

TEORI SIMULASI DAN PEMODELAN: **KONSEP, APLIKASI DAN TERAPAN**

Buku ini berisi dasar pemodelan sistem dan operasi sistem ril, teknik simulasi dapat digunakan untuk penyelesaian beragam persoalan yang menyangkut dengan sistem dan operasi sistem. Penerapan Simulasi dapat diaplikasikan dengan menggunakan prosedur pengoperasian sistem yang secara khusus disusun untuk menyelesaikan persoalan yang dihadapi. Sedangkan prosedur yang digunakan disusun berdasarkan pemodelan dan analisis sistem.

Beberapa contoh aplikasi simulasi diambil dari beberapa penelitian baik jurnal maupun buku yang disajikan dalam bentuk-bentuk umum simulasi dan dalam bentuk-bentuk khusus untuk penyelesaian persoalan system dalam berbagai aplikasi persoalan misalnya persoalan sistem antrian dan persoalan sistem persediaan. Contoh-contoh aplikasi ini diharapkan dapat menumbuhkan penguasaan atas penggunaan teknik simulasi.



Penerbit WADE GROUP

Web. BuatBuku.com

Jl. Pos Barat Km.1 Melikan Ngimput
Purwosari Babadan Ponorogo Indonesia 63491
INDONESIA



9 786026 802118



FAKULTAS TEKNIK
PRODI TEKNIK INFORMATIKA
UNIVERSITAS TRUNOJOYO MADURA



TEORI SIMULASI DAN PEMODELAN: **KONSEP, APLIKASI DAN TERAPAN**

Bain Khusnul Khotimah, S.T, M.Kom



Bain Khusnul Khotimah, S.T, M.Kom

**TEORI SIMULASI DAN PEMODELAN:
KONSEP, APLIKASI DAN
TERAPAN**



Penerbit WADE GROUP

**TEORI SIMULASI DAN PEMODELAN:
KONSEP, APLIKASI DAN TERAPAN**

Penulis : **Bain Khusnul Khotimah, S.T, M.Kom.**
ISBN : 978-602-6802-11-8
Desain & Layout : **Abu Muntaha**
Cover Image : <http://www.google.com>

Penerbit WADE GROUP --- BuatBuku.com

CV. WADE GROUP

Jl. Pos Barat Km.1 Ngimput Purwosari Babadan Ponorogo Indonesia 63491

BuatBuku.com

waderayasa@gmail.com

INDONESIA

Cetakan Pertama, November 2015

Hak Cipta © 2015 pada Penulis

Hak Cipta dilindungi undang-undang.

Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun, baik secara elektronik maupun mekanis, termasuk memfotocopy, merekam atau dengan sistem penyimpanan lainnya, tanpa seizin tertulis dari Penulis.

Perpustakaan Nasional: Katalog Dalam Terbitan (KDT)

xiv + 238 hlm.; 15,5 x 23 cm

Kata Pengantar

Puji syukur Kita panjatkan kehadiran Allah SWT serta sholawat dan salam kita hatur ke junjungan Nabi Mohammad SAW, berkat rahmat-Nya serta syafaatnya sehingga penulisan buku ajar **“Teori Simulasi Dan Pemodelan: Konsep, Aplikasi Dan Terapan”** ini dapat terselesaikan. Penulisan buku ajar ini, dimaksudkan untuk memberikan gambaran tentang konsep, perkembangan, teori, pemodelan, dan perkembangan aplikasi simulasi kepada para pembaca, khususnya mahasiswa yang menempuh mata kuliah Simulasi.

Buku ini berisi dasar pemodelan sistem dan operasi sistem ril, teknik simulasi dapat digunakan untuk penyelesaian beragam persoalan yang menyangkut dengan sistem dan operasi sistem. Penerapan Simulasi dapat diaplikasikan dengan menggunakan prosedur pengoperasian sistem yang secara khusus disusun untuk menyelesaikan persoalan yang dihadapi. Sedangkan prosedur yang digunakan disusun berdasarkan pemodelan dan analisis sistem. Beberapa contoh aplikasi simulasi diambil dari beberapa penelitian baik jurnal maupun buku yang disajikan dalam bentuk-bentuk umum simulasi dan dalam bentuk-bentuk khusus untuk penyelesaian persoalan system dalam berbagai aplikasi persoalan misalnya persoalan sistem antrian dan persoalan sistem persediaan. Contoh-contoh aplikasi ini diharapkan dapat menumbuhkan penguasaan atas penggunaan teknik simulasi.

Dalam proses belajar mengajar, guna menunjang proses tersebut kami menyusun buku ajar ini yang diperuntukkan bagi mahasiswa, yang juga diharapkan dapat digunakan sebagai acuan materi antar dosen yang mengajar pada beberapa kelas parallel di Jurusan Teknik Informatika. Kami sangat mengharapkan saran dan

kritik membangun dari para mahasiswa, dosen dan pembaca guna kesempurnaan catatan kuliah ini.

Bangkalan, 2015

Bain Khusnul Khotimah

DAFTAR ISI

Kata Pengantar...iii

Daftar Isi...v

Daftar Gambar...xi

Daftar Tabel...xiii

BAB I. KONSEP DASAR MODEL SIMULASI...1

- 1.1 Dunia Nyata dan Sistem...3
 - 1.1.1 Tujuan Imitasi pada Simulasi...3
 - 1.1.2 Simulasi Penyelesaian Persoalan...5
 - 1.1.3 Konsep Simulasi...6
- 1.2 Tahapan Simulasi...9
- 1.3 Dasar-dasar Pemodelan Sistem...11
- 1.4 Bentuk Operasi Maya dan Simulasi...20
- 1.5 Prosedur Pengoperasian Sistem Maya...21
- 1.6 Operasi Maya Sistem Diskrit...22
- 1.7 Simulasi dengan Operasi Statik...24
- 1.8 Simulasi dengan Operasi Dinamik...26
- 1.9 Bentuk Nilai Simulasi Deterministik...27
- 1.10 Simulasi Stokastik...29
- 1.11 Verifikasi dan Validasi Simulasi...31
- 1.12 Rangkuman...32

BAB II. PEMODELAN SISTEM DINAMIK...35

- 2.1 Pendekatan dalam Sistem Dinamik...37
- 2.2 Simulasi dalam Sistem Dinamik...40
 - 2.2.1 Pemodelan Sistem Dinamik...41
- 2.3 Perangkat Lunak Simulasi...42
 - 2.3.1 Sub Model Pasar/Penjualan...45
 - 2.3.2 Sub Model Konsumen Rumah Tangga...46
 - 2.3.3 Sub Model Jumlah Tangkapan...47
 - 2.3.4 Sub Model SDM...48
 - 2.3.5 Diagram Stok Aliran (Stock Flow Digram)...49
- 2.4 Analisis Kebutuhan...50
 - 2.4.1 Interaksi Antar Variabel...50
 - 2.4.2 Diagram Stock And Flow...52
- 2.5 Simulasi Hasil Pemodelan UKM...55
- 2.6 Rangkuman...57

BAB III. SISTEM TUNGGU...61

- 3.1 Teori Antrian...62
 - 3.1.1 Komponen Proses Antrian...63
- 3.2 Model-Model Antrian...67
- 3.3 Aplikasi Antrian Pada Layanan Bandara...89
 - 3.3.1 Pengolahan Data Waktu Kedatangan...92
 - 3.3.2 Pengolahan Data Waktu Pelayanan...97

3.3.3	Perhitungan Variabel Model Antrian...	102
3.4	Rangkuman...	105
BAB IV.	PEUBAH ACAK...	109
4.1	Sebaran Peluang Peubah Acak Diskret...	110
4.2	Sebaran peubah Acak Kontinu...	118
4.3	Sebaran Peluang Bersama...	120
4.4	Rangkuman...	123
BAB V.	NILAI HARAPAN (EKSPETASI)...	127
5.1	Gambaran Nilai Harapan...	128
5.2	Kaedah-kaedah Nilai harapan...	133
5.3	Nilai Harapan Khusus...	136
5.4	Sifat-sifat Koefisien korelasi (r)...	140
5.5	Sifat-sifat Ragam/Variasi...	146
5.6	Teorema Chebyshev...	149
5.7	Rangkuman...	152
BAB VI.	SEBARAN PELUANG DISKRET...	157
6.1	Sebaran Seragam...	158
6.2	Sebaran Binomial dan Multinomial...	160
6.3	Sebaran Hipergeometrik...	167
6.4	Sebaran Poisson...	171
6.5	Sebaran Binomial Negatif dan Geometrik...	177

6.6	Rangkuman...	181
-----	--------------	-----

BAB VII. SEBARAN NORMAL...185

7.1	Kurva Normal...	186
7.2	Luas Daerah Di bawah Kurva Normal...	190
7.3	Pendekatan Normal terhadap Binomial...	193
7.4	Rangkuman...	199

BAB VIII. PENGEMBANGAN MODEL...203

8.1	Pemodelan Simulasi Kejadian Diskrit Dinamis...	204
8.2	Teknik Representasi kejadian system...	206
8.3	Simulasi Monte Carlo...	209
8.4	Sistem Komputer Time-Shared...	211
8.4.1	Formulasi Masalah...	213
8.4.2	Model Analitik...	216
8.4.3	Pertimbangan Pemrograman dan Struktur Data...	222
8.4.4	Penambahan Waktu dalam Model Simulasi...	222
8.5	Aplikasi Pemodelan Simulasi untuk Sistem Antrian Kesehatan...	223
8.5.1	Kejadian kondisional diskret...	224
8.5.2	Pemrosesan Kejadian...	224
8.5.3	Kejadian (Event)...	225

8.5.4	Proses Simulasi <i>Pro Model</i> ...	227
8.5.5	Verifikasi dan Validasi Model...	228
8.6	Permasalahan Analisis dalam Model Simulasi...	228
8.7	Rangkuman...	236

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Sistem ril dan sistem imitasi	4
Gambar 1.2. Gambaran pemodelan simulasi	6
Gambar 1.3 Model konseptual simulasi	7
Gambar 1.4. Tahapan Simulasi	11
Gambar 1.9. Kurva Karakteristik Beberapa Ketidaklinieran	14
Gambar 1.5 Wilayah Kerja Simulasi	17
Gambar 1.6 Ilustrasi Operasi Diskrit dari Operasi Kontinu	24
Gambar 1.7 Simulasi statik atas satu segmen aktivitas	25
Gambar 1.12. Simulasi dinamik dalam periode ganda	26
Gambar 2.1 Pendekatan Sistem dengan Simulasi Sistem Dinamik	42
Gambar 2.2 Diagram Simpal Kausal	45
Model Perikanan di Kabupaten Konawe Selatan	45
Gambar 2.3 Model Sub Sistem Pasar	46
Gambar 2.4 CLD Sub Sistem Model Konsumen	47
Gambar 2.5 CLD Sub Sistem Model Jumlah Tangkapan	47
Gambar 2.6 CLD Sub Model SDM/Penduduk	48
Gambar 2.7 Diagram Alir Model Sistem Perikanan Lengkap	49
Gambar 2.8 Interaksi Antar Variabel Awal	52
Gambar 2.9 Submodel Teknologi	53
Gambar 2.10 Submodel Permintaan dan Produksi	53
Gambar 2.11 Submodel Keuangan	54
Gambar 2.12 Submodel Kebijakan Investasi	54
Gambar 2.13. Hasil Simulasi Skenario	56
Gambar 3.1 Komponen Dasar Antrian	63

Gambar 3.2. Antrian Satu Saluran Satu Tahap.....	65
Gambar 3.3. Antrian Banyak Saluran Satu Tahap.....	66
Gambar 3.4. Antrian Satu Saluran Banyak Tahap.....	66
Gambar 3.5. Antrian Banyak Saluran Banyak Tahap.....	66
Gambar 3.6. Model Antrian.....	67
Gambar 3.7 Model Antrian Model M/M/1/I/I	68
Gambar 3.8 Model Antrian Model M/M/S/I/I.....	72
Gambar 3.9. Model Antrian Model M/M/1/I/F	80
Gambar 3.10. Model Antrian Model M/M/S/F/I.....	83
Gambar 4.1 Grafik sebaran peluang diskret	112
$\int_a^b f(x)dx$	
Gambar P(a<x<b) = $\int_a^b f(x)dx$	119
Gambar 6.1 histogram dari sebaran seragam $f(x;6) = 1/6$	160
Gambar 7.1 kurva normal	187
Gambar 7.1 Kurva Normal	189
Gambar 7.2 Kurva Normal $f(x_1 < x < x_2) =$ luas daerah yang diarsir..	190
7.3 Gambar hubungan antara luasan dan $N(\mu, \sigma^2)$	192
Gambar 7.3 Hampiran Kurva Normal terhadap $b(x;16,0,5)$	194
Gambar 8.1. Graf kejadian sistem perbaikan mesin	209
Gambar 8.2. Sistem komputer time-shared	211
Gambar 8.4. Logika pemrograman time-shared computer	221
Gambar 8.5 Model Konseptual.....	226
Gambar 8.6 Aliran Diagram Entitas	226
Gambar 8.7 Contoh gambar Simulasi <i>Pro Model</i>	227

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Simbol-simbol Diagram Alir	43
Tabel 3.1 Maskapai Penerbangan Yang Beroperasi	90
di Bandara Adisutjipto Yogyakarta.....	90
Tabel 3.3 Waktu Kedatangan Penumpang <i>Check-In</i> Batavia	91
Tabel 3.4 Waktu Pelayanan Penumpang <i>Check-In</i> Batavia.....	92
Tabel 3.5 Distribusi Frekuensi Waktu Kedatangan	93
Tabel 3.6 Hasil Perhitungan χ^2 Untuk Waktu Kedatangan Penumpang.....	97
Tabel 3.7 Distribusi Frekuensi waktu Pelayanan.....	98
Tabel 3.8 Hasil Perhitungan χ^2 Untuk Waktu Pelayanan Penumpang	101
Table 5.1. Sebaran peluang	130
Tabel 8.1. Biaya dan pengurangan waktu koneksi dengan beberapa alternatif memori.....	213
Tabel 1. Waktu terhubung rata-rata	218
Tabel 1. Hasil Analisis Data Input	227

BAB I

KONSEP DASAR MODEL SIMULASI

BAB I

KONSEP DASAR MODEL SIMULASI

Tujuan Intruksional Umum

1. Mahasiswa mengerti arti dan manfaat studi simulasi, serta mendapat gambaran tentang cakupan studi simulasi
2. Mahasiswa dapat membangun model yang akan disimulasikan dan memahami definisi simulasi.

Tujuan Intruksional Khusus

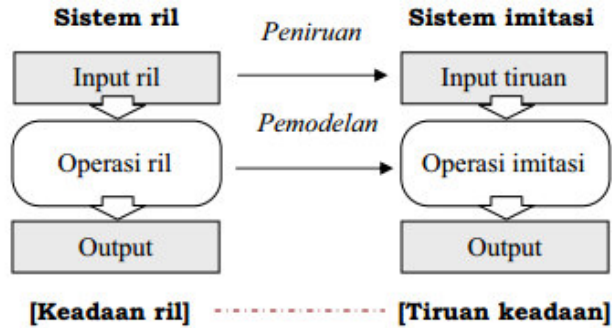
1. Mahasiswa mampu mengikhtisarkan pentingnya simulasi sehingga lebih termotivasi untuk memahaminya lebih lanjut
2. Mahasiswa dapat menyebutkan manfaat dan kelebihan-kelebihan pendekatan simulasi.
3. Mahasiswa dapat menyebutkan bidang-bidang atau ilmu-ilmu yang sering menggunakan pendekatan simulasi.
4. Mahasiswa mampu membandingkan sistem dan model, dan menyimpulkan perlunya model untuk kebutuhan simulasi.
5. Mahasiswa mampu menggolongkan model ke dalam simulasi matematis, baik yang statis maupun dinamis.

1.1 Dunia Nyata dan Sistem

Dalam penerapan dunia nyata maka segala sesuatu pasti mengikuti suatu aturan seperti air yang mengalir dari tempat yang tinggi (gunung) ke tempat (dataran) yang lebih rendah. Sedangkan pada pemakaian suatu alat bantu yang sangat penting ialah model abstrak yang perilaku esensialnya mencerminkan perilaku dunia nyata (realita) yang diwakilinya. Model digunakan dalam banyak cara untuk mendiskripsikan system untuk mendisain dan mengelola sistem sebagai fungsi analisis. Analisis ini didefinisikan sebagai determinasi output model, dengan menggunakan input dan struktur model yang telah diketahui. Dalam membangun analisis simulasi maka dibangunlah system imitasi dalam simulasi.

1.1.1 Tujuan Imitasi pada Simulasi

Menurut pendefinisian pada berbagai kamus, kata simulasi diartikan sebagai cara mereproduksi kondisi dari suatu keberadaan dengan menggunakan model dalam rangka studi pengenalan atau pengujian atau pelatihan dan yang sejenis lainnya. Simulasi dalam bentuk pengolahan data merupakan imitasi dari proses dan input ril yang menghasilkan data output sebagai gambaran karakteristik operasional dan keadaan pada sistem. Hubungan sistem ril dengan sistem imitasi dalam simulasi disajikan pada Gambar 1.2. (Napitupulu, 2009).



Gambar 1.1 Sistem ril dan sistem imitasi

Imitasi dalam simulasi menghasilkan model representasi dari suatu proses atau operasi dan keadaan ril. Model sebagai imitasi disusun dalam bentuk yang sesuai menyajikan sistem ril atas hal-hal tertentu yang perlu direpresentasikan dengan maksud untuk menghadirkan tiruan dari kegiatan dan sistem ril. Sebagai contoh, model sistem antrian sebagai imitasi dari sistem pelayanan disusun untuk menggambarkan posisi dari pelanggan menunggu di depan stasiun pelayanan.

Tujuan imitasi sistem ril dengan menghadirkan elemen dan komponen tiruan adalah untuk peniruan fungsi dan hubungan ril serta interaksi antar objek dan komponen ril pada sistem tiruan. Komponen-komponen sistem tiruan hadir dalam bentuk fungsi dan interaksi imitasi yang disajikan dalam bentuk rangkaian proses dalam aktivitas dan operasi sistem yang disimulasi. Operasi tiruan yang berlangsung dengan penggunaan data input tiruan diperlukan

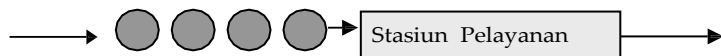
untuk menghasilkan output sebagai gambaran dari hasil operasi dan keadaan pada sistem yang disimulasi.

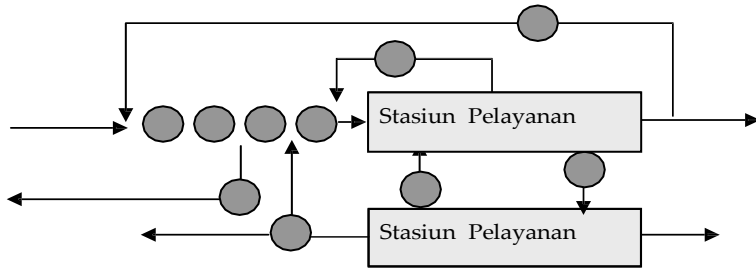
1.1.2 Simulasi Penyelesaian Persoalan

Masalah tidak adanya metode yang sesuai dengan persoalan pada umumnya berkaitan dengan bentuk persoalan yang unik dan rumit, yang tidak dapat diselesaikan dengan menggunakan metode dan model-model baku yang ada. Sebagai contoh adalah persoalan sistem antrian yang unik seperti disajikan pada Gambar 1.2.

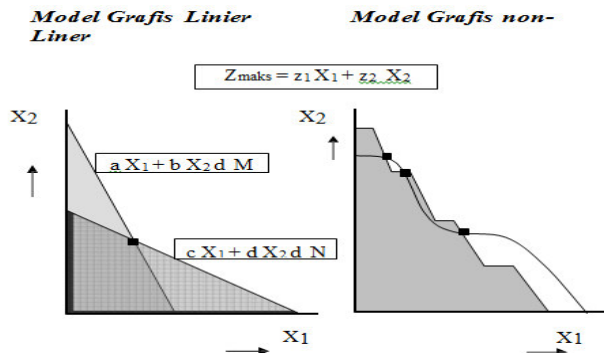
Perumusan persoalan dengan penyesuaian terhadap metode yang hendak digunakan biasanya terjadi atas kepentingan untuk memperoleh solusi seadanya. Namun dengan upaya penyesuaian, solusi yang diperoleh dapat menyimpang dari yang semestinya, di samping dapat memunculkan persoalan baru jika penerapan solusi yang diperoleh tidak dapat memberikan hasil yang diharapkan dan bahkan menimbulkan masalah pada penanganan persoalan. (Napitupulu, 2009).

Model Baku : M/M/1





a. Model Sistem Antrian



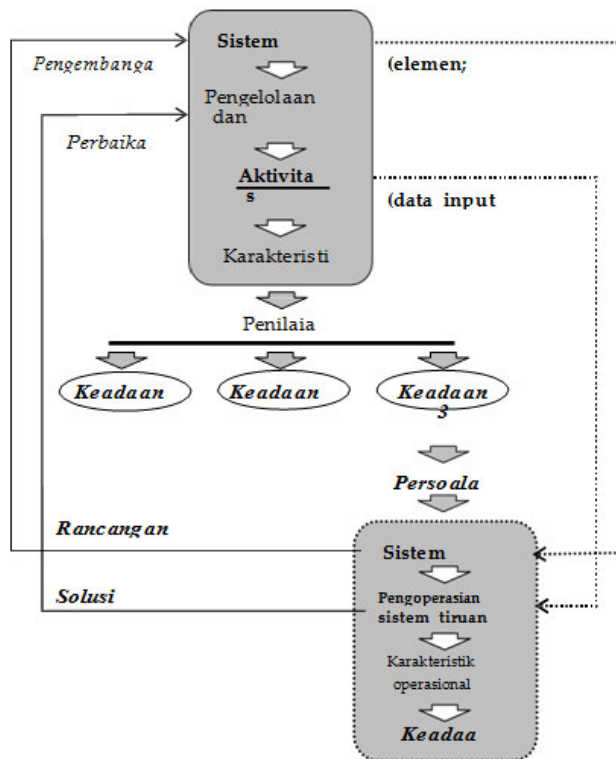
b. Model Solusi Grafis

Gambar 1.2. Gambaran pemodelan simulasi
(Napitupulu, 2009)

1.1.3 Konsep Simulasi

Simulasi sebagai proses pengolahan data dengan penggunaan rangkaian model-model simbolik pada pengoperasian sistem tiruan tidak mengharuskan dan tidak mengajukan penggunaan formula atau fungsi-fungsi dan persamaan tertentu

sebagai model simbolik penyelesaian persoalan, tetapi sebaliknya simulasi yang terdiri dari tahapan-tahapan dan langkah-langkah pengolahan data haruslah dilengkapi dengan model-model simbolik yang sesuai memberikan hasil pengoperasian sistem tiruan dalam bentuk data output yang berguna untuk penyelesaian persoalan. Simulasi juga tidak terikat dengan penggunaan model-model sistem acuan tetapi memerlukan pemodelan untuk menghasilkan model sistem dan model operasi sistem yang sesuai dengan tujuan penelitian atau penyelidikan.



Gambar 1.3 Model konseptual simulasi

Penyusunan model-model pada simulasi merupakan bentuk aplikasi dari teori, prinsip, dan pendekatan sistem. Model sistem dan model-model simbolik dari fungsi atau proses serta prosedur pengoperasian sistem tiruan haruslah disusun sebagai perangkat lunak untuk penyelidikan dan analisis karakteristik sistem. Untuk itu peniruan operasi sistem ril dilakukan atas elemen-elemen yang berkaitan dengan aktivitas sistem yaitu masukan dan komponen-komponen sistem, hubungan dan interaksi antar komponen sistem, aturan-aturan, disiplin dan ketentuan lainnya yang berlaku dalam aktivitas sistem. Berdasarkan peniruan sistem dan aktivitas sistem ril yang sesuai, hasil simulasi sistem dapat diterima dan berlaku syah sebagai data output yang berguna menunjukkan karakteristik operasional sistem ril.

Sesuai dengan konsep simulasi sistem tersebut di atas, solusi untuk suatu persoalan dalam bentuk keadaan yang kurang baik ataupun keadaan yang tidak optimal dapat disusun dalam bentuk rancangan pengembangan sistem dan bentuk rancangan perbaikan pengelolaan dan pengoperasian sistem. Solusi untuk mewujudkan keadaan yang lebih baik dapat diperoleh berdasarkan hasil analisis dan pengujian rancangan pengembangan dan perbaikan melalui simulasi sistem seperti disajikan pada Gambar 1.3.

Model konseptual simulasi pada gambar di atas menunjukkan simulasi sebagai imitasi sistem melalui penyusunan model-model yang diperlukan pada

pengoperasian sistem maya sebagai tiruan yang sama ataupun sebagai imitasi modifikasi dari suatu sistem ril untuk memperoleh karakteristik operasional sistem sebagai bahan pertimbangan pada penentuan solusi atas persoalan sistem ril.

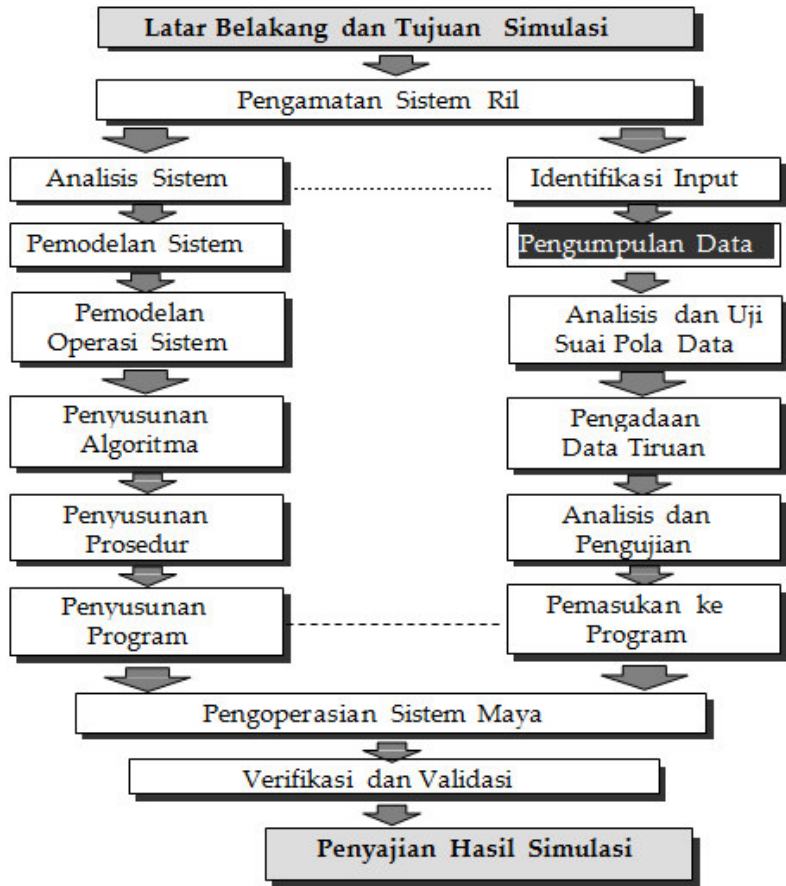
1.2 Tahapan Simulasi

Proses Tahapan dalam mengembangkan Model dan simulasi komputer secara umum, sebagai berikut :

- a. Memahami sistem yang akan disimulasikan Jika Pengembang model tidak tau atau belum mengetahui cara kerja sistem yang akan dimodel simulasikan maka pengembang perlu meminta bantuan seorang ahli (pakar) dibidang sistem yang bersangkutan. Data masukan, keluaran, variable dan parameter masih dalam bentuk symbol – symbol verbal (kata – kata).
- b. Mengembangkan Model matematika dari sistem Apabila pengembang sudah mengetahui cara kerja sistem yang bersangkutan, maka tahap berikutnya adalah memformulasikan model matematika dari sistem. Model matematika bisa dalam bentuk persamaan diferensial, persamaan aljabar linear, persamaan logika diskret dan lain – lain disesuaikan dengan karakterisitik sistem dan tujuan pemodelan
- c. Mengembangkan Model matematika untuk simulasi Digunakan untuk menyederhanakan model matematika yang sudah dihasilkan sebelumnya. Agar lebih mudah dalam menyederhanakan Model matematika, maka

dibuatlah suatu Flow Chart untuk merinci tahapan yang harus dilewati untuk membuat program.

- d. Membuat program (software) Beberapa flow chart dari tahapan sebelumnya kemudian diimplementasikan lebih lanjut menjadi program (software) computer
- e. Menguji, memverifikasi dan memvalidasi keluaran simulasi Simulasi pada dasarnya adalah menirukan sistem nyata (realitas) sehingga tolak ukur baik tidaknya simulasi adalah sejauh mana yang bersangkutan. Pengujian (testing) dilakukan pada tingkat modul program, untuk menguji fungsi subsistem. Verifikasi dilakukan untuk membuktikan bahwa hasil implementasi program komputer sudah sesuai dengan rancangan model konsep dari sistem yang bersangkutan. Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil keluaran simulasi dengan data yang diambil dari sistem nyata (realitas).
- f. Mengeksekusi program simulasi untuk tujuan tertentu. Eksekusi (running) program komputer bisa dilakukan secara waktu nyata (real time) atau waktu tidak nyata (offline) tergantung dari tujuan simulasi. Secara umum ada 3 tujuan simulasi, yaitu : untuk mempelajari perilaku (behavior) sistem, untuk pelatihan (training), untuk hiburan/permainan (gaming).



Gambar 1.4. Tahapan Simulasi

1.3 Dasar-dasar Pemodelan Sistem

Sebuah sistem merupakan kombinasi dari beberapa komponen yang bekerja bersama-sama. Konsep sistem yang digunakan berupa gejala-gejala abstrak dan dinamis seperti yang dijumpai dalam “sistem” harus dapat diinterpretasikan untuk dapat menyatakan sistem fisik, biologi, ekonomi, dan

sebagainya.

Pemodelan sistem adalah suatu langkah awal yang dilakukan untuk pembuatan suatu rekayasa perangkat lunak dari sebuah sistem yang akan di simulasikan. Apabila formulasi model dilakukan maka tahap selanjutnya akan dilakukan evaluasi model system diantaranya adalah: ketelitian, ketersediaan taksiran atas variable, interpretasi, dan validasi. Dalam hal ini formulasi model senantiasa dilakukan berdasarkan teori-teori yang berlaku diwilayah dimana system berada. Beberapa tahapan yang biasa dilakukan untuk melakukan formulasi model yaitu:

- a. Dari sudut pandang system dan lingkungannya: system tertutup & system terbuka.
- b. Dari sudut pandang tingkat kepastian system: system deterministic & system probabilistic.
- c. Dari sudut pandang kedinamisan system: system dinamis & system statis.
- d. Dari sudut pandang kekontinuan system: system kontinu & system diskrit.

Perkembangan sistem kontrol dalam industri proses dewasa ini telah melahirkan banyak penemuan–penemuan baru tentang masalah konsep dan prinsip kerja dari berbagai sistem yang digunakan didalam industri itu sendiri untuk melaksanakan proses produksinya.

Beberapa sistem yang terdapat di sekeliling kita dapat didefinisikan sebagai berikut:

a. Sistem Linier

Definisi sistem linier merupakan suatu sistem yang mempunyai persamaan model yang linier dengan menerapkan prinsip superposisi. Definisi prinsip superposisi menyatakan respon yang dihasilkan oleh penggunaan secara serentak dua buah fungsi penggerak yang berbeda adalah sama dengan jumlah dari dua buah respon individualnya. Oleh karenanya, pada sistem linier, respon terhadap beberapa masukan dapat dihitung dengan cara mencari respon terhadap tiap-tiap masukan dan menjumlahkan hasilnya. Prinsip ini memungkinkan kita untuk menyusun jawaban yang kompleks pada persamaan-persamaan diferensial linier dari beberapa jawaban yang sederhana. Pada penyelidikan sistem dinamik secara eksperimental, jika sebab dan akibat adalah sebanding, maka akan berlaku sistem superposisi sehingga sistem tersebut dapat dianggap linier.

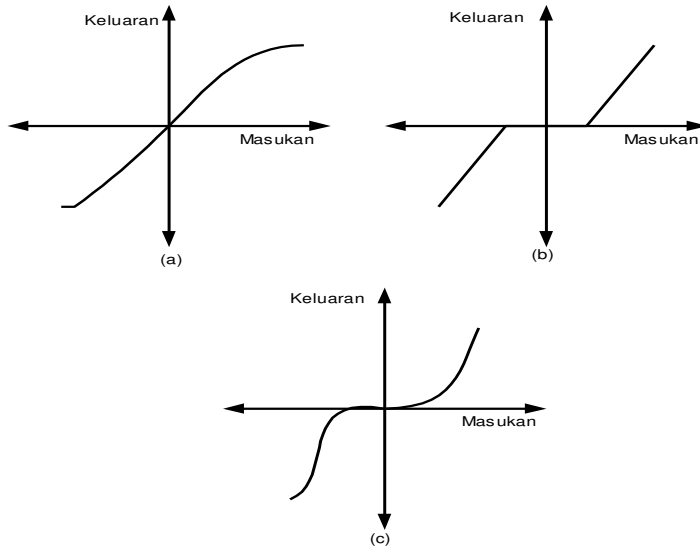
b. Sistem Non Linier

Sistem non linier adalah sistem yang dinyatakan oleh persamaan non linier dan tidak dapat menerapkan prinsip superposisi. Beberapa kurva karakteristik ketidaklinieran diperlihatkan pada Gambar 1-1 dibawah ini.

Beberapa contoh persamaan non linier adalah:

$$A = \sin B$$

$$Z = A^2 + B^3$$



(a) Ketidaklinieran saturasi, (b) Ketidaklinieran daerah mati, (c) Ketidaklinieran hukum kuadrat

$$\frac{d^2x}{dt^2} + (x^2 - 1) \frac{dx}{dt} + x = 0$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{dx}{dt} + x + x^3 = 0$$

Gambar 1.9. Kurva Karakteristik Beberapa Ketidaklinieran

c. Sistem Kendali dengan Lup Terbuka

Sistem kendali dengan lup terbuka adalah suatu sistem kendali yang keluarannya tidak di umpan balikkan dengan masukannya. Sehingga untuk setiap masukan acuan (set point), kondisinya tidak akan berubah (tetap). Respon keluaran yang demikian itu tergantung dari

keadaan dari kalibrasi sistem kendali itu sendiri. Manakala, penalaan parameter sistem adalah benar dan stabil maka sistem itu akan bekerja sesuai dengan yang diinginkan. Tetapi manakala penalaan parameter sistem tidak tepat atau bahkan terjadi suatu gangguan (disturbance) pada sistem maka sistem itu tidak dapat bekerja seperti apa yang diinginkan.

d. Sistem Kendali dengan Lup Tertutup

Sistem kendali lup tertutup adalah suatu sistem kendali yang keluarannya dapat di umpan balikkan dengan masukannya. Sehingga untuk setiap masukan acuan (set point), kondisinya akan selalu berubah sesuai dengan nilai masukan acuan yang diberikan pada sistem tersebut. Dalam hal ini, sistem kendali dengan lup tertutup biasanya tidak peka terhadap perubahan yang terjadi pada sistem, baik itu perubahan yang disebabkan oleh karena gangguan eksternal maupun internal sistem. Hal itu disebabkan karena adanya penalaan yang sedemikian rupa pada sistem kendali lup tertutup yang ditujukan agar jika sewaktu-waktu terjadi perubahan yang mendadak / tidak dapat diramalkan pada sistem tersebut maka dengan cepat sistem merespon keluaran yang kemudian akan dibandingkan dengan masukan acuan untuk menghasilkan suatu nilai yang dikehendaki.

e. Karakteristik Sistem Kendali Otomatik

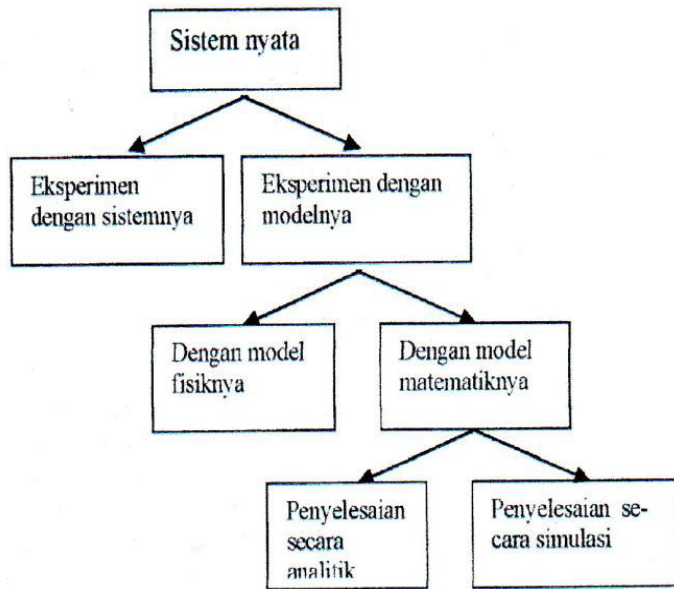
Beberapa karakteristik yang penting dari sistem kendali otomatis adalah:

- a. Sistem kendali otomatis merupakan sistem dinamis (berubah terhadap waktu) yang dapat berbentuk linier dan non linier.
- b. Bersifat menerima informasi, memprosesnya, mengolahnya, dan mengembangkannya.
- c. Komponen/unit yang membentuk sistem kendali ini akan saling berinteraksi
- d. Bersifat mengembalikan sinyal ke bagian masukan (feedback) dan ini digunakan untuk memperbaiki sifat sistem.
- e. Karena adanya pengembalian sinyal ini (sistem umpan balik) maka pada sistem kendali otomatis selalu terjadi masalah stabilisasi.

f. Pemakaian Sistem Kendali Otomatik

Pemakaian dari sistem kendali otomatis ini dikelompokkan sebagai berikut: [10]

- a. Pengontrolan proses
- b. Pembangkit tenaga listrik (pengontrolan distribusi tenaga)
- c. Pengontrolan numeric (numerical control, N/C)
- d. Transportasi
- e. Servomekanis,dll



Gambar 1.5 Wilayah Kerja Simulasi

(Law and Kelton, 1991)

- a. Eksperimen langsung dan tidak langsung. Eksperimen langsung dan tidak langsung merupakan suatu cara yang digunakan untuk memperoleh gambaran dan informasi secara lengkap dari system yang ingin disimulasikan. Bila diinginkan data yang benar-benar valid maka yang lebih tepat adalah eksperimen langsung terhadap system realnya, karena jika kita bereksperimen terhadap model system maka akan timbul kendala apabila model tersebut tidak menggambarkan system realnya secara utuh.

b. Model Fisik dan model matematik

Model system dapat berwujud secara fisik maupun dalam bentuk formula matematik. Pada umumnya model matematik selalu dapat memberikan hasil yang menjanjikan, karena model matematik yang sempurna akan dapat memberikan informasi dan pada akhirnya akan dapat menunjukkan kinerja dari system nyatanya secara tepat.

c. Penyelesaian analitik dan dengan simulasi

Penyelesaian analitik dan dengan simulasi merupakan bagian tahapan selanjutnya manakal model fisik maupun model matematik system selesai dibuat. Jika model system cukup sederhana maka penyelesaian secara analisis mudah dilakukan, namun bila model system cukup kompleks maka penyelesaian simulasi dengan menggunakan computer akan lebih membantu.

Simulasi computer adalah suatu metode yang mana metode itu dengan sendirinya harus disesuaikan dengan karakteristik system real yang di buat simulasinya. Banyaknya karakteristik system yang ada di sekeliling kita akan memunculkan bermacam-macam simulasi, diantaranya adalah:

- a. Simulasi system dinamis : merupakan model simulasi yang dapat merepresentasikan system yang berubah-ubah sepanjang waktu.
- b. Simulasi system diskrit: merupakan system yang perubahan statenya terjadi pada waktu-waktu diskrit.

- c. Simulasi system kontinu: merupakan system yang perubahan statenya terjadi secara kontinu.
- d. Simulasi system probabilistic: merupakan system dengan kejadian yang probabilistic.

Aspek-aspek yang mendasar bagi kajian simulasi suatu system adalah:

- 1. Aspek pemodelan system. Dilakukan untuk membuat representasi system dalam bahasa/bentuk tertentu, sehingga dengan perwujudan representasi itu maka segala bentuk analisis dan pembahasan atas sitem dapat dilakukan.

Adapun tahapan utama dalam melakukan pemodelan system adalah sebagai berikut:

- a. Penetapan tujuan
- b. Identifikasi masalah
- c. Pengembangan model koseptual
- d. Pengembangan Model matematis
- e. Validasi

Solusi model Pemahaman atas segala bentuk komponen (entity) dan antribut (antribute) beserta interaksi yang mewarnai system mutlak diperlukan karena pemahaman ini merupakan modal dasar yang utama dalam pemodelan system. Atas model matematis yang diperoleh, selanjutnnya dilakukan validasi sehingga akan diperoleh model yang valid.

2. Aspek pemrograman computer. Dilakukan untuk menyelesaikan persoalan model matematika system kedalam bentuk program computer, sehingga program tersebut dapat menirukan perilaku system realnya.
3. Aspek percobaan (statistic). Dilakukan untuk mengolah data keluaran simulasi agar dapat menunjukkan keluaran yang benar dan tidak menyesatkan.

1.4 Bentuk Operasi Maya dan Simulasi

Operasi sistem dalam bentuk maya umumnya diawali dengan pengambilan input dan diakhiri dengan penyajian output hasil pengolahan data. Operasi maya per siklus dapat diulang kembali mulai dari awal periode atau dilanjutkan pada periode selanjutnya. Operasi maya dalam sejumlah siklus dapat berulang dalam satu periode yang sama atau berlanjut dalam jumlah periode yang sama dengan jumlah siklus operasi maya. Operasi maya pada umumnya berlangsung dalam bentuk rangkaian proses maya dengan input maya dan output maya.

Operasi maya berlangsung dengan menggunakan data tiruan yang dapat dibedakan atas data deterministik dan data stokastik pada simulasi dinamik atau simulasi statik. Pengadaan data input tiruan deterministik dilakukan dengan cara menyediakan nilai-nilai yang pasti, sedangkan data input tiruan stokastik dapat disediakan dengan menggunakan nilai-nilai peluang sebagai penduga. Operasi sistem pada simulasi statik berlangsung bebas

tidak terikat dengan kemajuan waktu, sedangkan operasi sistem pada simulasi dinamik berlangsung dalam selang waktu maya yang disesuaikan terhadap selang waktu operasi pada sistem nyata.

Hasil simulasi sistem dalam bentuk data output merupakan hasil operasi imitasi pada sistem maya. Dengan penggunaan nilai-nilai input yang sama dengan nilai-nilai input pada sistem ril, data output hasil pengoperasian sistem maya sebagai imitasi dari suatu sistem ril pada prinsipnya adalah sama dengan nilai-nilai dari hasil operasi sistem ril yang sama. Data output hasil simulasi sistem maya dan data hasil operasi sistem ril adalah sama dalam bentuk nilai-nilai yang berfungsi menunjukkan keadaan pada sistem maya dan keadaan pada sistem ril.

1.5 Prosedur Pengoperasian Sistem Maya

Simulasi komputer dijalankan dengan menggunakan program simulasi pada komputer. Program simulasi sistem berfungsi untuk menghadirkan komponen-komponen suatu sistem maya dan untuk mengoperasikan sistem maya yang terbentuk. Program simulasi sistem yang tersusun dalam bentuk rangkaian perintah-perintah dan ekspresi merupakan prosedur pengoperasian sistem maya.

Dengan penggunaan variabel sebagai komponen sistem maya, operasi maya dapat disusun dalam bentuk rangkaian ekspresi dan model-model simbolik yang menyatakan bentuk dan fungsi proses serta hubungan

input-output. Ekspresi-ekspresi pada program dapat disusun sebagai rangkaian pernyataan yang berfungsi untuk mengendalikan jalannya operasi maya sehingga proses pengolahan data dapat menirukan proses dan interaksi pada sistem ril.

Program komputer khusus untuk suatu simulasi sistem dapat disusun dengan menggunakan bahasa program tertentu, antara lain bahasa C++ dan bahasa Visual Basic. Program simulasi juga dapat disusun dalam bentuk worksheet aplikasi ataupun dengan menggunakan perangkat lunak sistem simulasi seperti ProModel, PowerSim dan lain sebagainya. Perangkat lunak sistem simulasi berfungsi dengan mengoperasikan model sistem dan menggunakan data input tiruan. Untuk itu diperlukan penyusunan model sistem dan model operasi sistem, penentuan karakteristik data input serta penyusunan ekspresi-ekspresi pengoperasian sistem maya sesuai dengan bentuk operasi pada sistem ril yang disimulasikan.

1.6 Operasi Maya Sistem Diskrit

Dari segi cara pelaksanaannya, simulasi komputer termasuk simulasi sistem diskrit sesuai dengan bentuk pengoperasian sistem secara terputus-putus, meskipun aktivitas dan operasi pada sistem ril berlangsung kontinu. Simulasi sistem dapat dijalankan dengan pelaksanaan operasi diskrit sehubungan dengan ketidaklayakan pengoperasian sistem tiruan dengan menjalankan aktivitas maya dalam bentuk kontinu.

Pengoperasian sistem tiruan berlangsung secara diskrit sesuai dengan proses pemasukan data, pengolahan data dan penerimaan output hasil pengolahan data secara bertahap pada posisi waktu atau posisi operasi maya tertentu. Meskipun proses pengolahan data berlangsung dalam selang waktu yang relatif sangat kecil, pengambilan dan penentuan nilai-nilai dalam simulasi sistem tetap berlangsung secara diskrit per periode dan per siklus.

Pengoperasian sistem secara diskrit juga berkaitan dengan pelaksanaan elemen operasi maya yang tuntas seketika melalui eksekusi perintah program, meskipun pelaksanaannya pada sistem ril berlangsung kontinu dalam selang waktu yang relatif lama. Sebagai contoh, pengisian sejumlah bahan baku ke dalam tangki persediaan pada sistem ril berlangsung kontinu dan selesai dalam beberapa jam, namun pada simulasi dapat terlaksana dan tuntas seketika melalui eksekusi perintah penambahan nilai variabel yang menyatakan isi tangki. (Gambar 1.6.)

<i>Operasi pengisian 600 m^3 bahan ke dalam tangki persediaan</i>

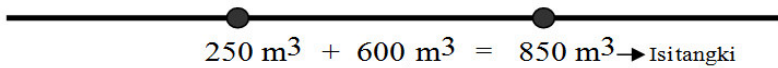
Sistem nyata



Operasi ril pemipaan 5 m³/menit

Sistem maya

Eksekusi diskrit 1 perintah
Vakhir = Vawal + Masukan



Operasi maya dalam bentuk perhitungan

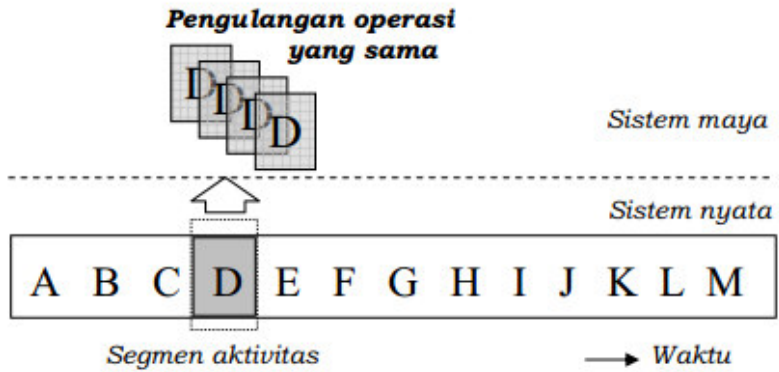
Gambar 1.6 Ilustrasi Operasi Diskrit dari Operasi Kontinu

1.7 Simulasi dengan Operasi Statik

Pada simulasi statik, pengoperasian sistem maya berlangsung secara bebas tidak terikat dengan kemajuan waktu. Hasil simulasi yang diperoleh merupakan gambaran keberadaan dan karakteristik sistem dalam berbagai konfigurasi atau variasi keadaan yang tidak terikat dengan waktu.

Simulasi statik merupakan simulasi sistem maya dalam satu periode sebagai satu siklus peristiwa atau satu segmen aktivitas. Pengulangan simulasi statik berlaku terbatas dalam satu periode tunggal pada posisi yang sama dan tidak bergerak. Pelaksanaan simulasi dalam m siklus adalah statis dalam satu periode seperti disajikan pada

Gambar 1.11. berikut.

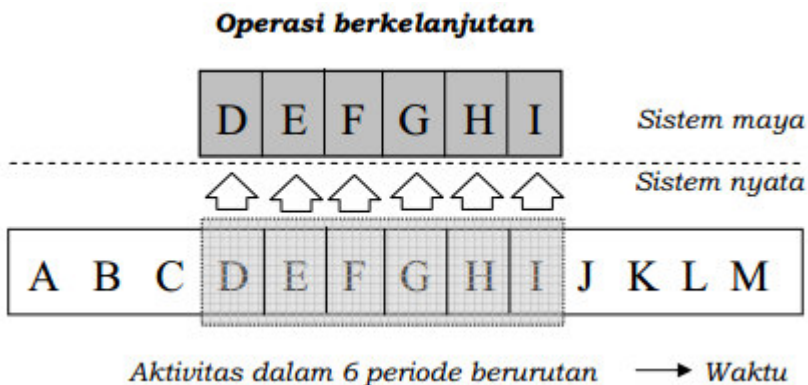


Gambar 1.7 Simulasi statik atas satu segmen aktivitas

Simulasi sistem termasuk simulasi statik jika kelangsungan operasi sistem maya tidak berkaitan dengan kemajuan waktu maya dan kemajuan waktu maya tidak berpengaruh terhadap operasi dan keadaan sistem. Sebagai contoh, simulasi analisis rentabilitas proyek investasi dengan umur 10 tahun dapat dilakukan berulang-ulang tanpa terikat dengan waktu operasi maya. Analisis proyek dalam satu siklus berlangsung dalam satu periode operasi, di mana satu periode operasi tidak sama dengan selang waktu 10 tahun maya. Jika pengulangan simulasi dilakukan sebanyak 200 kali, bukan berarti analisis rentabilitas dilakukan untuk proyek dalam selang waktu 2000 tahun maya. Demikian juga jika umur proyek dikurangi menjadi 5 tahun, bukan berarti simulasi berlangsung dalam $\frac{1}{2}$ siklus. Simulasi proyek dengan umur 10 tahun maupun 5 tahun sama-sama berlangsung dalam 1 siklus yang sama.

1.8 Simulasi dengan Operasi Dinamik

Pada simulasi dinamik, pengoperasian sistem berlangsung berkelanjutan dalam ruang waktu maya. Operasi sistem dinamik adalah khas tidak berulang pada periode atau pada selang waktu yang sama. Dengan mengikuti kemajuan waktu, perubahan pada sistem maya selalu dikaitkan dengan selang waktu ataupun posisi waktu maya, di mana operasi maya dijalankan dalam sejumlah periode yang berurutan menurut kemajuan waktu atau menurut pembagian waktu maya untuk sejumlah periode seperti disajikan pada Gambar 1.12.



Gambar 1.12. Simulasi dinamik dalam periode ganda

(Napitupulu, 2009)

Simulasi sistem secara dinamik terikat dengan kemajuan dan perubahan waktu karena operasi maya dijalankan dalam sejumlah periode yang berurutan dengan

selang waktu tertentu, ataupun menurut kemajuan waktu yang menentukan urutan dan jumlah periode. Jika pelaksanaan operasi dinamik berlangsung dalam n periode yang berurutan, dan 1 periode operasi berlangsung dalam m menit maya maka simulasi berlangsung dalam $n(m)$ menit maya.

Sebagai contoh, sistem antrian maya dengan operasi dinamik dijalankan dengan mengikuti kemajuan waktu yang menentukan terhadap jumlah kedatangan, lama pelayanan dan panjang antrian. Sistem maya dioperasikan dari menit ke menit dalam selang waktu 7 jam atau 420 menit maya. Dengan selang waktu 1 menit maya per 1 kali pengecekan operasi sistem maka simulasi berlangsung dalam 420 kali pengecekan. Jika simulasi dijalankan dalam 210 menit maya berarti pengoperasian sistem antrian dalam simulasi berlangsung dalam 210 kali pengecekan.

1.9 Bentuk Nilai Simulasi Deterministik

Pengoperasian sistem tiruan termasuk simulasi deterministik jika semua nilai-nilai input tiruan yang digunakan terdiri dari nilai-nilai pasti atau menentu. Hasil simulasi sistem yang diperoleh juga merupakan nilai pasti untuk masing-masing kombinasi nilai-nilai input sistem. Dengan penggunaan data input deterministik, jumlah hasil simulasi yang dapat diperoleh akan sama dengan jumlah kombinasi dari nilai-nilai parameter dan variabel yang digunakan seperti diberikan pada contoh berikut :

Jika nilai input $A=5$ dan $B=7$ dengan model simbolik operasi $C = A*B$ maka nilai $C = 5 \times 7 = 35$ merupakan nilai pasti.

Selama nilai A dan nilai B serta model simbolik $C = A*B$ tidak berubah maka nilai C akan tetap sama tidak berubah pada setiap ulangan simulasi operasi.

Jika nilai A terdapat pada dua level yaitu $A1= 4$ dan $A2= 6$ maka nilai C menurut nilai A terdiri dari 2 nilai pasti yaitu $C1= 28$ dan $C2=42$

Jika nilai A terdapat pada dua level yaitu $A1 =4$ dan $A2=6$, dan nilai B terdapat pada tiga level yaitu $B1=5$, $B2=6$ dan $B3=7$ maka nilai C menurut nilai A dan nilai B terdiri dari 6 nilai pasti sesuai dengan jumlah kombinasi dari variabel A dengan variabel B sebanyak 2×3 yaitu :

$C1= 20$, $C2= 24$, $C3= 28$, $C4= 30$, $C5= 36$, dan $C6= 42$

Pada contoh di atas dapat terlihat jelas bahwa hasil simulasi deterministik tidak berubah untuk nilai-nilai masukan yang sama. Hasil simulasi sistem tetap akan sama meskipun dengan jumlah ulangan yang sangat besar. Pengulangan simulasi dengan nilai- nilai input yang sama tidak akan memberikan nilai hasil simulasi yang berubah sehingga ulangan simulasi tidak diperlukan untuk penentuan nilai rata-rata hasil pengoperasian sistem.

Sehubungan dengan hasil simulasi deterministik yang sama untuk nilai-nilai input yang sama maka perlunya simulasi sistem deterministik adalah untuk

memperoleh nilai hasil simulasi untuk nilai-nilai input tertentu dari antara nilai-nilai input yang berbeda dalam jumlah yang relatif sangat besar. Simulasi deterministik untuk nilai-nilai input yang berbeda dapat bermanfaat menyajikan bentuk hubungan yang pasti antara nilai-nilai input dengan nilai-nilai output pada operasi statik yang berulang maupun operasi dinamik yang berkelanjutan.

1.10 Simulasi Stokastik

Simulasi sistem termasuk simulasi stokastik jika nilai-nilai input yang digunakan terdiri dari nilai-nilai dugaan. Data output hasil simulasi yang diperoleh dengan penggunaan nilai-nilai input dugaan juga termasuk nilai dugaan, meskipun simulasi dilakukan dengan langkah-langkah yang pasti. Hasil simulasi dalam bentuk nilai dugaan tidak dapat diubah menjadi nilai pasti.

Nilai dugaan tidak berdiri sendiri sebagai nilai tunggal tetapi sebagai nilai anggota dari suatu kelompok nilai dengan kehadiran berdasarkan peluang tertentu. Penggunaan nilai-nilai sebagai data input berdasarkan peluang berkaitan dengan terdapatnya banyak nilai-nilai sejenis yang mungkin muncul dari kelompok yang sama. Sebagai contoh, rata-rata kecepatan angin termasuk data dugaan pada suatu simulasi pelayaran sehubungan dengan nilainya yang berubah dari waktu ke waktu tidak dapat dinyatakan dengan nilai pasti. Penggunaan nilai-nilai kecepatan angin sebagai data input pada simulasi merupakan nilai dugaan berdasarkan peluang yang menentukan frekwensi kemunculan nilai-nilai pada

operasi maya.

Penggunaan data input dugaan akan memberikan nilai hasil simulasi dalam bentuk nilai ekspektasi yang tidak terlepas dari peluang yang menentukan frekwensi kehadiran nilai-nilai input. Hubungan nilai-nilai input dugaan dengan hasil simulasi sebagai nilai ekspektasi dapat dijelaskan melalui contoh berikut:

Pada kecepatan angin rata-rata 15; 20 dan 25 km per jam, kecepatan rata-rata perahu adalah 5; 10 dan 15 km per jam. Kecepatan angin rata-rata 15 km/jam dapat terjadi dengan peluang 0,5; kecepatan rata-rata 20 km/jam dengan peluang 0,3 dan kecepatan rata-rata 25 km/jam dengan peluang 0,2. Berdasarkan nilai rata-rata dan peluang terjadinya kecepatan angin serta hubungannya dengan kecepatan perahu maka ekspektasi jarak tempuh perahu per jam dapat diperoleh dari perhitungan : $(0,5 \times 5) + (0,3 \times 10) + (0,2 \times 15) = 8,5$ km/jam.

Ekspektasi jarak tempuh perahu pada contoh di atas tidak dapat dinyatakan dengan nilai pasti karena data input terdiri dari nilai-nilai dugaan. Ekspektasi jarak tempuh perahu akan berubah dengan mengikuti perubahan nilai-nilai peluang kecepatan angin pada setiap ulangan simulasi. Sesuai dengan perubahan nilai-nilai bilangan acak sebagai nilai peluang, data kecepatan angin dugaan pada setiap siklus simulasi juga mengalami perubahan sehingga dengan peningkatan jumlah ulangan simulasi akan diperoleh rata-rata jarak tempuh perahu yang berubah dan bervariasi.

1.11 Verifikasi dan Validasi Simulasi

Sistem tiruan dan program simulasi dapat digunakan apabila model sistem sesuai dengan bentuk sistem ril, dan operasi maya sesuai dengan operasi ril. Untuk itu verifikasi model sistem perlu dilakukan sebelum uji coba penggunaan program simulasi.

Verifikasi model sistem dilakukan berdasarkan pengecekan kesesuaian model dengan keadaan ril, terutama dalam hal jumlah dan jenis komponen, bentuk hubungan interaksi antar komponen, serta input-output proses dalam operasi sistem. Ketidaksesuaian umumnya mengakibatkan penyimpangan hasil simulasi terhadap hasil yang seharusnya. Ketidaksesuaian model dapat terjadi dalam berbagai hal yang disebutkan di atas. Ketidaksesuaian misalnya terdapat pada komponen-komponen sistem maya yang tidak tepat mewakili komponen-komponen sistem ril dengan prosedur yang tidak efektif mengintegrasikan semua komponen-komponen sistem sehingga mengakibatkan adanya perbedaan antara operasi sistem maya dengan operasi sistem ril.

Selanjutnya prosedur pengoperasian sistem maya juga perlu divalidasi karena model operasi yang digunakan pada sistem maya kemungkinan tidak sesuai dengan bentuk operasi pada sistem ril. Model operasi sistem maya yang berbeda dengan bentuk operasi ril jelas tidak berlaku mewakili sistem ril. Model operasi sistem maya tidak valid jika uji coba simulasi memberikan hasil yang berbeda dibandingkan dengan hasil operasi sistem ril.

Prosedur pengoperasian sistem yang disusun berdasarkan model operasi sistem yang lolos verifikasi juga perlu divalidasi. Prosedur dalam bentuk program komputer perlu divalidasi sebelum digunakan pada pensimulasian. Validasi program simulasi dapat dilakukan berdasarkan hasil pengecekan kesamaan antara hasil simulasi dengan hasil operasi ril atas penggunaan data input yang sama. Jika pengujian ini menunjukkan bahwa hasil simulasi tidak sesuai dengan hasil operasi sistem ril maka program simulasi yang digunakan dianggap tidak berlaku syah dan tidak dapat digunakan pada pensimulasian.

Program simulasi yang valid berdasarkan hasil pengujian dan pembuktian merupakan jaminan untuk penerimaan hasil simulasi atas penggunaan model sistem dan model operasi yang sama. Berdasarkan validasi ini, model sistem dan program simulasi yang disempurnakan selanjutnya dapat digunakan pada pensimulasian dengan penggunaan data input tiruan yang bervariasi, baik untuk penyelesaian persoalan pengelolaan sistem maupun dalam rangka pengembangan sistem.

1.12 Rangkuman

Simulasi merupakan teknik penyelesaian persoalan sistem ril dengan cara pengoperasian sistem imitasi untuk memperoleh data output operasi yang menunjukkan karakteristik operasional sistem sebagai bahan yang berguna pada penyusunan solusi persoalan.

Simulasi dapat berlaku memberikan hasil yang valid sebagai bahan penyusunan solusi persoalan sistem ril melalui imitasi operasi dengan penggunaan model-model dan prosedur yang sesuai dan valid untuk penyelidikan, analisis dan evaluasi operasi sistem.

Simulasi dapat berfungsi menyelidiki karakteristik operasional sistem melalui operasi imitasi dengan penggunaan elemen-elemen, komponen-komponen dan input maya yang sesuai untuk mewakili elemen-elemen, komponen-komponen dan input operasi sistem ril.

LATIHAN

- 1) Apakah yang dimaksud dengan permodelan ?
- 2) Apakah yang dimaksud dengan simulasi computer?
- 3) Apa yang dimaksud dengan system diskrit, probabilistic?
Berikan contoh masing-masing?
- 4) Buatlah contoh sebuah gambaran simulasi tentang system produksi di dunia industri !
- 5) Apa yang dimaksud dengan system linier dan non linier?
Berikan contoh masing-masing!
- 6) Simulasi efektif diaplikasikan untuk penyelesaian persoalan sistem ril yang dapat diamati. Bagaimana bentuk penggunaan simulasi pada penyelesaian persoalan pada suatu sistem yang belum terwujud atau yang tidak ditemukan dalam bentuk ril?

- 7) Keberadaan dan kehadiran sistem dalam bentuk maya dapat terlihat dari hasil simulasi yang berlaku mewakili operasi dan keadaan pada sistem ril. Bagaimana jika hasil operasi sistem ril berbeda dengan hasil operasi dari sistem maya tiruannya?
- 8) Sistem sebagai suatu bentuk perpaduan dari berbagai jenis komponen melalui interaksi dapat hadir dalam bentuk yang berbeda. Apakah bentuk-bentuk kehadiran yang berbeda dari suatu sistem ril yang sama adalah berkaitan satu sama lain?
- 9) Bentuk dari sistem maya sebagai imitasi dari suatu sistem ril dapat ditentukan melalui pemodelan yang didasari oleh suatu kepentingan penyelesaian persoalan. Apakah bentuk sistem maya dapat berlaku sebagai model perbaikan pada sistem ril?

DAFTAR PUSTAKA

1. Sandi Setiawan “SIMULASI” (Bab 1 s/d 4)
2. Humala L. Napitupulu, Simulasi Sistem Pemodelan Dan Analisis, USUpres 2009
2009usupress.usu.ac.id/files/SIMULASI%20SISTEM_final_bab%201.pdf
3. (Law, A.M., Kelton, W.D. (1997), Simulation Modeling and Analysis, McGraw-Hill, Singapore.

BAB II

PEMODELAN SISTEM DINAMIK

BAB II

PEMODELAN SISTEM DINAMIK

Tujuan Intruksional Umum

1. Membuat model sistem dinamik pengembangan industri.
2. Menentukan faktor-faktor apa saja yang paling berpengaruh didalam pengembangan industri.
3. Menjelaskan pengertian tentang state space dan menentukan nisbah alih hubungannya dengan persamaan ruang keadaan
4. Mengembangkan analisis sistem pengaturan dalam model persamaan Ruang Keadaan (state space)

Tujuan Intruksional Khusus

1. Mahasiswa memahami definisi dan konsep dari Sistem Dinamik.
2. Mahasiswa mampu melakukan perancangan Sistem.
3. Mahasiswa memiliki keterampilan Sintesis, Integrasi dan perancangan.
4. Mahasiswa memiliki Problem Solving Skills.

2.1 Pendekatan dalam Sistem Dinamik

Sistem dinamik adalah metodologi untuk memahami suatu masalah yang kompleks. Metodologi ini dititikberatkan pada pengambilan kebijakan dan bagaimana kebijakan tersebut menentukan tingkah laku masalah-masalah yang dapat dimodelkan oleh sistem secara dinamik (Richardson dan Pugh 1986). Permasalahan dalam sistem dinamik dilihat tidak disebabkan oleh pengaruh dari luar namun dianggap disebabkan oleh struktur internal sistem. Tujuan metodologi sistem dinamik berdasarkan filosofi kausal (sebab akibat) adalah mendapatkan pemahaman yang mendalam tentang tata cara kerja suatu sistem (Asyiwati 2002; Muhammad; *et al.* 2001). Tahapan dalam pendekatan sistem dinamik adalah :

- a. Identifikasi dan definisi masalah
- b. Konseptualisasi sistem
- c. Formulasi model
- d. Simulasi model
- e. Verifikasi dan validasi model
- f. Analisis kebijakan
- g. Implementasi kebijakan

Tahapan dalam pendekatan sistem dinamik diawali dan diakhiri dengan pemahaman sistem dan permasalahannya sehingga membentuk suatu lingkaran tertutup.

Pemodelan merupakan alat bantu dalam pengambilan keputusan. Model digambarkan sebagai suatu sistem yang dibatasi. Sistem yang dibatasi ini merupakan sistem yang

meliputi semua konsep dan variabel yang saling berhubungan dengan permasalahan dinamik yang ditentukan. Permasalahan dalam sistem dinamik dilihat tidak disebabkan oleh pengaruh dari luar, namun dianggap disebabkan oleh struktur internal dari sistem. Tujuan metodologi sistem dinamik berdasarkan filosofi kausal (sebab akibat) adalah mendapatkan pemahaman mendalam tentang tata cara kerja suatu sistem (Asyiawati 2002).

Proses pemodelan terdiri atas langkah-langkah sebagai berikut (Sterman 2000):

1. Perumusan masalah dan pemilihan batasan dunia nyata. Tahap ini meliputi kegiatan pemilihan tema yang akan dikaji, penentuan variabel kunci, rencana waktu untuk mempertimbangkan masa depan yang jadi pertimbangan serta seberapa jauh kejadian masa lalu dari akar masalah tersebut dan selanjutnya mendefinisikan masalah dinamisnya.
2. Formulasi hipotesis dinamis dengan menetapkan hipotesis berdasarkan pada teori perilaku terhadap masalahnya dan membangun peta struktur kausal melalui gambaran model mental pemodel dengan bantuan alat-alat seperti *causal loop diagram*, *Stock flow diagram*, dan alat bantu lainnya. Model mental adalah asumsi yang sangat dalam melekat, umum atau bahkan suatu gambaran dari bayangan atau citra yang berpengaruh pada bagaimana kita memahami dunia dan bagaimana kita mengambil tindakan (Senge 1995).
3. Tahap formulasi model simulasi dengan membuat spesifikasi struktur, aturan keputusan, estimasi parameter

meliputi semua konsep dan variabel yang saling berhubungan dengan permasalahan dinamik yang ditentukan. Permasalahan dalam sistem dinamik dilihat tidak disebabkan oleh pengaruh dari luar, namun dianggap disebabkan oleh struktur internal dari sistem. Tujuan metodologi sistem dinamik berdasarkan filosofi kausal (sebab akibat) adalah mendapatkan pemahaman mendalam tentang tata cara kerja suatu sistem (Asyiwati 2002).

Proses pemodelan terdiri atas langkah-langkah sebagai berikut (Sterman 2000):

1. Perumusan masalah dan pemilihan batasan dunia nyata. Tahap ini meliputi kegiatan pemilihan tema yang akan dikaji, penentuan variabel kunci, rencana waktu untuk mempertimbangkan masa depan yang jadi pertimbangan serta seberapa jauh kejadian masa lalu dari akar masalah tersebut dan selanjutnya mendefinisikan masalah dinamisnya.
2. Formulasi hipotesis dinamis dengan menetapkan hipotesis berdasarkan pada teori perilaku terhadap masalahnya dan membangun peta struktur kausal melalui gambaran model mental pemodel dengan bantuan alat-alat seperti *causal loop diagram*, *Stock flow diagram*, dan alat bantu lainnya. Model mental adalah asumsi yang sangat dalam melekat, umum atau bahkan suatu gambaran dari bayangan atau citra yang berpengaruh pada bagaimana kita memahami dunia dan bagaimana kita mengambil tindakan (Senge 1995).
3. Tahap formulasi model simulasi dengan membuat spesifikasi struktur, aturan keputusan, estimasi parameter

dan uji konsistensi dengan tujuan dan batasan yang telah ditetapkan sebelumnya.

4. Pengujian meliputi pengujian melalui perbandingan dari model yang dijadikan referensi, pengujian kehandalan (*robustness*) dan uji sensitivitas.
5. Evaluasi dan perancangan kebijakan berdasarkan skenario yang telah diujicobakan dari hasil simulasi. Perancangan kebijakan mempertimbangkan analisis dampak yang ditimbulkan, kehandalan model pada skenario yang berbeda dengan tingkat ketidakpastian yang berbeda pula serta keterkaitan antar kebijakan agar dapat bersinergi.

Tahapan-tahapan pemodelan :

1. mendefinisikan masalah dan tujuan model
2. Menentukan variabel tujuan
3. memilih variabel control
4. memilih parameter variabel kontrol
5. menguji model yang dihasilkan
6. melihat bagaimana model akan bekerja, memilih horizon waktu atau perilaku dinamis dalam waktu
7. jalankan model
8. mengganti parameter dengan alasan ekstrim
9. membandingkan hasil dengan data eksperimen
10. Perbaiki model berdasarkan parameter yang ada

2.2 Simulasi dalam Sistem Dinamik

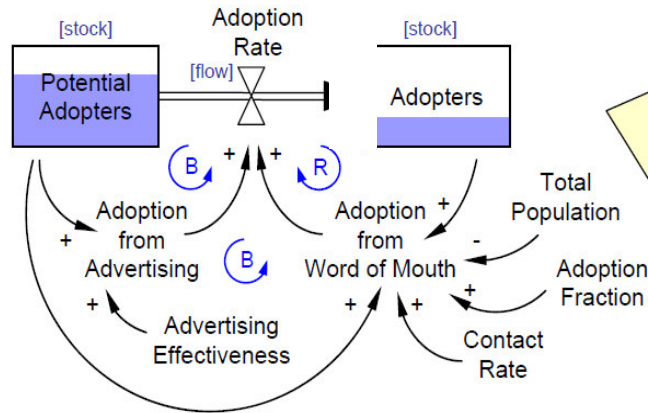
Analisis model sistem dinamis menggunakan analisis model simulasi. Simulasi sebagai teknik penunjang keputusan dalam pemodelan, misalnya pemecahan masalah bisnis secara ekonomis dan tepat menghadapi perhitungan rumit dan data yang banyak. Simulasi adalah aktivitas di mana pengkaji dapat menarik kesimpulan tentang perilaku dari suatu sistem melalui penelaahan perilaku model yang selaras, di mana hubungan sebab akibatnya sama dengan atau seperti yang ada pada sistem sebenarnya (Eriyatno 1998).

Simulasi juga dilakukan dengan menggunakan bahasa program dalam beberapa *software* program komputer yang dirancang untuk kebutuhan simulasi seperti *Dynamo*, *AutoMod II*, *ProModel*, *Simfactory II.5*, *Witness*, *XCELL+*, *-Powersim*, *Stella* dan lain-lain. Perangkat lunak dalam pemodelan sistem dinamik tersebut merupakan alat bantu yang dapat memudahkan pemodel dalam menerjemahkan bahasa *causal loop diagram* ke dalam *stock flow diagram*. *Stock flow diagram* harus dilengkapi dengan persamaan matematika dan nilai awal untuk aktivitas simulasi. *Stock flow diagram* sebagai konsep sentral dalam teori sistem dinamik. *Stock* adalah akumulasi atas pengumpulan dan karakteristik keadaan sistem dan pembangkit informasi di mana aksi keputusan didasarkan padanya. *Stock* digabungkan dengan *rate* atau *flow* sebagai aliran informasi, sehingga *stock* menjadi sumber ketidakseimbangan dinamis dalam sistem. Perangkat pemodelan sistem dinamis juga dilengkapi berbagai kemudahan seperti tampilan yang mudah dimengerti sehingga memudahkan pemodel bagi pemodel taupun pemakai yang tidak mengerti secara teknis sekalipun. *Stella* yang dipakai dalam penelitian ini merupakan suatu perangkat lunak yang dibuat atas dasar model sistem dinamis dalam melakukan simulasi.

2.2.1 Pemodelan Sistem Dinamik

Pada pemodelan system dinamik menggunakan proses pemetaan masalah yang berasal dari dunia nyata ke dalam dunia model maya (Borshchev dan Filippov). Karakteristik unik yang dimiliki sebuah model yaitu sifat representatif dari sistem nyata, mampu menggambarkan sistem nyata secara rinci (*describe*), mampu menerangkan bentuk-bentuk interaksi dengan jelas (*explainable*), dan mampu meramalkan kondisi-kondisi di masa datang secara realistis (*predictable*). Menurut Forrester sistem dinamik digunakan untuk melihat sebuah struktur yang mendasari situasi yang kompleks dan mengidentifikasi pola penyebab dari perubahan perilaku yang terjadi. Pada metode sistem dinamik ini berkaitan dengan berbagai sistem yang kompleks, dimana pola perilaku yang dibangkitkan oleh sistem tersebut seiring dengan bertambahnya waktu. Sehingga persoalan yang dapat dimodelkan dengan sistem dinamik adalah masalah yang bersifat dinamis atau berubah terhadap waktu dan struktur yang fenomenanya mengandung paling sedikit satu unsur umpan balik (*feedback structure*).

Dalam sistem dinamik, dunia real atau nyata dinyatakan dalam bentuk *stock* seperti material, ilmu pengetahuan, orang dan uang. Bentuk lainnya adalah aliran antar *stock* dan informasi sebagai penentu nilai dalam aliran. Gambaran mengenai sistem dinamik dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Pendekatan Sistem dengan Simulasi Sistem Dinamik , (Borshchev dan Filippov, 2004)

2.3 Perangkat Lunak Simulasi

Untuk melakukan simulasi dari sebuah model, diperlukan perangkat lunak (*software*) yang secara cepat dapat melihat perilaku dari model yang telah dibuat. Ada berbagai macam perangkat lunak yang dapat digunakan untuk keperluan ini, seperti *Vensim*, *Dynamo*, *Ithink*, *Stella* dan *Power Simulation*. Tetapi dalam penelitian ini, *software* yang digunakan adalah *Power Simulation*.

Powersim digunakan untuk membangun dan melakukan simulasi suatu model dinamik. Suatu model dinamik adalah kumpulan dari variabel-variabel yang saling mempengaruhi antara satu dengan lainnya dalam suatu kurun waktu.

Setiap variabel berkorespondensi dengan suatu besaran yang nyata atau besaran yang dibuat sendiri. Semua variabel tersebut memiliki nilai numerik dan sudah merupakan bagian

dari dirinya.

Pada waktu mensimulasikan model, variabel-variabel akan saling dihubungkan membentuk suatu sistem yang dapat menirukan kondisi sebenarnya. Pada perangkat lunak *Powersim*, suatu sistem yang menggambarkan hubungan antara variabel-variabel itu dinamakan *stock flow diagram*.

Model yang dibangun dengan menggunakan perangkat lunak *Powersim* berbentuk simbol-simbol dan perkembangan selanjutnya, simulasi dengan menggunakan perangkat lunak ini banyak dipakai dalam bidang-bidang komersial, industri, manajemen dan riset. Simulasi ditujukan untuk mencari model yang paling cocok sebelum diterapkan dalam kondisi sebenarnya. Simbol yang digunakan ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 2.1. Simbol-simbol Diagram Alir (Muhammadi, 2001)

No.	Simbol	Arti
1.		<i>Level</i>
2.		<i>Auxiliary</i>
3.		Konstanta

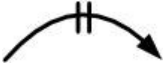
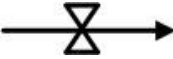
4.		Sumber
5.		Hubungan
6.		Hubungan tertunda
7.		Inisialisasi hubungan
8.		Aliran (<i>flow</i>)

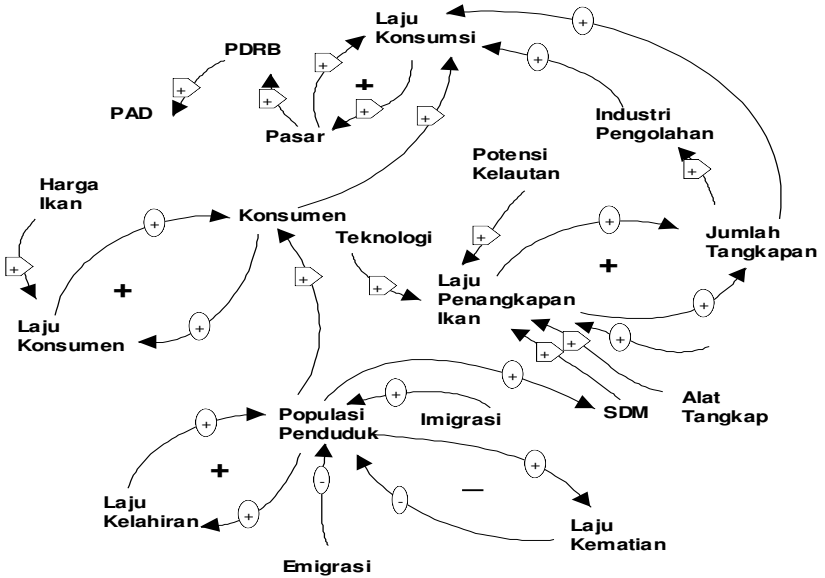
Diagram Simpal Kausal

Berdasarkan jurnal (Kholil M., 2007) menggunakan diagram Simpal Kausal untuk menghubungkan antara variabel-variabel yang membentuk model dalam sistem perikanan. Dasar pembuatan model mental yang direpresentasikan dalam bentuk diagram simpal kausal ini adalah kondisi nyata keadaan perikanan yang ada di Kabupaten Konawe Selatan.

Dari diagram simpal kausal (CLD) diatas, maka model sistem perikanan Kabupaten Konawe Selatan dibagi menjadi 4 Sub Sistem, Yaitu

1. 1.Sub Sistem Pasar
2. Sub Sistem Konsumsi

- #### 4. Sub Sistem SDM



Gambar 2.2 Diagram Simpal Kausal

Model Perikanan di Kabupaten Konawe Selatan

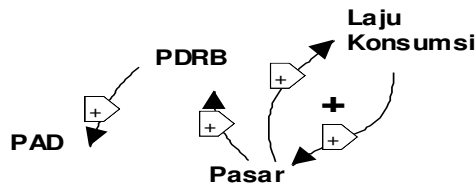
(Kholil M., 2007)

2.3.1 Sub Model Pasar/Penjualan

Sub model pasar yang terdiri dari Stock (Level) dan Flow (*Aliran*) atau sebelumnya disebut *Rate* konsumen rumah tangga yang dipengaruhi oleh jumlah konsumen rumah tangga, dan jumlah tangkapan, industri pengolahan dan regulasi dari Pemda Kabupaten Konawe. Pada sub model Pasar ini penulis membatasi hanya pada

hasil perikanan yang berupa hasil tangkapan dilaut, tidak termasuk budidaya perikanan yang lain.

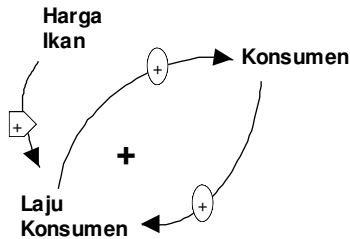
Pasar akan meningkat dipengaruhi oleh laju konsumsi. Besarnya laju konsumsi dipengaruhi oleh besarnya konsumen rumah tangga dan besarnya permintaan industri pengolahan ikan. Besar pasar sektor Perikanan ini akan menjadikan pendapatan asli (PAD) daerah meningkat lewat restribusi/pajak yang dibebankan pada hasil penjualan. Sejalan dengan hal tersebut diatas akan meningkat pula Produk Domestik Bruto daerah tersebut (PDRB). Lihat gambar 2.3 Model Sub Sistem Pasar dibawah ini.



Gambar 2.3 Model Sub Sistem Pasar

2.3.2 Sub Model Konsumen Rumah Tangga

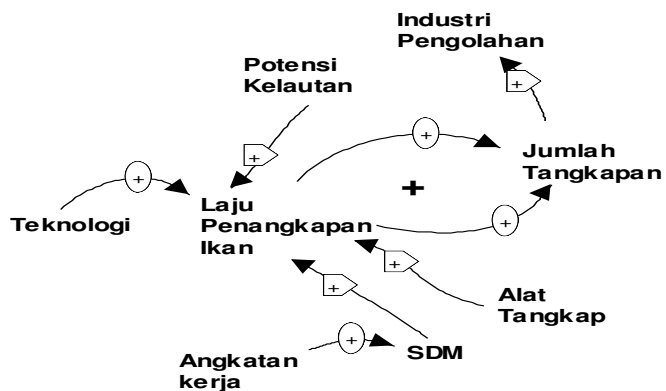
Sub Model Konsumen Rumah Tangga (ikan) dibangun dari Stock Konsumen Rumah Tangga yang jumlahnya dipengaruhi oleh aliran atau Flow laju konsumen RT yang besarnya tergantung dari jumlah Rumah Tangga, dan harga ikan.



Gambar 2.4 CLD Sub Sistem Model Konsumen

2.3.3 Sub Model Jumlah Tangkapan

Sub Sistem Jumlah tangkapan menggambarkan bahwa jumlah tangkapan sebagai Stock (Level) dipengaruhi oleh laju penangkapan ikan yang merupakan Flow (Aliran) Laju penangkapan ikan dipengaruhi oleh potensi kelautan, alat tangkap, sumber daya manusia yang kompeten. Sementara jumlah tangkapan akan mempengaruhi industri pengolahan ikan

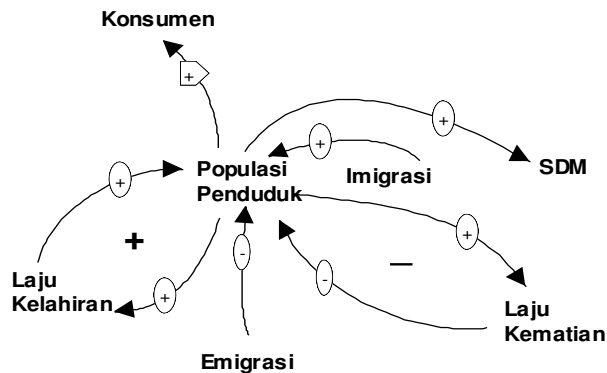


Gambar 2.5 CLD Sub Sistem Model Jumlah Tangkapan

2.3.4 Sub Model SDM

Sub sistem populasi penduduk menggambarkan jumlah penduduk di Kabupaten Konawe Selatan yang lahir dan meninggal . Untuk memudahkan perhitungan sub model ini menggunakan data langsung yang terdiri dari rata-rata bertambahnya kelahiran dan kematian per tahun atau disebut sebagai fraksi kelahiran dan kematian.

Jumlah penduduk dipengaruhi pula oleh imigrasi dan emigrasi. Emigrasi penduduk terjadi karena kesulitan mendapatkan penghasilan yang layak .Selain Emigrasi adapula penduduk yang datang dan menetap Kabupaten Konawe Selatan. Karena merupakan Kota Kabupaten baru banyak pekerja pendatang yang menetap dan menjadi penduduk permanen di wilayah ini.

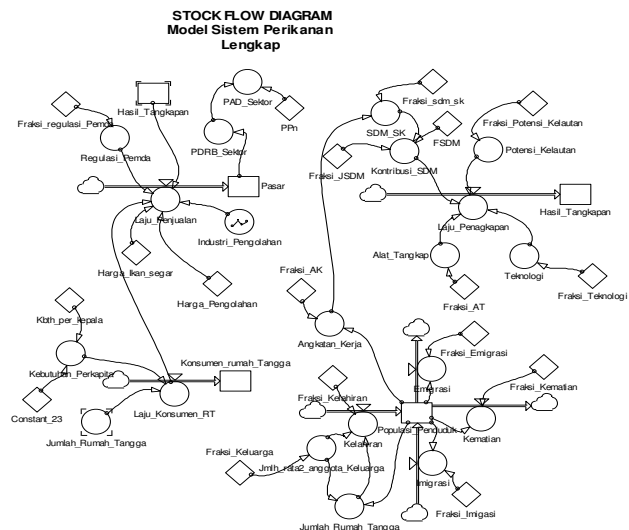


Gambar 2.6 CLD Sub Model SDM/Penduduk

2.3.5 Diagram Stok Aliran (Stock Flow Digram)

Dari model mental sistem pengembangan perikanan di Kabupaten Konawe Selatan yang telah dibuat berdasarkan kondisi nyata di lapangan, maka di buat model Komputer yang biasa disebut *stock flow diagram* (diagram stok aliran).

Model komputer dalam bentuk *Stock Flow Diagram*(SFD). Pembuatan SFD ini dilakukan berdasarkan perangkat lunak yang digunakan. Ada beberapa perangkat lunak yang digunakan untuk pemodelan sistem dinamik, antara lain : *Stella*, *Dynamo*, *Vensim*, *Powersim*, *Ithink*. Dalam hal ini penulis menggunakan Powersim, karena menurut hemat penulis perangkat lunak Powersim merupakan perangkat lunak sistem dinamik yang *User Friendly* (ramah pengguna).



Gambar 2.7 Diagram Alir Model Sistem Perikanan Lengkap (Kholil M., 2007)

2.4 Analisis Kebutuhan

Pada penelitian yang dilakukan Retnari Dian Mudiastuti dkk, penerapan aplikasi simulasi Alternatif Skenario Kebijakan Peningkatkan Daya Saing UKM Mebel dengan Pendekatan Sistem Dinamik. Permasalahan kemampuan daya saing UKM mebel merupakan sistem yang kompleks karena terdapatnya berbagai macam aliran seperti material, uang, informasi dan aktivitas, dimana aliran tersebut memiliki interdependensi satu sama lainnya, terdiri dari berbagai *stakeholder* (pemangku kepentingan) selain produsen dalam hal ini UKM, juga konsumen (lokal maupun mancanegara) yang melakukan permintaan dari waktu ke waktu, penyedia bahan baku, serta pemerintah yang berperan sebagai regulator pengembangan bisnis serta faktor tenaga kerja.

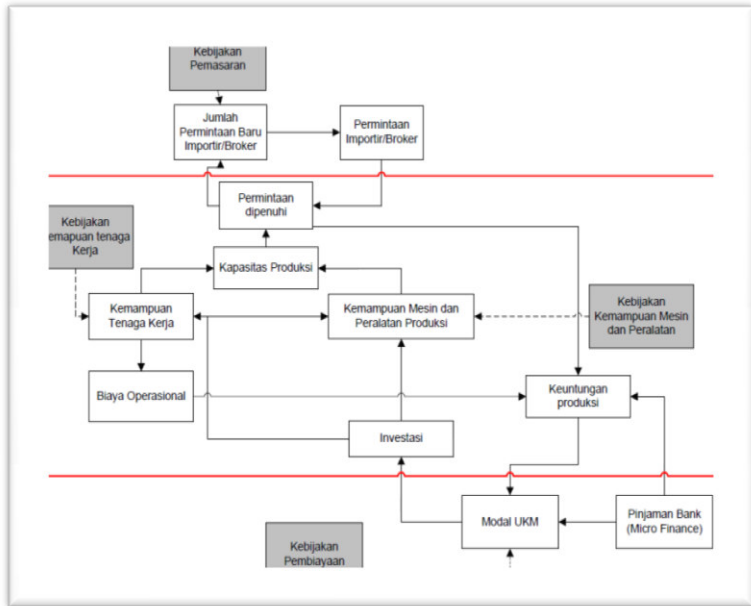
Tahapan dalam penelitian ini dijelaskan sebagai berikut. Tahapan Identifikasi variabel, dimana dilakukan studi literatur dari berbagai penelitian sebelumnya terkait kemampuan teknologi UKM serta kunjungan lapangan untuk mendapatkan data terkait variabel berpengaruh dan kondisi nyata di UKM mebel di Kota Pasuruan. UKM mebel yang terpilih adalah UKM-UKM skala kecil yang berpengalaman memproduksi mebel kayu jati ekspor. Data yang dibutuhkan berupa data profile UKM, pola permintaan produk, proses produksi, kemampuan mesin produksi, kemampuan tenaga kerja, biaya operasional dan kebijakan UKM daerah dan pusat.

2.4.1 Interaksi Antar Variabel

Pola interaksi antar variabel digambarkan pada Gambar 2.8, dimana dijelaskan hubungan yang saling

mempengaruhi antar variabel yang ada. Kapasitas produksi mempengaruhi kemampuan pemenuhan oleh importir dan kapasitas produksi dipengaruhi oleh kemampuan teknologi (mesin) dan tenaga kerja. Rendahnya kapasitas produksi mempengaruhi jumlah pemenuhan permintaan yang selanjutnya berpengaruh terhadap keuntungan UKM, Nur, dkk. Jumlah keuntungan dan kapasitas produksi merupakan indikator daya saing UKM mebel pada penelitian ini.

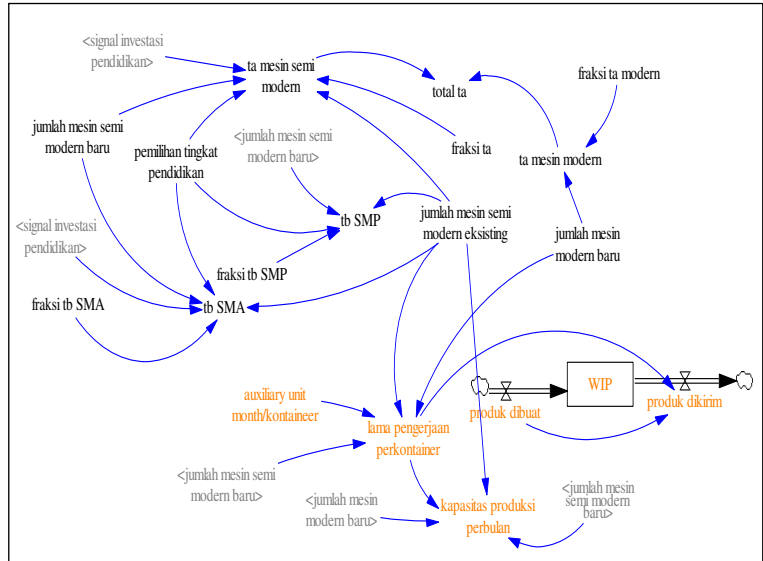
Pada interaksi variabel digambarkan skenario berupa kebijakan yang akan diterapkan untuk melihat perubahan terhadap model yang dikembangkan dengan tujuan peningkatan keuntungan dan kapasitas produksi dalam kurun waktu 120 bulan atau 10 tahun. Skenario yang dikembangkan dalam pemodelan simulasi ini adalah investasi mesin semi modern maupun mesin modern, dan investasi peningkatan kemampuan tenaga kerja bantu untuk menjadi tenaga ahli.



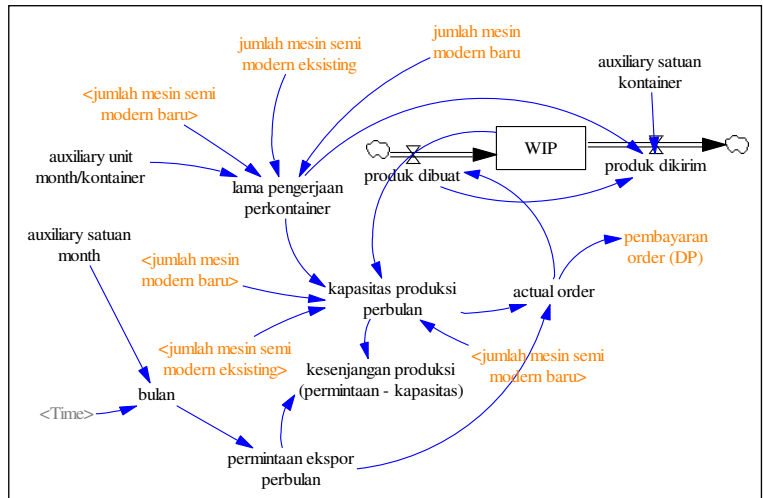
Gambar 2.8 Interaksi Antar Variabel Awal

2.4.2 Diagram Stock And Flow

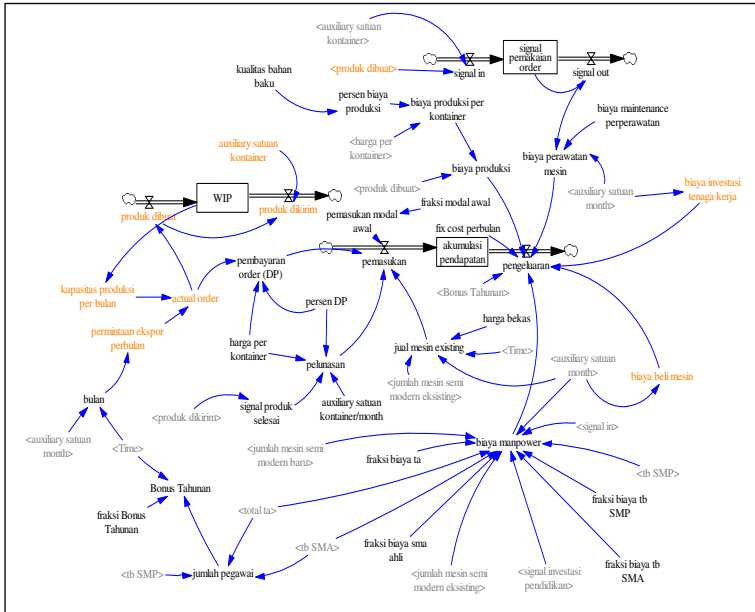
Tujuan pembuatan diagram *stock and flow* adalah menggambarkan interaksi antar variabel sesuai logika struktur dengan bantuan *software Ventana Simulator* (Vensim)TM. Pemodelan interaksi variabel pada diagram *stock and flow* dari submodel teknologi (mesin dan tenaga kerja), submodel permintaan dan produksi, submodel keuangan, dan submodel kebijakan investasi Perancangan diagram *stock and flow* juga bertujuan mengetahui pola perilaku variabel dalam model kemampuan UKM mebel. Berikut dijelaskan mengenai diagram stock and flow dan beberapa formulasi pada masing-masing submodel pada Gambar 2.9, 2.10, 2.11, 2.12.



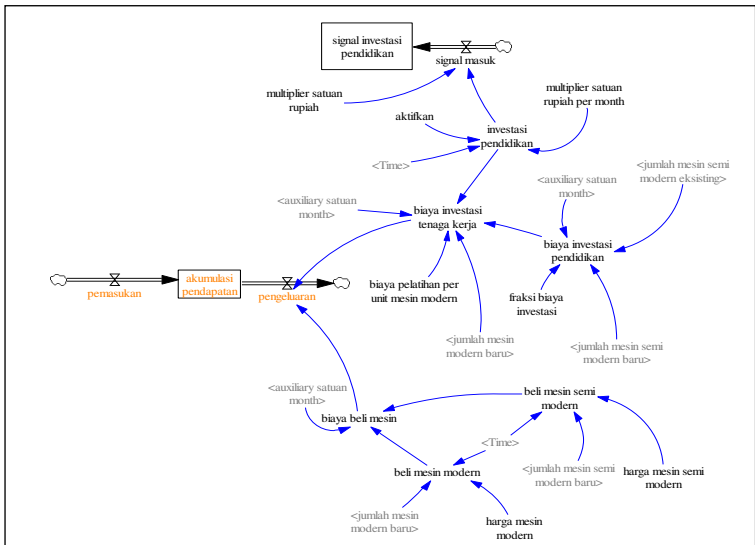
Gambar 2.9 Submodel Teknologi



Gambar 2.10 Submodel Permintaan dan Produksi



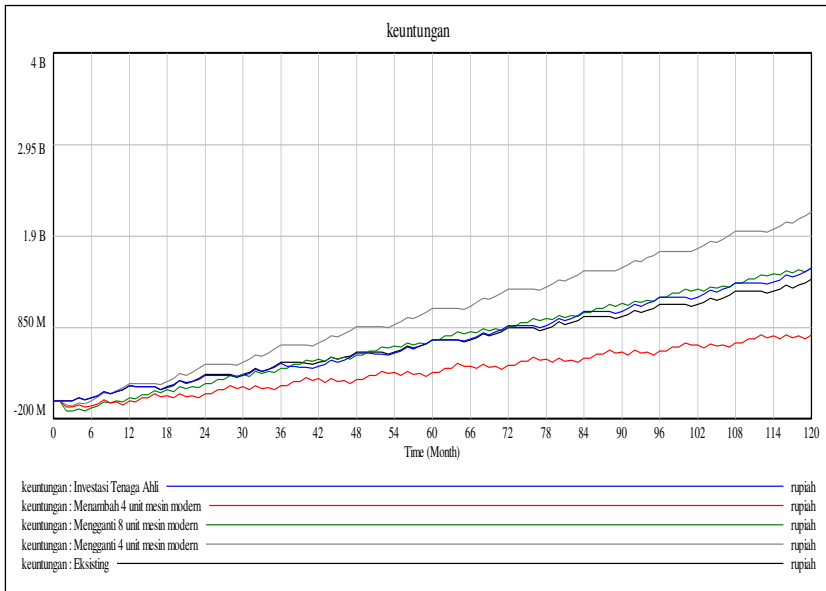
Gambar 2.11 Submodel Keuangan



Gambar 2.12 Submodel Kebijakan Investasi

2.5 Simulasi Hasil Pemodelan UKM

Berdasarkan hasil simulasi kondisi eksisting, ditemukan bahwa keterbatasan kapasitas produksi yang dipengaruhi oleh kemampuan mesin dan kemampuan tenaga kerja mempengaruhi profit atau keuntungan UKM. Pengaruh kemampuan mesin dan tenaga kerja signifikan berpengaruh pada jumlah keuntungan UKM. Terkait dengan hasil wawancara dengan pelaku UKM, diharapkan adanya peningkatan kapasitas produksi melalui penambahan mesin produksi dan tenaga ahli mebel. Sehingga pada skenario yang diajukan adalah penggantian mesin semi modern ke mesin modern, penambahan mesin modern dan investasi tenaga ahli. Skenario yang diajukan adalah mengganti 4 unit mesin modern, mengganti 8 unit mesin modern, menambah 4 unit mesin modern dan investasi tenaga ahli mebel. Berdasarkan penetapan skenario yaitu mengganti 8 unit mesin semi modern dengan 4 unit mesin modern, 8 unit mesin modern, atau menambah 4 unit mesin modern dan investasi tenaga ahli mebel, maka hasil skenario terlihat pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13. Hasil Simulasi Skenario

Pada skenario dilakukan untuk mendapatkan strategi terbaik dengan parameter nilai keuntungan yang tertinggi sebagai indikator daya saing UKM. Pada kondisi eksisting, nilai keuntungan pada tahun ke-10 sebesar 1,4 miliar rupiah. Setelah menerapkan 4 skenario yaitu menggunakan 4 unit mesin modern, 8 unit mesin modern, penambahan 4 unit mesin modern dan investasi tenaga ahli, maka strategi dengan nilai keuntungan UKM tertinggi senilai 2,173 miliar rupiah dengan melakukan investasi 4 unit mesin modern. Keuntungan terendah senilai 762,17 juta rupiah pada skenario penambahan 4 unit mesin modern. Pemilihan strategi jangka pendek dapat dipertimbangkan dengan mengganti mesin modern menjadi 4 unit mesin, sedangkan dengan memperhatikan kemampuan modal UKM dan untuk menghasilkan ketersediaan tenaga ahli

mebel kayu sehingga dapat berdampak positif pada jangka menengah dan jangka panjang, maka pelaksanaan scenario investasi tenaga ahli dapat dipertimbangkan. Sehingga ketika terjadi keputusan perubahan mesin dan adanya kepastian permintaan mebel, maka UKM tidak memiliki kesulitan terkait tenaga ahli lagi sehingga demikian daya saing UKM dapat meningkat.

2.6 Rangkuman

Sistem dinamik diaplikasikan pada system manufaktur dan jasa terdiri dari elemen-elemen yang saling berhubungan dan berfungsi secara interaktif untuk menghasilkan produk tertentu. Sistem dinamik terdiri dari entitas, sumber, aktivitas, dan kontrol yang disimbolkan dengan diagram atau alur. Metrik kinerja sistem atau variabel respon biasanya berupa waktu, utilisasi, inventori, kualitas atau yang berhubungan dengan biaya. Sedangkan optimisasi sistem berupaya menemukan penentuan nilai variabel keputusan yang paling tepat yang memaksimumkan atau meminimumkan nilai variabel respon tertentu. Dengan menerapkan memahami pendekatan sistem model Causal Loop Diagram (CLD) maka dapat digunakan untuk memvisualisasikan lebih jelas bahwa strategi masalah baik secara internal maupun eksternal semata yang biasa dilakukan, tapi banyak beberapa hal yang perlu di perhatikan secara cermat di karenakan setiap unit dapat saling mempengaruhi atau mengakibatkan dampak antara satu dengan yang lainnya.

LATIHAN

1. Buatlah diagram simulasi sistem bandara, jJika sebuah bandar udara dianggap sebagai sebuah system, deskripsikan selengkap mungkin system tersebut.

Ambillah sebuah contoh kasus yang ada dalam bandara dan definisikan modelnya (apa yang akan menjadi fungsi tujuan, batasan, dsb). Tidak perlu dibuat detail model matematikanya. Buatlah diagram simpal kausal loopnya dan alur sistem!

2. Buatlah pemodelan dinamis pada perkiraan Jumlah Penduduk di Kabupaten Bangkalan dengan diagram simpal kausal dengan mempertimbangkan efek pendapatan daerah dan factor-fator lainnya. (tugas sebagai projek mandiri)

DAFTAR PUSTAKA

1. Forrester, J.W. (1961), Principles of Systems. MIT Press.
2. Borshchev, A., and Filippov, A. From System Dynamics and Discrete Event to Practical Agent Based Modeling: Reasons, Techniques, Tools The 22nd International Conference of the System Dynamics Society. Oxford, England, 2004
3. Han, X., Wen, Y., and Kant, S. (2009), The global competitiveness of the Chinese wooden furniture industry. Forest Policy and Economics Vol.11, pp.561–569.
4. Law, A.M., Kelton, W.D. (2000), Simulation Modeling and Analysis, McGraw-Hill, Singapore.
5. repository.unhas.ac.id/.../Full%20paper%20IWOBE%20Iqbal.doc?...1

6. Muhammad Kholil dkk, 2008. Model Simulasi Pengembangan Industri Perikanan Di Konawe Selatan Dengan Pendekatan Sistem Dinamik

http://digilib.mercubuana.ac.id/manager/file_artikel_abstrak/Isi_Artikel_213311627740.pdf

7. Sumber: Harrell, C., B.K. Ghosh and R.O. Bowden, Jr., Simulation Using Promodel, 2nd ed., McGrawHill, Singapore, 2003.