

**Tugas Akhir**

**MODEL SIMULASI SISTEM DINAMIK UNTUK ANALISIS  
PENGOPTIMALAN REVENUE SITE BENTENG\_SOMBA\_OPU\_SNS\_AG  
MICRO CLUSTER (MC) MAKASSAR KOTA 1**

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat ujian  
guna memperoleh gelar Sarjana Teknik  
di Fakultas Teknik  
Universitas Hasanuddin



Disusun Oleh:

ELSHA MILLENIA BARALANGI

D071171503

**FAKULTAS TEKNIK  
DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
GOWA  
2021**

## LEMBAR PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir :

MODEL SIMULASI SISTEM DINAMIK UNTUK ANALISIS PENGOPTIMALAN  
REVENUE SITE BENTENG\_SOMBA\_OPU\_SNS\_AG  
MICRO CLUSTER (MC) MAKASSAR KOTA 1

Disusun oleh :

**ELSHA MILLENIA BARALANGI**  
**D071171503**

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan studi guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

**Dr. Ir. Rosmalina Hanafi, M. Eng**  
NIP. 19660128 199103 2 003

Dosen Pembimbing II

**Dr. Eng. Ir. Muhammad Rusman, ST., MT., IPM**  
NIP. 19741024 200312 1 002

Mengetahui,  
Ketua Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik  
Universitas Hasanuddin



**Dr. Ir. Saiful, ST., MT., IPM**  
NIP. 19810608 200604 1 004

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Elsha Millenia Baralangi  
NIM : D071171503  
Program Stuid : Teknik Industri  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul :

**“MODEL SIMULASI SISTEM DINAMIK UNTUK ANALISIS  
PENGOPTIMALAN REVENUE SITE BENTENG\_SOMBA\_OPU\_SNS\_AG  
MICRO CLUSTER (MC) MAKASSAR KOTA 1”**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 11 Juni 2021



yang membuat pernyataan,

Elsha Millenia Baralangi

## ABSTRAK

Telekomunikasi mengalami perkembangan yang sangat pesat dari waktu ke waktu bersamaan dengan majunya teknologi informasi khususnya pada masa pandemi ini. Salah satu perusahaan telekomunikasi yang besar di Indonesia yaitu PT. XYZ. PT. XYZ memiliki beberapa *sales area* yang tersebar di seluruh Indonesia yang memiliki beberapa MC. Setiap MC memiliki *site*. *Site* yang telah dipasang dan beroperasi selama enam bulan pertama masuk ke dalam kategori *new site*. Setelah enam bulan, *revenue site* akan dianalisis, jika pencapaiannya sesuai target maka akan masuk ke dalam kategori *graduate/profit*. Jika tidak, maka akan masuk ke dalam kategori *low site*. Adapun targetnya sebesar Rp 45.000.000,- yang merupakan harga pokok produksi dari *site* untuk setiap bulannya. *Site* Benteng\_Somba\_Opu\_SNS\_AG dalam 4 bulan terakhir memiliki *revenue* < Rp 45.000.000,-.

Melihat permasalahan ini diperlukan adanya analisis sistem yang sedang berjalan pada *Site* Benteng\_Somba\_Opu\_SNS\_AG menggunakan simulasi sistem dinamik untuk mengetahui variabel-variabel yang dapat meningkatkan *revenue* dan kebijakan terbaik yang dapat dijalankan agar *revenue site* dapat optimal. Tujuan penelitian ini diharapkan dapat mengidentifikasi variabel-variabel yang dapat meningkatkan *revenue site*, merancang skenario terbaik, dan membangun model simulasi untuk mengoptimalkan *revenue site*.

Pada model dinamik sistem *revenue Site* Benteng\_Somba\_Opu\_Sns\_Ag digunakan dua skenario dengan proporsi nilai yang sama yaitu 0.25, 0.5, dan 0.75 yaitu manajemen program/produk dan manajemen kualitas jaringan. Hasil dari skenario tersebut didapatkan *revenue* paling optimal pada skenario manajemen program/produk dengan nilai 0.75 dan manajemen kualitas jaringan dengan nilai 0.75 sebesar Rp 35.607.143,-.

**Kata Kunci:** Sistem Dinamik, Skenario, Telekomunikasi, *Revenue*, *Site* Benteng\_Somba\_Opu\_Sns\_Ag.

## **ABSTRACT**

*Telecommunication has developed very rapidly from time to time along with the advancement of information technology, especially during this pandemic. One of the major telecommunication companies in Indonesia, namely PT. XYZ. PT. XYZ has several sales areas spread across Indonesia, which have several MCs. Each MC has sites. Sites that have been installed and operated for the first six months are included in the new site category. After six months, site's revenue will be analyzed, if the achievement is under the target, it will be included in the graduate/profit category. If not, then it will be included in the low site category. The target is IDR 45,000,000, which is the cost of production from the site for each month. Site Benteng\_Somba\_Opu\_SNS\_AG in the last 4 months, has revenue <IDR 45,000,000.*

*Seeing this problem, it is necessary to analyze the system running at the Benteng\_Somba\_Opu\_SNS\_AG Site using a dynamic system simulation to find out which variables can increase revenue and the best policies that can be implemented so that the revenue site can be optimal. This study's purpose is to identify variables that can increase site revenue and design the best scenario to optimize the site revenue.*

*In the dynamic model of the Site Benteng\_Somba\_Opu\_Sns\_Ag revenue system, two scenarios are used with the same proportion of values, 0.25, 0.5, and 0.75, program/product management and network quality management. The most optimal revenue is Rp 35.607.143, obtained in program/product management 0,75 and the percentage of sales of 0.75.*

**Keywords:** *Dynamic System, Scenario, Telecommunication, Revenue, Site Benteng\_Somba\_Opu\_Sns\_Ag.*

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kehadirat Tuhan Yang Mahakuasa atas segala kasih dan berkat-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul “Pengoptimalan *Revenue Site* Benteng\_Somba\_Opu\_Sns\_Ag *Micro Cluster* (Mc) Makassar Kota 1 Menggunakan Simulasi Sistem Dinamis”.

Tugas akhir ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Tugas akhir ini dapat selesai karena bantuan, motivasi, dukungan, dan doa dari banyak pihak. Pada kesempatan ini saya mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Tuhan Yesus untuk segala kasih dan berkat penyertaan-Nya.
2. Kedua orang tua penulis, Bapak dr. A. Suparto dan Yuliana serta adik Nancy Assupta Marampa dan segenap keluarga yang selalu memberiku motivasi, dukungan, doa, serta selalu bersedia membantu selama ini, terutama dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Ir. Saiful, S.T., M.T. selaku Ketua Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Bapak Dr. Ir. Rosmalina Hanafi, M. Eng selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak Dr. Eng. Muhammad Rusman, ST., MT., IPM selaku Dosen Pembimbing II tugas akhir ini, terima kasih atas segala waktu, bimbingan, serta bantuannya selama menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Bapak dan Ibu Dosen serta Staf Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
6. Bapak Sugiyono selaku *VP-Head of Sales* SUMAPA, Ibu Rosna selaku *Retail Regional Manager*, Bapak Irshan selaku CSM Makassar Kota 1, Bapak Saiful Kallang selaku CSM Gowa, Bapak Ardan selaku CSM Makassar Kota 2, Bapak Dedy Setiawan selaku Marcomm, Kak Sakka selaku Data Analyst, Kak Nico

Silalahi dan seluruh pegawai PT.XYZ dan PT. MDM yang turut membantu selama waktu penelitian dan pengumpulan data.

7. KA17EN saudara seperjuangan saya.
8. Keluarga Asisten Lab. Optimasi dan Rekayasa Sistem Industri yang menjadi teman berbagi seputar topik optimasi, teman diskusi, dan selalu menyemangati.
9. Kanda-kanda senior atas semua saran dan bimbingannya selama ini.
10. Teman-teman beserta semua pihak lain yang namanya tidak bisa saya tuliskan satu per satu yang juga turut membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Karena keterbatasan pengetahuan, saya yakin tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, saya mengharapkan saran dan kritik dari para pembaca untuk kesempurnaan laporan ini.

Akhir kata, saya berharap semoga tugas akhir ini dapat menambah pengetahuan dan pemahaman bagi para pembaca, serta dapat diterima dan bermanfaat bagi saya pribadi, PT.XYZ, PT. MDM, dan Mahasiswa Departemen Teknik Industri Universitas Hasanuddin.

**Makassar, 2021**

**Penulis**

## DAFTAR ISI

JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
ABSTRAK .....	iv
<i>ABSTRACT</i> .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1. 1    Latar Belakang .....	1
1. 2    Rumusan Masalah .....	3
1. 3    Tujuan Penelitian .....	3
1. 4    Batasan Masalah.....	4
1. 5    Manfaat Penelitian .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1    Sistem.....	5
2.2    Model .....	6
2.3    Simulasi.....	7
2.4    Optimalisasi.....	8



2.5	Sistem Dinamik.....	8
2.4.1	Variabel Sistem Dinamik.....	9
2.4.2	Konsep Sistem Dinamik.....	9
2.4.3	Rangkaian Proses Sistem Dinamis.....	10
2.4.4	<i>Causal Loop Diagram</i> (CLD).....	12
2.4.5	<i>Stock and Flow Diagram</i> (SFD).....	14
2.6	Perangkat Lunak Simulasi.....	15
2.7	Verifikasi dan Validasi.....	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		21
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian.....	21
3.2	Metode Pengumpulan Data.....	21
3.3	Kerangka Konseptual.....	22
3.4	Tahap Penelitian.....	23
3.4.1	Tahap Pendahuluan.....	23
3.4.2	Tahap Pengumpulan Data.....	25
3.4.3	Tahap Membangun Model Konseptual.....	25
3.4.4	Tahap Pembuatan Model Simulasi.....	26
3.4.5	Tahap Analisis dan Kesimpulan.....	27
3.5	Diagram Alir Penelitian.....	28
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....		30
4.1	Pengumpulan Data.....	30
4.1.1	Kondisi Penggunaan Kartu Seluler di Kota Makassar.....	31

4.1.2	<i>Site Benteng_Somba_Opu_SNS_AG</i> .....	32
4.2	Pengolahan Data.....	32
4.2.1	Identifikasi Variabel .....	33
a.	Identifikasi Variabel .....	33
b.	<i>Causal Loop Diagram</i> .....	35
c.	<i>Stock and Flow Diagram</i> .....	36
4.2.2	Verifikasi Model.....	39
4.2.3	Validasi Model .....	40
4.2.4	Simulasi Model.....	44
BAB V	ANALISA DAN PEMBAHASAN.....	47
5.1	Simulasi Skenario Manajemen Program/Produk 0.25 dan Manajemen Kualitas Jaringan 0.25 .....	47
5.2	Simulasi Skenario Manajemen Program/Produk 0.25 dan Manajemen Kualitas Jaringan 0.5 .....	48
5.3	Simulasi Skenario Manajemen Program/Produk 0.25 dan Manajemen Kualitas Jaringan 0.75 .....	49
5.4	Simulasi Skenario Manajemen Program/Produk 0.5 dan Manajemen Kualitas Jaringan 0.25.....	50
5.5	Simulasi Skenario Manajemen Program/Produk 0.5 dan Manajemen Kualitas Jaringan 0.5.....	51
5.6	Simulasi Skenario Manajemen Program/Produk 0.5 dan Manajemen Kualitas Jaringan 0.75.....	52

5.7	Simulasi Skenario Manajemen Program/Produk 0.75 dan Manajemen Kualitas Jaringan 0.25 .....	53
5.8	Simulasi Skenario Manajemen Program/Produk 0.75 dan Manajemen Kualitas Jaringan 0.5 .....	54
5.9	Simulasi Skenario Manajemen Program/Produk 0.75 dan Manajemen Kualitas Jaringan 0.75 .....	55
5.10	Pengoptimalan <i>Revenue Site</i> Benteng_Somba_Opu_Sns_Ag .....	57
BAB VI PENUTUP .....		60
6.1	Kesimpulan .....	60
6.2	Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA .....		62

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Rangkaian Proses dalam Sistem Dinamis .....	11
Gambar 2.2 <i>Reinforcing Feedback Loop</i> .....	13
Gambar 2.3 <i>Balancing Feedback Loop</i> .....	14
Gambar 2.4 Contoh Gambar <i>Stock and Flow Diagram (SFD)</i> .....	15
Gambar 3.1 Kerangka Pikir.....	22
Gambar 3.2 <i>Flowchart</i> Penelitian .....	29
Gambar 4. 1 <i>Causal Loop Revenue Site</i> MC Makassar Kota 1 .....	35
Gambar 4. 2 <i>Stock and Flow Diagram Revenue Site</i> Benteng_Somba_Opu_Sns_Ag	37
Gambar 4. 3 Verifikasi <i>Stock and Flow Diagram Revenue Site</i> Benteng_Somba_Opu_Sns_Ag.....	40
Gambar 4. 4 Uji Parameter Logika <i>Causal Loop</i> .....	42
Gambar 4. 5 Grafik <i>Revenue Site</i> Benteng_Somba_Opu_Sns_Ag.....	45
Gambar 5. 1 Grafik <i>Revenue Site</i> Benteng_Somba_Opu_Sns_Ag (Manajemen Program/Produk 0.25 dan Persentase Penjualan 0.25) .....	48
Gambar 5. 2 Grafik <i>Revenue Site</i> Benteng_Somba_Opu_Sns_Ag (Manajemen Program/Produk 0.25 dan Persentase Penjualan 0.5).....	49
Gambar 5. 3 Grafik <i>Revenue Site</i> Benteng_Somba_Opu_Sns_Ag (Manajemen Program/Produk 0.25 dan Persentase Penjualan 0.75).....	50
Gambar 5. 4 Grafik <i>Revenue Site</i> Benteng_Somba_Opu_Sns_Ag (Manajemen Program/Produk 0.5 dan Persentase Penjualan 0.25).....	51
Gambar 5. 5 Grafik <i>Revenue Site</i> Benteng_Somba_Opu_Sns_Ag (Manajemen Program/Produk 0.5 dan Persentase Penjualan 0.5).....	52
Gambar 5. 6 Grafik <i>Revenue Site</i> Benteng_Somba_Opu_Sns_Ag (Manajemen Program/Produk 0.5 dan Persentase Penjualan 0.75).....	53
Gambar 5. 7 Grafik <i>Revenue Site</i> Benteng_Somba_Opu_Sns_Ag (Manajemen Program/Produk 0.75 dan Persentase Penjualan 0.25).....	54
Gambar 5. 8 Grafik <i>Revenue Site</i> Benteng_Somba_Opu_Sns_Ag (Manajemen Program/Produk 0.75 dan Persentase Penjualan 0.5).....	55
Gambar 5. 9 Grafik <i>Revenue Site</i> Benteng_Somba_Opu_Sns_Ag (Manajemen Program/Produk 0.75 dan Persentase Penjualan 0.75).....	56

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Variabel Sistem Dinamik .....	9
Tabel 2.2 Simbol-Simbol <i>Stock and Flow Diagram</i> (SFD).....	14
Tabel 2. 3 Cara Melakukan Validasi Model .....	16
Tabel 4. 1 <i>Revenue Site</i> Benteng_Somba_Opu_SNS_AG.....	32
Tabel 4. 2 Variabel Sistem <i>Revenue Site</i> Benteng_Somba_Opu_Sns_Ag .....	34
Tabel 4. 3 Simbol <i>Stock and Flow Diagram</i> .....	36
Tabel 4. 4 Perhitungan Error Data Aktual Data Simulasi <i>Revenue Site</i> Benteng_Somba_Opu_Sns_Ag.....	44
Tabel 5. 1 <i>Revenue</i> Hasil Simulasi <i>Revenue Site</i> Benteng_Somba_Opu_Sns_Ag .....	56
Tabel 5. 2 Perbandingan <i>Revenue</i> Tanpa Skenario dan Skenario Optimal.....	57
Tabel 5. 3 Perbandingan Jumlah Outlet Tanpa Skenario dan Skenario Optimal .....	58
Tabel 5. 4 Perbandingan SP dan Penjualan DSF Tanpa Skenario dan Skenario Optimal .....	58
Tabel 5. 5 Perbandingan Outlet dan SP Tanpa Skenario dan Skenario Optimal .....	59

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Komunikasi merupakan suatu aktivitas yang sangat berpengaruh dan diperlukan oleh manusia sebagai makhluk sosial. Teknik komunikasi jarak jauh dikenal dengan istilah telekomunikasi. Telekomunikasi mengalami perkembangan yang sangat pesat dari waktu ke waktu bersamaan dengan meningkatnya penggunaan teknologi informasi khususnya pada masa pandemi ini. Berdasarkan hasil survei yang dilakukan oleh Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia (APJII) tentang pengguna internet Indonesia tahun 2019-2020, terjadi peningkatan penetrasi pengguna internet di Indonesia sebesar 8,9 persen dari tahun 2018 sehingga dapat diproyeksikan pada tahun 2020 akan terjadi peningkatan sebesar 25,5 juta pengguna (Kominfo, 2020).

Peluang bisnis pada bidang telekomunikasi semakin besar. Hal tersebut meningkatkan persaingan diantara perusahaan telekomunikasi dalam meningkatkan jumlah konsumen dan *revenue*. Salah satu perusahaan telekomunikasi yang besar di Indonesia yaitu PT. XYZ. PT. XYZ memiliki jangkauan yang luas di Indonesia. Berdasarkan data dari laporan pengamatan jaringan seluler per Juli 2020 oleh opensignal.com untuk kategori pengalaman cakupan 4G, PT.XYZ berada di urutan ketiga dengan poin 5.8 dari 10.

PT. XYZ memiliki beberapa *sales area* yang tersebar di seluruh Indonesia untuk meningkatkan proses distribusi produk. Salah satu *sales area*-nya yaitu *Sales Area (SA)* Makassar. SA Makassar terdiri dari empat *micro cluster (MC)*, yaitu MC Makassar Kota 1, MC Makassar Kota 2, MC Maros, MC Gowa, dan MC Bulukumba. SA Makassar bekerja sama dengan PT. MDM untuk mendistribusikan produk. Setiap MC memiliki banyak *site* yang berfungsi sebagai pemancar jaringan. Jika suatu daerah memiliki *site* maka daerah tersebut harus memiliki *channel* distribusi PT. XYZ, secara tradisional yaitu *outlet*, agar produk PT. XYZ dapat didistribusikan pada daerah *site* tersebut untuk menopang peningkatan *revenue site*.

*Site* yang telah dipasang dan beroperasi selama tiga bulan pertama masuk ke dalam kategori *new site*. Setelah tiga bulan, *revenue site* akan dianalisis, jika pencapaiannya sesuai target maka akan masuk ke dalam kategori *graduate/profit*. Jika tidak, maka akan masuk ke dalam kategori *low site*. Adapun targetnya sebesar Rp 45.000.000,- yang merupakan harga pokok produksi dari *site* untuk setiap bulannya.

Berbagai program telah dijalankan oleh PT. XYZ dan PT. MDM untuk meningkatkan *revenue site* akan tetapi berdasarkan data per 28 Februari 2021, MC Makassar Kota 1 memiliki 16 *site* yang berada dalam kategori *low site*. Salah satunya yaitu *Site Benteng\_Somba\_Opu\_SNS\_AG* yang dalam 4 bulan terakhir memiliki *revenue* < Rp 45.000.000,-. Oleh karena itu diperlukan analisis sistem yang sedang berjalan di MC Makassar Kota 1 khususnya pada

*Site Benteng\_Somba\_Opu\_SNS\_AG* menggunakan simulasi sistem dinamik untuk mengetahui variabel-variabel yang dapat meningkatkan *revenue*, model simulasi, dan skenario terbaik yang dapat dijalankan agar *revenue site* dapat optimal.

## 1. 2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan permasalahan dari penelitian ini sebagai berikut:

- a. Apa saja variabel-variabel yang dapat meningkatkan *revenue site*?
- b. Bagaimana perancangan skenario terbaik untuk mengoptimalkan *revenue site*?
- c. Bagaimana model simulasi sistem dinamik yang dapat digunakan untuk menganalisa pengaruh variabel terhadap peningkatan *revenue*?

## 1. 3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka dapat ditetapkan tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Mengidentifikasi variabel-variabel yang dapat meningkatkan *revenue site*.
- b. Merancang skenario terbaik untuk mengoptimalkan *revenue site*.
- c. Membangun model simulasi sistem dinamik yang dapat digunakan untuk menganalisa pengaruh variabel terhadap peningkatan *revenue*.



#### **1.4 Batasan Masalah**

Masalah yang akan diteliti dan dibahas perlu dibatasi agar penelitian dapat lebih terarah. Adapun penelitian ini dibatasi hanya pada *site* di *Micro Cluster* Makassar Kota 1 yang berada dalam kategori *low site*.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Penelitian yang dilakukan diharapkan dapat bermanfaat sebagai tambahan referensi bagi perguruan tinggi, khususnya pada bidang simulasi sistem dinamik tentang pemodelan sistem dan simulasi sistem nyata suatu perusahaan sehingga dapat menjadi dasar pengambilan keputusan strategis bagi perusahaan yang menjadi objek penelitian. Selain itu, melalui penelitian ini peneliti dapat mengimplementasikan ilmu yang sudah dipelajari diperkuliahan dan menambah wawasan peneliti dalam mengkaji suatu sistem.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Sistem**

Sistem merupakan bagian dari dunia nyata yang terdiri dari kumpulan elemen atau komponen yang saling berinteraksi untuk mencapai tujuan tertentu (Ghafiqie A. , 2012). Sistem dibangun dengan batasan-batasan tertentu terhadap lingkungannya sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai (Akbar, 2017). Menurut Banks, et al (2004) sistem adalah sekumpulan objek yang saling berinteraksi dan saling interdependensi untuk memenuhi suatu tujuan tertentu (Banks, et al., 2004). Menurut Iswandy (2015) sistem terdiri kumpulan unsur yang disebut subsistem. Subsistem – subsistem ini yang akan saling berproses dan berinteraksi satu sama lain melalui komunikasi yang relevan sehingga sistem dapat berjalan secara efektif dan efisien dalam mencapai tujuannya.

Sistem berdasarkan perubahan terhadap waktu terbagi menjadi dua yaitu sistem diskrit dan sistem kontinyu. Sistem diskrit merupakan sistem dimana statusnya berubah secara diskrit dan sistem kontinyu merupakan sistem yang perubahan statusnya terjadi secara kontinyu dimana jumlah status sistem memiliki peluang terjadi tak terhingga (Ghafiqie A. , 2012).

## 2.2 Model

Menurut Yahya (2018) model didefinisikan sebagai representasi atau gambaran dari sistem nyata yang memiliki informasi penting untuk ditelaah. Model merupakan suatu pola yang dihasilkan untuk mempelajari sistem (Akbar, 2017). Model merupakan gambaran sederhana pengganti objek dari suatu sistem nyata untuk memahami kondisi tertentu (Ghafiqie A. , 2012). Dalam menyusun model ada beberapa hal yang harus diperhatikan menurut Yahya (2018), yaitu:

- a. Model yang dihasilkan akan benar jika teori yang digunakan benar sebab model merupakan gambaran dari sebuah teori.
- b. Model disusun berdasarkan asumsi yang sesuai dengan aturan atau teori yang berlaku.
- c. Kemungkinan adanya kesalahan dalam perhitungan metode numerik untuk model matematika harus didefinisikan dengan baik.

Model dapat diklasifikasikan dalam empat jenis yaitu model matematis atau model fisik, model statis atau model dinamis, model deterministik atau model stokastik, dan model diskrit atau model kontinyu. Berikut penjelasannya model berdasarkan klasifikasi tersebut (Banks, et al., 2004).

a. Model matematis atau model fisik

Model matematis menggunakan formulasi dan perhitungan untuk menggambarkan sistem dan model fisik menggunakan benda yang nyata secara fisik untuk menggambarkan model.

b. Model statis atau model dinamis

Model statis menggambarkan sistem pada satu waktu tertentu dan model dinamis menggambarkan sistem dari waktu ke waktu secara kontinyu.

c. Model deterministik atau model stokastik

Model deterministik tidak memiliki variabel acak dalam inputnya sehingga variabelnya sudah diketahui atau dapat ditentukan dan model stokastik memiliki variabel acak sehingga tidak dapat diperkirakan sebelumnya.

d. Model diskrit atau model kontinyu

Model diskrit merupakan model yang variabelnya berubah secara diskrit dari waktu ke waktu dan model kontinyu merupakan model yang variabelnya berubah secara kontinyu dari waktu ke waktu.

### **2.3 Simulasi**

Simulasi merupakan metodologi percobaan terhadap model untuk mengetahui dan mengevaluasi sistem nyata (Akbar, 2017). Simulasi memiliki keunggulan yaitu dapat memperbaiki sistem nyata tanpa mengganggu kinerjanya (Riyanto, 2016). Menurut Kristanto (2015) simulasi didasari atas model yang dibangun dari sistem nyata untuk menggambarkan kondisinya.

Simulasi memproses model agar meniru tingkah laku sistem nyata (Ghafiqie A. , 2012).

Dalam pelaksanaan simulasi terdapat 4 tahapan yang dapat dilakukan yaitu penyusunan konsep, perumusan model, simulasi model, dan validasi hasil simulasi (Kristanto, 2015). Menurut Akbar (2017) terdapat 4 cakupan sistem dalam simulasi yaitu entitas, aktivitas, *resources*, dan kontrol.

#### **2.4 Optimalisasi**

Optimalisasi adalah hasil kerja sesuai target atau lebih dari standar yang telah ditetapkan (Solomon, 2016). Menurut Maita (2019) optimalisasi adalah hasil efektif atau hasil ideal yang dapat dicapai dari suatu sistem untuk memaksimalkan keuntungan atau meminimumkan biaya dengan memperhatikan beberapa variabel. Optimalisasi dilakukan untuk mendapatkan proses dan hasil terbaik dari pilihan-pilihan yang ada. Dalam penelitian ini optimalisasi diharapkan dapat meningkatkan *revenue site* agar dapat masuk ke dalam kategori *profit/graduate*.

#### **2.5 Sistem Dinamik**




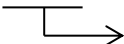

Sistem dinamik pertama kali diperkenalkan pada tahun 1950-an oleh Jay W. Forrester untuk memecahkan permasalahan kompleks dalam sistem karena hubungan sebab akibat dari berbagai variabel (Buntuan, 2010). Menurut Forrester (1989) sistem dinamik didefinisikan sebagai metode untuk memahami tingkah laku sistem dari waktu ke waktu. Sistem dinamik adalah metodologi untuk mempelajari suatu sistem yang kompleks (Khotimah,

2015). Sistem dinamik adalah metodologi untuk memahami masalah atau sistem yang kompleks pada berbagai sektor untuk analisa dan perancangan kebijakan (Kristanto, 2015). Menurut Andhika (2019) sistem dinamis digunakan untuk mengevaluasi dan menilai proses, kebijakan, dan implementasi secara berkelanjutan.

#### 2.4.1 Variabel Sistem Dinamik

Sistem dinamik memiliki beberapa variabel untuk mempermudah dalam mengkalkulasi model yang berisikan formulasi matematis (Buntuan, 2010). Berikut jenis variabel-variabel tersebut:

Tabel 2.1 Variabel Sistem Dinamik

Variabel	Nama	Keterangan
	<i>Level</i>	Total seluruh elemen dari waktu ke waktu
	<i>Rate</i>	Mempengaruhi perubahan nilai <i>level</i>
	<i>Auxiliary</i>	Variabel tambahan untuk menyederhanakan hubungan antara <i>level</i> dan <i>rate</i>
	<i>Constanta</i>	Informasi yang memiliki nilai tetap sepanjang periode simulasi untuk <i>rate</i> atau <i>auxiliary</i>
	Garis Penghubung	Penghubung antar variabel atau variabel dengan konstanta

#### 2.4.2 Konsep Sistem Dinamik

Menurut Sterman dalam Akbar (2017) sistem dinamis memiliki 4 konsep dasar struktur dan perilaku sistem sebagai berikut:

a. Ruang lingkup yang tertutup

Variabel yang berada di dalam sistem merupakan variabel yang menimbulkan hubungan sebab-akibat dan variabel yang tidak terlalu berdampak berada di luar sistem.

b. *Loop* umpan balik merupakan bagian dasar sistem

*Loop* umpan balik pada sistem tertutup mempengaruhi perubahan perilaku sistem dari waktu ke waktu.

c. *Level* dan *rate*

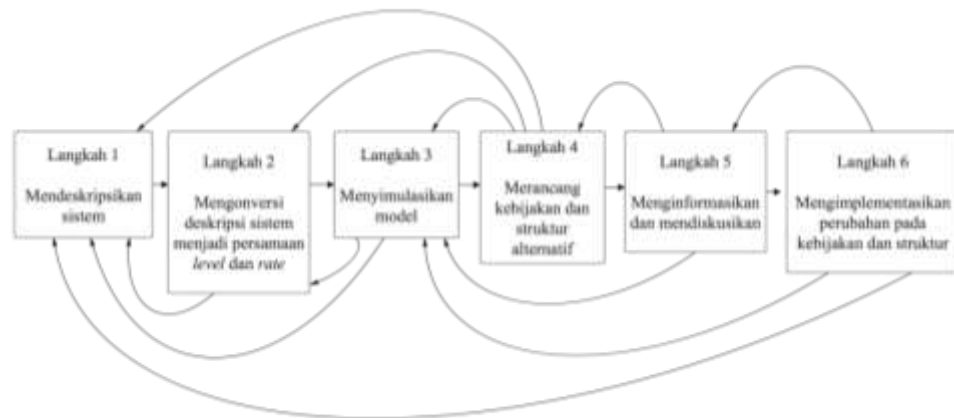
*Level* dan *rate* merupakan dua variabel dasar dari sistem dinamis.

*Level* adalah total seluruh elemen dari waktu ke waktu, misalnya jumlah persediaan. Perubahan nilai *level* dipengaruhi oleh *rate*.

d. Sistem yang diharapkan, sistem nyata, dan perbedaan antara sistem yang diharapkan dengan sistem nyata.

### 2.4.3 Rangkaian Proses Sistem Dinamis

Sistem dinamis dapat menyimulasikan sistem nyata dengan mempelajari dan memahami perilaku sistem yang kompleks. Dalam menopang hal tersebut diperlukan rangkaian proses yang dapat memberikan umpan balik dalam memahami sistem. Menurut Forrester (1994) berikut rangkaian proses dalam sistem dinamis:



Gambar 2.1 Rangkaian Proses dalam Sistem Dinamis

Sumber: Forrester (1994)

Langkah 1 diawali karena adanya perilaku sistem yang tidak sesuai dan ingin diperbaiki sehingga langkah awal yang dilakukan yaitu mendeskripsikan sistem agar mudah dimengerti dan dapat dihasilkan hipotesis.

Langkah 2 dimulai dengan merumuskan model simulasi dengan cara mengubah deskripsi sistem pada langkah 1 menjadi persamaan *level* dan *rate*. Persamaan yang ditulis dapat menunjukkan ketidakkonsistenan dan perbedaan pada tahap deskripsi.

Langkah 3 adalah menyimulasikan model. Oleh karena itu, persamaan pada langkah 2 harus memenuhi kriteria logis untuk menjalankan sebuah model. Jika persamaan tidak memenuhi kriteria logis maka akan diarahkan untuk melakukan perbaikan pada persamaan langkah 2. Pada langkah ini dilakukan simulasi berupa



beberapa pertanyaan dan pengulangan langkah 1 dan langkah 2 untuk meyakinkan jika model dapat memenuhi tujuan.

Langkah 4 yaitu merancang skenario alternatif kebijakan dan struktur untuk diuji guna mendapatkan skenario yang terbaik. Alternatif tersebut bersumber dari intuisi dari tiga langkah awal, pengalaman analis, masukan dari tim operasi sistem, dan perubahan parameter. Alternatif terbaik sering berasal dari perubahan struktur sistem.

Langkah 5 merupakan konsensus untuk implementasi skenario, diperlukan adanya informasi dan diskusi terkait hal tersebut. Pada langkah ini model akan menunjukkan bagaimana sistem menyebabkan masalah dan menunjukkan bagaimana kemampuan memimpin dan mengoordinasi pimpinan.

Langkah 6 merupakan tahap implementasi kebijakan baru. Implementasi ini dapat berjalan lancar, walaupun ada beberapa membutuhkan waktu yang lama, jika tahap 5 dapat dilaksanakan dengan baik. Untuk mengimplementasikan kebijakan baru diperlukan sumber informasi baru, pelatihan-pelatihan, dan kebijakan lama harus dihilangkan.

#### **2.4.4 *Causal Loop Diagram (CLD)***

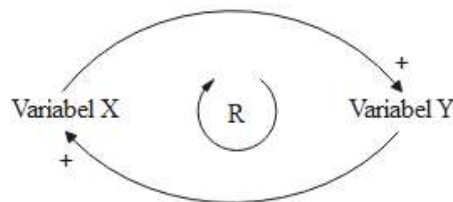
Menurut Sterman (2000) CLD merupakan gambaran hubungan sebab akibat variabel yang dihubungkan dengan *causal link* oleh anak

panah. *Link polarity* merupakan bagian dari *causal link* yang mengindikasikan kemungkinan yang terjadi pada sistem, positif (+) menunjukkan hubungan tegak lurus variabel dependen dan variabel independen serta negatif (-) menunjukkan hubungan yang berbanding terbalik antar variabel dependen dan variabel independen (Akbar, 2017).

CLD memiliki *loop identifier* yang berfungsi untuk mengetahui *feedback* dari *loop* apakah positif (*reinforcing*) atau negatif (*balancing*). Menurut Sterman (2000) CLD memiliki dua jenis *feedback loop* sebagai berikut:

a. *Reinforcing Feedback Loop*

*Reinforcing feedback loop* adalah *feedback* positif yang menggambarkan hubungan tegak lurus antara variabel X dan variabel Y sehingga makin besar variabel X maka semakin besar variabel Y. Berikut gambar *reinforcing feedback loop*.

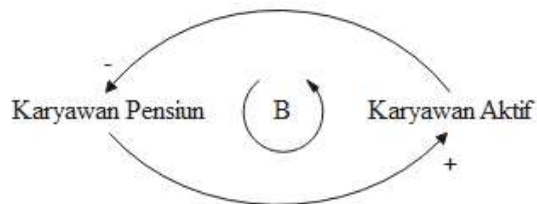


Gambar 2.2 *Reinforcing Feedback Loop*

b. *Balancing Feedback Loop*

*Balancing feedback loop* adalah *feedback* negatif yang bertujuan untuk menstabilkan sistem. Contohnya yaitu tingkat jumlah

karyawan yang pensiun terhadap jumlah karyawan aktif perusahaan. Ketika jumlah karyawan aktif meningkat maka jumlah karyawan pensiun juga akan meningkat, namun jumlah karyawan yang pensiun tidak dapat meningkatkan jumlah karyawan aktif. Berikut gambar *balancing feedback loop*.





Gambar 2.3 *Balancing Feedback Loop*

#### 2.4.5 *Stock and Flow Diagram (SFD)*

*Stock and flow diagram* (SFD) merupakan representasi struktur sistem secara rinci (Ghafiqie A. , 2012). SFD terdiri dari dua kata yaitu *stock* dan *flow*. Menurut Akbar (2017) “*stock* merupakan akumulasi yang dapat bertambah dan berkurang, sedangkan *flow* adalah proses yang menyebabkan *stock* bertambah atau berkurang”. Berikut simbol-simbol dan contoh SFD:

Tabel 2.2 Simbol-Simbol *Stock and Flow Diagram* (SFD)

Simbol	Nama	Keterangan
	<i>Stock</i>	Penjumlahan yang dapat mengalami peningkatan dan penurunan.
	<i>Flow</i>	Dapat menyebabkan nilai <i>stock</i> bertambah atau berkurang. <i>Inflow</i> menggambarkan anak panah menuju <i>stock</i> dan <i>outflow</i> menggambarkan anak panah keluar dari <i>stock</i> .

	<i>Valve</i>	Mengatur kecepatan <i>flow</i>
	<i>Source or Sink</i>	<i>Source or Sink</i> dianggap memiliki nilai yang tidak terbatas. <i>Source</i> menunjukkan <i>inflow</i> yang berasal dari luar model dan <i>sink</i> menunjukkan <i>outflow</i> yang keluar dari model.

Sumber: Sterman (2000)



Gambar 2.4 Contoh Gambar *Stock and Flow Diagram* (SFD)

Sumber: Sterman (2000)

## 2.6 Perangkat Lunak Simulasi

Perangkat lunak dalam simulasi sistem dinamis digunakan untuk menggambarkan perilaku model secara cepat dan tepat (Khotimah, 2015). Manfaat perangkat lunak menurut Kristanto (2015) yaitu mempermudah dalam menganalisis model dan proses validasi karena mampu merepresentasikan model secara visual. Ada beberapa perangkat lunak yang sering digunakan, seperti *AnyLogic*, *Vensim*, *Dynamo*, *Ithink*, *Stella*, dan *Power Simulation*. Adapun pada penelitian ini menggunakan *AnyLogic Professional 8.7.3*.

*AnyLogic* merupakan *software* yang digunakan untuk membangun secara visual model simulasi dinamis. *Software* ini dapat membantu penggunanya untuk membangun model simulasi dengan cepat karena tidak memerlukan bahasa pemrograman yang harus terlebih dipelajari. *AnyLogic*

merupakan satu-satunya *software* yang mendukung tiga pendekatan sekaligus, yaitu dinamika sistem, proses-sentris (AKA *Discrete Event*), dan pemodelan berbasis agen (Rahardi, 2019).

## 2.7 Verifikasi dan Validasi

Menurut Khotimah (2015) verifikasi merupakan tahap untuk membuktikan hasil simulasi telah sesuai dengan model konsep sedangkan validasi merupakan tahap menguji kesesuaian model yang telah dibuat dengan sistem nyata, ketidaksesuaian yang ada akan menghasilkan hasil yang menyimpang. Verifikasi bertujuan untuk memeriksa kekonsistenan formulasi matematis sistem dan validasi bertujuan untuk mengetahui keakuratan model terhadap sistem yang direpresentasikan (Putranti, 2011). Tabel 2.3 menunjukkan cara-cara validasi model.

Tabel 2. 3 Cara Melakukan Validasi Model

Jenis Pengujian	Tujuan	Alat dan Prosedur
Kecukupan Batasan	Mengetahui batasan masalah apakah sudah endogenous	Grafik batasan, diagram sub-sistem, diagram sebab-akibat, peta <i>stock and flow</i> , dan pemeriksaan persamaan model secara langsung
	Mengetahui apakah perilaku model berubah signifikan ketika batasan masalah diubah	Wawancara, <i>workshop</i> untuk mendapatkan opini para ahli, bahan-bahan utama, literatur, partisipasi langsung pada proses sistem
	Mengetahui apakah rekomendasi kebijakan akan berubah ketika batasan model diperluas	Modifikasi model untuk mendapatkan struktur tambahan yang mungkin, membuat konstanta dan variabel eksogenus dan endogenus, lalu ulangi analisa kebijakan dan sensitivitas
Penilaian struktur	Mengetahui apakah struktur model konsisten dengan informasi yang relevan dari sistem	Diagram struktur kebijakan, diagram sebab-akibat, peta <i>stock and flow</i> , pemeriksaan persamaan model secara langsung

	Mengetahui kecukupan tingkat agregasi	Wawancara, <i>workshop</i> untuk mendapatkan opini para ahli, bahan-bahan utama, literature, partisipasi langsung pada proses sistem
	Mengetahui apakah model tersebut menyesuaikan dengan hukum alam	Melakukan tes terhadap model secara parsial dengan kebijakan yang diinginkan Melakukan percobaan laboratorium untuk mendapatkan mental model dan kendali kebijakan dan partisipan
	Mengetahui apakah kebijakan dapat mengendalikan perilaku sistem	Bangun sub-model parsial dan bandingkan perilakunya terhadap perilaku secara keseluruhan Perhatikan beberapa variabel kemudian ulangi analisa kebijakan dan sensitivitas
Konsistensi dimensi	Mengetahui apakah tiap persamaan sudah konsisten dengan menggunakan parameter yang benar	Gunakan <i>software</i> analisa dimensi, periksa persamaan model di variabel-variabel tertentu
Penilaian parameter	Mengetahui apakah nilai parameter telah sesuai dengan pengetahuan deskriptif dan numerik sistem	Gunakan metode statistik untuk memperkirakan parameter
		Gunakan tes model secara parsial untuk mengkalibrasi sub-sistem
Kondisi ekstrim	Mengetahui apakah model tersebut masih sesuai dengan masukan kondisi ekstrim	Gunakan metode penilaian berdasarkan wawancara, opini para ahli, FGD, pengalaman langsung, dsb
		Gunakan beberapa sub-model untuk memperkirakan hubungan dalam keseluruhan model
Kondisi ekstrim	Mengetahui apakah model memungkinkan merespon kebijakan, gangguan, dan parameter ekstrim	Periksa setiap persamaan, tes respon pada nilai ekstrim di tiap input, tiap bagian, atau dalam kombinasi
		Subjek model pada gangguan besar dan kondisi ekstrim. Gunakan tes sesuai dengan aturan dasar (missal: tidak ada inventori, tidak ada <i>shipment</i> , dll)
<i>Error</i> dalam integrase	Mengetahui apakah hasil simulasi sensitif terhadap pemilihan <i>time step</i> atau metode integrasi numerik	Gunakan setengah <i>time step</i> dan tes perubahan perilakunya. Gunakan metode integrasi berbeda dari tes perubahan perilakunya
Reproduksi	Mengetahui apakah	Gunakan pengukuran statistik untuk

perilaku	model menghasilkan perilaku penting dari sistem	melihat kesesuaian antara model dan data
	Mengetahui apakah variabel endogenus menghasilkan gejala kesulitan pembelajaran	Bandingkan keluaran model dengan data secara kualitatif termasuk perilaku sederhana, ukuran variabel, asimetris, amplitudo dan fase relatif, kejadian yang tidak biasa
	Mengetahui apakah model menghasilkan beberapa perilaku sederhana seperti pada dunia nyata	
	Mengetahui apakah frekuensi dan fase hubungan antar variabel sesuai dengan data	Perilaku respon model terhadap input tes, <i>shock event</i> dan <i>noise</i>
Anomali perilaku	Mengetahui apakah ada anomali perilaku ketika asumsi model diubah atau dihilangkan	<i>Zero out key effect</i> , gantikan asumsi <i>equilibrium</i> dengan asumsi dengan struktur <i>disequilibrium</i>
Perilaku mengejutkan	Mengetahui apakah model menghasilkan perilaku yang tidak terduga	Pertahankan akurasi, kelengkapan, dan <i>record</i> data dari simulasi model. Gunakan model untuk mensimulasikan perilaku masa mendatang dari sistem
	Mengetahui apakah model bias mengantisipasi respon sistem pada kondisi baru	Pisahkan semua ketidaksesuaian antara model dengan pengertian terhadap sistem nyata
Analisa sensitivitas	Mengetahui apakah sensitivitas numerik menyebabkan perubahan nilai secara signifikan	Gunakan analisa sensitivitas univariat dan multivariat, gunakan metode analitis (linier, local dan analisa stabilitas global)
	Mengetahui apakah sensitivitas perilaku menyebabkan perubahan perilaku sederhana model secara signifikan	Buat batasan model dan daftar tes agregat untuk tes diatas
	Mengetahui apakah sensitivitas kebijakan menyebabkan perubahan implikasi kebijakan secara signifikan	Gunakan metode optimasi untuk mendapatkan parameter dan kebijakan terbaik
Perbaikan sistem	Mengetahui apakah proses <i>modeling</i> membantu merubah	Desain percobaan terkontrol dengan perlakuan dan kontrol grup, tugas acak, penilaian sebelum dan sesudah

Sumber : Sterman dalam Akbar (2017)

Proses validasi juga dapat dilakukan dengan cara menghitung *error* dan variasi penyimpangan dari rata-rata data aktual terhadap hasil simulasi sebagai syarat menjadi model ilmiah yang dikenal dengan istilah *behaviour validity test* (Akbar, 2017). Berikut rumus validasi menurut Barlas (1996):

a. Persentase *error* pada rata-rata data ( $E_1$ )

$$E_1 = \frac{|\bar{S} - \bar{A}|}{\bar{A}} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana,

$$\bar{S} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N S_i \dots\dots\dots (2.2)$$

$$\bar{A} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N A_i \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan:

$\bar{S}$  = Rata-rata data simulasi

$\bar{A}$  = Rata-rata data aktual

$S_i$  = data simulasi

$A_i$  = data aktual

$N$  = jumlah data

Model dinyatakan valid jika  $E_1 \leq 5\%$

b. Persentase *error* pada variasi ( $E_2$ )

$$E_2 = \frac{|S_s - S_A|}{S_A} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana,

$$S_s = \sqrt{\frac{1}{N} \sum (S_i - \bar{S})^2} \dots\dots\dots (2.5)$$



$$S_A = \sqrt{\frac{1}{N} \sum (A_i - \bar{A})^2} \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan:

$S_s$  = Standar deviasi model

$S_A$  = Standar deviasi data actual