalam waktu 30 menit. Antrian pada server keluar gempol secara keilmuan adalah didasarkan pada teori antrian dikembangkan tahun 1909 oleh ahli matematika dan insinyur berkebangsaan Denmark yang bernama A. K. Erlang. Banyak penyebab terjadinya antrian pada server atau pintu layanan tiket masuk atau keluar sistem jalan tol antara lain : jumlah kendaraan yang melebihi jumlah loket, kecepatan operator loket jalan dalam melayani konsumen jalan tol akan menambah lama waktu pelayanan (pengguna tidak membayar dengan uang pas), adanya kerusakan pada komputer atau fasilitas lainnya, adanya kendaraan yang mogok pada pintu jalan tol dan lain sebagainya.

Kesimpulan dari penelitian ini adalah jika dilakukan penambahan empat server dibuka untuk pelayanan masih terjadi antrian dengan waktu tunggu sebesar 175,2 detik atau 2,92 menit atau dibulatkan menjadi 3 menit. Jika server ditambah menjadi 5 waktu tunggu selama 88 detik, Jika server ditambah menjadi 6 waktu tunggu selama 68 detik dan jika ditambah menjadi 7 waktu tunggu selama 63 detik. Total cost (TC) minimum adalah **32,407.68** per jam untuk fasilitas pelayanan optimal sebanyak 5 buah fasilitas pelayanan dengan tingkat kegunaan fasilitas pelayanan  $p=0.66$ , artinya bahwa fasilitas penambahan server ini akan memberikan sumbangan pengurangan antrian sebesar 66 %.