

# DIKTAT KULIAH PENGANTAR PADA PEMODELAN SISTEM DINAMIS

**X: There is No Final Destination on  
the Improvement Journey**



Disusun oleh :

**ARYA WIRABHUANA**



Program Studi Teknik Industri  
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga  
Tahun 2009

# LECTURE NOTE INTRODUCTION TO INDUSTRIAL AND SYSTEM DYNAMICS

**X: There is No Final Destination on  
the Improvement Journey**



Arranged by :

**ARYA WIRABHUANA**



Department of Industrial Engineering  
Faculty of Science and Technology Ssunan Kalijaga State Islamic University  
2009



# BAB. I.

## PENGENALAN PADA PEMODELAN SIMULASI SISTEM

### I. PEMODELAN SISTEM

#### Pendekatan Sistem

Untuk Mempelajari, mengamati, dan memahami suatu sistem tertentu, maka pengetahuan tentang pendekatan sistem sangat membantu. Mueller-Merbach (1994) menyatakan, bahwa pendekatan sistem memusatkan perhatian pada keseluruhan (whole) sistem dan interaksinya. Dengan demikian, sudah semestinya jika pendekatan sistem bersifat komprehensif, holistik, dan lintas disiplin. Dyer (1993) mengatakan bahwa dua tema pokok dari pendekatan sistem adalah : (1) mengelola apa yang ada pada saat ini (*managing the present*) dan (2) merancang apa yang diinginkan pada masa yang akan datang (*redesigning the future*). Sedangkan tipologi dari pendekatan sistem sendiri ada dua. Mueller-Merbach (1994) menamakannya dengan pendekatan **sistematik** yang dipelopori oleh kaum *western* dan pendekatan **sistemik** yang dijiwai oleh filosofi orang timur. Pendekatan sistematik digolongkan menjadi tiga pendekatan yaitu : Introspeksi, Ekstraspeksi, dan Konstruksi. Ketiga pendekatan sistem tersebut memiliki perbedaan pada faktor-faktor yang ada pada peneliti sistem seperti Superioritas peneliti, independensi, lintas disiplin, maupun cara pembagian tugas dalam penelitian akan sistem tersebut.

Sedang pendekatan sistemik disebut juga sebagai pendekatan kontemplasi yang didasari filosofi bahwa sesuatu yang ada di dunia ini tidak dapat dipisah-pisahkan. Dan jika peneliti mencoba untuk memisahkan berarti dia telah menghancurkan sistem tersebut. Untuk itu peneliti harus menyatu (identik) dengan sistem yang ditelitinya untuk

mengetahui karakteristik sistem yang diamati untuk selanjutnya mengambil langkah-langkah pengembangan bagi sistem tersebut. Disini peneliti berusaha mengidentikkan dirinya dengan sistem yang diamati.

### Karakteristik dan Definisi Sistem

Open University(1993) mengemukakan bahwa sistem merupakan kesatuan dari elemen-elemen yang terhubung melalui sebuah mekanisme tertentu dan terikat dalam hubungan interdependensi. Sistem memiliki sesuatu yang menjadi tujuan bersama. Dan lingkungan suatu sistem memiliki batas (*Boundary*) dengan sistem lain yang berada di sekitarnya. Sistem juga memiliki hubungan yang bersifat umpan balik yang menyebabkan sistem senantiasa dinamis.

Lingkungan sistem adalah segala sesuatu yang tidak merupakan bagian dari sistem, tetapi keberadaannya dapat mempengaruhi dan atau dipengaruhi sistem.

### Model

Model merupakan suatu representasi atau formalisasi dalam bahasa tertentu (yang disepakati) dari suatu sistem nyata yang disepakati. Sehingga model dapat dikatakan sebagai sebuah kesatuan yang menggambarkan karakteristik suatu sistem. Model dibuat dengan cara simplifikasi dari sistem yang ada sehingga untuk mempelajari sebuah sistem, dapat dilakukan dengan pengamatan pada model sistem tersebut.

Walaupun model merupakan bentuk “sederhana” dari sebuah sistem, tapi dalam pembentukannya harus tetap memperhatikan kompetensi dari karakteristik sistem yang diamati. Beberapa model dari sebuah sistem yang sama, bisa saja berbeda, tergantung pada persepsi, kemampuan, dan sudut pandang analisis sistem yang bersangkutan. Ditegaskan kembali

bahwa pada dasarnya model adalah suatu representasi yang memadai dari sebuah sistem.

### Karakteristik Model

Ali Basyah Siregar (1991), mengemukakan bahwa karakteristik model yang baik sebagai ukuran tujuan pemodelan yaitu :

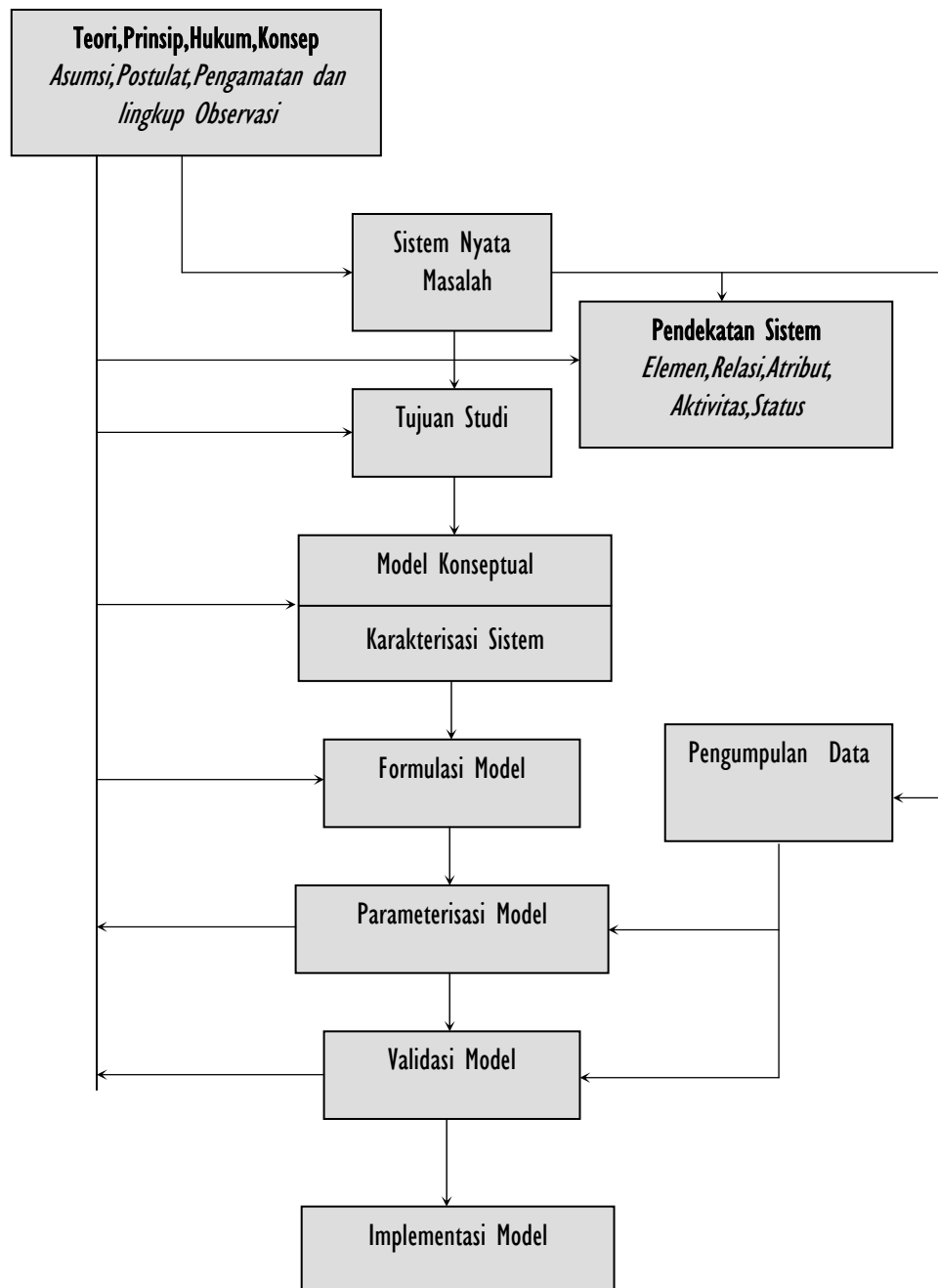
1. Tingkat Generalisasi Tinggi. Makin tinggi tingkat generalisasi model, maka model tersebut akan dapat memecahkan masalah yang makin besar.
2. Mekanisme Trasparansi. Dapat menjelaskan dinamika sistem secara rinci.
3. Potensial untuk Dikembangkan. Membangkitkan minat peneliti lain untuk menyelidikinya lebih lanjut.
4. Peka Terhadap Perubahan Asumsi. Hal ini menunjukkan bahwa proses pemodelan tidak pernah selesai. Peka terhadap perubahan lingkungan

### Prinsip-Prinsip Pemodelan Sistem

1. **Elaborasi.** Pengembangan Model dilakukan secara bertahap dimulai dari model sederhana hingga diperoleh model yang lebih representatif.
2. **Sinektik.** Sinektik adalah metode yang dibuat untuk mengembangkan pengenalan masalah secara analogis (William N Dumm,1981). Sinektik yang mengacu pada penemuan kesamaan-kesamaan akan membantu analisis menggunakan analogi yang kreatif dalam pengembangan model.
3. **Iteratif.** Pengembangan model bukanlah proses yang bersifat mekanistik dan linear. Oleh karena itu dalam tahap pengembangannya sangat mungkin dilakukan Pengulangan-pengulangan dan peninjauan kembali.

### Pengembangan Model

Pengembangan Model tak lain adalah suatu usaha memperoleh model baru yang memiliki kemampuan lebih dalam beberapa aspek dibandingkan model sebelumnya. Adapun langkah-langkahnya :



Gambar 1.1. Langkah-Langkah Pengembangan Model

## II. SIMULASI SISTEM

### Sistem, Model dan Simulasi

Ketika berbicara masalah simulasi sistem ada tiga konsep dasar yang harus dipahami terlebih dahulu, yaitu sistem, model dan simulasi itu sendiri. Pada umumnya literatur tentang model sepakat untuk mendefinisikan “model” sebagai suatu representasi atau formalisasi dalam bahasa tertentu dari suatu sistem nyata. Adapun sistem nyata adalah sistem yang sedang berlangsung dalam kehidupan, sistem yang dijadikan titik perhatian dan dipermasalahkan. Model membantu memecahkan masalah yang sederhana ataupun kompleks dalam bidang manajemen dengan memperhatikan beberapa bagian atau beberapa ciri utama daripada memperhatikan semua detail sistem nyata. Model tidak mungkin berisikan semua aspek sistem nyata karena banyaknya karakteristik sistem nyata yang selalu berubah dan tidak semua faktor atau variabel relevan untuk dianalisis.

Sistem didefinisikan sebagai suatu koleksi entiti, misal manusia atau mesin, yang bertindak dan berinteraksi bersama menuju penyelesaian dari beberapa logika akhir sedangkan simulasi digunakan untuk menyelesaikan persoalan dalam sistem yang sangat kompleks sehingga sangat sulit untuk diselesaikan secara matematis. Simulasi merupakan alat analisis numeris terhadap model untuk melihat sejauh mana input mempengaruhi pengukuran output atas performansi sistem. Pemahaman yang utama adalah bahwa simulasi bukan merupakan alat optimasi yang memberi suatu keputusan hasil namun hanya merupakan alat pendukung keputusan (*decision support system*) dengan demikian interpretasi hasil sangat tergantung kepada si pemodel.

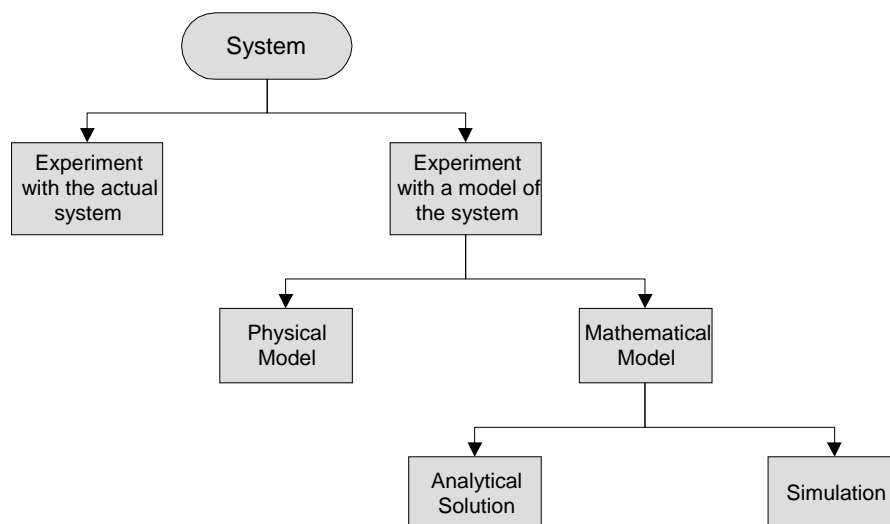
Aplikasi simulasi dapat dilakukan pada beberapa permasalahan sistem, diantaranya : Desain dan analisa sistem manufaktur, Evaluasi suatu senjata militer baru atau taktik, Penetapan kebijakan pemesanan dan

sistem persediaan, Desain sistem komunikasi, Desain dan operasi fasilitas transportasi, dan Analisa keuangan atau sistem ekonomi.

### Model Simulasi

Dalam melakukan studi sistem bahwa sebenarnya simulasi merupakan turunan dari model matematik (*lihat gambar 1*) dimana sistem sendiri dikategorikan menjadi 2, yaitu sistem diskret dan sistem kontinyu.

*Sistem diskret* mempunyai maksud bahwa jika keadaan variabel-variabel dalam sistem berubah seketika itu juga pada poin waktu terpisah, misalnya pada sebuah bank dimana variabelnya adalah jumlah nasabah yang akan berubah hanya ketika nasabah datang atau setelah selesai dilayani dan pergi. Sedangkan *Sistem kontinyu* mempunyai arti jika keadaan variabel-variabel dalam sistem berubah secara terus menerus (kontinyu) mengikuti jalannya waktu, misalnya pesawat terbang yang bergerak diudara dimana variabelnya seperti posisi dan kecepatannya akan terus dan bergerak.



Gambar 1.2. Diagram Studi Sistem



Klasifikasi model simulasi terdiri atas tiga dimensi yang berbeda :

1. *Model Simulasi Statis vs Dinamis*

Model statis merupakan representasi dari sebuah sistem pada waktu tertentu (e.g. Simulasi Monte Carlo) sedangkan Model dinamis menggambarkan suatu sistem yang lambat laun terjadi tanpa batas waktu (e.g. Sistem konveyor).

2. *Model Simulasi Deterministik vs Stokastik*

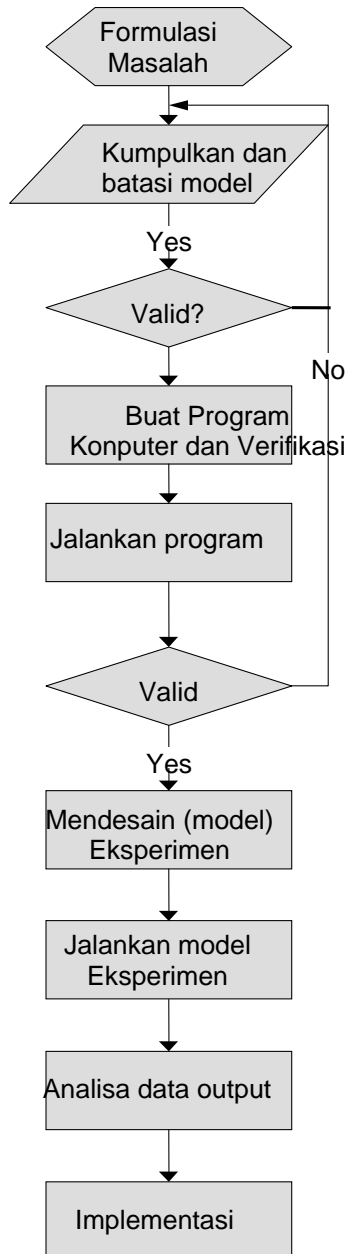
Model simulasi dikatakan deterministik jika dalam model tersebut tidak mengandung komponen probabilistik/random. Kebalikannya Model simulasi stokastik adalah model yang didalamnya terdapat komponen random.

3. *Model Simulasi Kontinyu vs Diskret*

Secara jelas pengertian dari kedua model tersebut sudah dijelaskan sebelumnya. Pada umumnya pembicaraan masalah simulasi sering dikaitkan dengan dimensi ini dan pada pelaksanaan perkuliahan ini adalah Simulasi Sistem kontinyu

Metodologi Studi Simulasi

Dalam melakukan suatu penelitian/kajian tidak dapat dilakukan secara sembarangan atau asal-asalan. Artinya bahwa diperlukan suatu langkah-



**Gambar 1.3. Bagan Studi Simulasi**

langkah atau metodologi yang terstruktur dan terkendali sehingga konklusi yang dihasilkan dapat dipertanggungjawabkan keabsahannya. Begitu pula

dalam melakukan studi simulasi terdapat metodolgi umum yang digunakan seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.3.

1. *Formulasi masalah*

Setiap studi selalu dimulai dengan suatu pernyataan yang jelas tentang tujuan yang hendak dicapai. Secara keseluruhan harus direncanakan pula variabel-variabel yang terdapat dalam sistem obyek.

2. *Kumpulkan data*

Informasi dan data sebaiknya dikumpulkan pada secara terpusat dan digunakan untuk melakukan spesifikasi prosedur operasi dan distribusi probabilitas untuk variabel random yang terdapat dalam model.

3. *Valid?*

Meskipun kita yakin bahwa validasi adalah sesuatu yang sebaiknya dilakukan setelah model simulasi dijalankan namun ada beberapa keuntungan jika dilakukan diawal. Diantaranya adalah kita yakin terlebih dahulu bahwa distribusi data, keragaman data, dan aktualitas variabel yang lain yang mendukung model sudah benar/syah.

4. *Buat program komputer & verifikasi*

Pemodel simulasi harus menentukan program apakah yang akan digunakan untuk menguji dan menjalankan model. Dalam praktikum ini ada tiga program simulasi yang digunakan yaitu Microsoft Excell, GPSS/PC dan ARENA. Selama melakukan translasi model kedalam program yang dipilih dilakukan verifikasi model terhadap sistem nyata apakah bentuk fisik model sudah seperti sistem nyatanya.

5. *Jalankan program*

Dengan bantuan software simulasi model yang telah dibuat dijalankan (*run*) untuk melihat hasilnya.

#### 6. *Valid?*

Program yang dijalankan dapat digunakan untuk menguji sensitivitas hasil dari model terhadap perubahan kecil pada parameter masukan. Jika hasilnya berubah secara ekstrim maka suatu estimasi yang baik harus diambil. Jika sistem nampak sama dengan yang ada saat ini, data hasil dari program simulasi dapat dibandingkan dengan sistem nyatanya. Jika 'hasilnya' baik maka program simulasi dinyatakan valid dan model dianggap representasi dari sistem nyata.

#### 7. *Mendesain (model) eksperimen*

Jika program simulasi sudah dinyatakan valid maka pemodel dapat melakukan berbagai eksperimen terhadap program/model tersebut sesuai dengan penelitiannya.

#### 8. *Jalankan model eksperimen*

Mengulangi langkah 5 sesuai dengan panjang simulasi yang telah ditentukan sebelumnya.

#### 9. *Analisa data output*

Teknik-teknik statistik digunakan untuk melakukan analisa data yang dihasilkan. Dengan mengukur selang kepercayaan dan performansi yang berbeda-beda untuk setiap desain maka dapat diketahui mana model simulasi terbaik sesuai tujuan yang hendak dicapai.

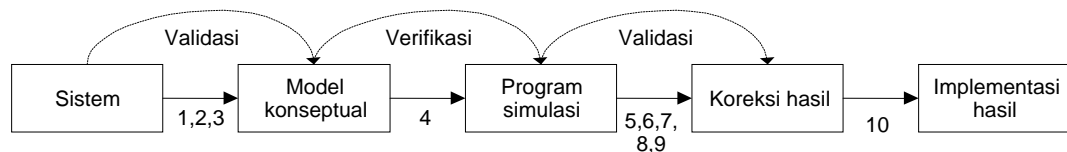
#### 10. *Implementasi*

#### Verifikasi dan Validasi

Seperti telah disinggung sebelumnya bahwa ketika kita mengerjakan suatu model dan kadangkala disaat kita membangun model tersebut maka disanalah waktu untuk untuk melakukan verifikasi dan validasi terhadap model tersebut. Verifikasi adalah suatu langkah untuk meyakinkan bahwa model berkelakuan/bersifat seperti yang dikehendaki. Validasi merupakan langkah untuk meyakinkan bahwa model berkelakuan

seperti sistem nyatanya. Kedua langkah ini tidak dapat dilakukan dengan asumsi begitu saja namun harus dengan teknik-teknik statistik yang akan dibahas pada bagian yang lain dari modul ini.

Secara sederhana hubungan antara verifikasi dan validasi dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar I.4. Hubungan Verifikasi dan Validasi (angka menunjukkan urutan langkah metodologi)

Jadi, verifikasi akan melakukan pengecekan translasi model simulasi konseptual (e.g. *flowchart* dan asumsi-asumsi) kedalam program secara benar sedangkan validasi lebih ditekankan pada penentuan apakah model simulasi konseptual akurat menggambarkan sistem nyata sehingga jika model tidak valid maka konklusinya meragukan dan untuk itu model harus diperbaiki.

### III. SISTEM DINAMIK

Sistem dinamik merupakan suatu metodologi untuk memahami berbagai masalah kompleks. Metode ini dikembangkan oleh Jay W. Forrester dari MIT dengan nama *Industrial Dynamics* pada tahun 1959, dengan menempatkan masalah-masalah dalam sistem usaha sebagai topik utama. Pada perkembangan selanjutnya, topik bahasannya meluas meliputi berbagai masalah sistem sosial, dan namanya disesuaikan menjadi sistem dinamik.

Metode Sistem Dinamik mempelajari masalah dengan sudut pandang sistem, diman elmen-elemne sistem tersebut saling berinteraksi dalam suatu hubungan umpan balik sehingga menghasilkan suatu perilaku tertentu. Interaksi dalam struktur ini diterjemahkan ke dalam model-model

matematik yang selanjutnya dengan bantuan komputer digital disimulaikan untuk memperoleh perilaku historisnya.

Untuk menggunakan metode ini, sebelum dimulai langkah-langkah pemecahan masalah, ada dua hal yang perlu diperhatikan, yaitu :

1. Bahwa masalah yang dihadapi menunjukkan adanya tanda-tanda dinamik, yang berarti bahwa permasalahan tersebut berkenaan dengan suatu besaran yang berubah terhadap waktu yang dapat dituangkan ke dalam bentuk grafik dengan variabelnya yang berupa deret waktu.
2. Bahwa masalah yang dihadapi bisa digambarkan dalam bentuk hubungan umpan balik.

Faktor-faktor metode sistem dinamik yaitu konsep umpan balik informasi dari perilaku sistem, model matematik dari interaksi dinamik, dan komputer untuk melakukan simulasi akan memungkinkan kita untuk melakukan serangkaian eksperimen terkontrol mengenai keadaan sistem di dalam sebuah "LABORATORIUM", (forester, 1961). Di sini kita bisa menguji berbagai skenario kebijaksanaan yang akan diterapkan pada sistem, sehingga kita bisa mendapatkan gambaran mengenai perilaku dan performansi sistem.

### Fungsi Statistik

Kesempurnaan serta kesuksesan dari suatu simulasi melibatkan tidak hanya sekedar perancangan *flowchart* dari sistem, menerjemahkan *flowchart* ke dalam bahasa komputer, dan kemudian membuat satu atau lebih replikasi dari setiap konfigurasi sistem yang diusulkan. Penggunaan dari probabilitas dan statistik juga merupakan satu bagian dari rangkaian studi simulasi yang dibutuhkan untuk memahami bagaimana memodelkan sistem probabilistik, validasi model, menentukan distribusi masukan, membangkitkan variabel random, mengerjakan analisis statistik dari hasil simulasi, dan mendesain eksperimen. Penggunaan, pengolahan dan



analisa tentang apa itu fungsi distribusi dan variabel random akan dijelaskan lebih detail pada bab lain dalam modul ini.

### Bagian-bagian Model Simulasi

Beberapa bagian model simulasi yang berupa istilah-istilah asing perlu dipahami oleh pemodel karena bagian-bagian ini sangat penting dalam menyusun suatu model simulasi.

#### a. Entiti (*entity*)

Kebanyakan simulasi melibatkan 'pemain' yang disebut entiti yang bergerak, merubah status, mempengaruhi dan dipengaruhi oleh entiti yang lain serta mempengaruhi hasil pengukuran kinerja sistem. Entiti merupakan obyek yang dinamis dalam simulasi. Biasanya entiti dibuat oleh pemodel atau secara otomatis diberikan oleh software simulasinya.

#### b. Atribut (*attribute*)

Setiap entiti memiliki ciri-ciri tertentu yang membedakan antara satu dengan yang lainnya. Karakteristik yang dimiliki oleh setiap entiti disebut dengan atribut. Atribut ini akan membawa nilai tertentu bagi setiap entiti. Satu hal yang perlu diingat bahwa nilai atribut mengikat entiti tertentu. Sebuah part (entiti) memiliki atribut (*arrival time, due date, priority, dan color*) yang berbeda dengan part yang lain.

#### c. Variabel (*variable*)

Variabel merupakan potongan informasi yang mencerminkan karakteristik suatu sistem. Variabel berbeda dengan atribut karena dia tidak mengikat suatu entiti melainkan sistem secara keseluruhan sehingga semua entiti dapat mengandung variabel yang sama. Misalnya, panjang antrian, *batch size*, dan sebagainya.

#### d. Sumber daya (*Resource*)

Entiti-entiti seringkali saling bersaing untuk mendapat pelayanan dari *resource* yang ditunjukkan oleh operator, peralatan, atau ruangan penyimpanan yang terbatas. Suatu *resource* dapat berupa grup atau pelayanan individu.

e. Antrian (Queue)

Ketika entiti tidak bergerak (diam) hal ini dimungkinkan karena *resource* menahan (*seize*) suatu entiti sehingga mengikat entiti yang lain untuk menunggu. Jika *resource* telah kosong (melepas satu entiti) maka entiti yang lain bergerak kembali dan seterusnya demikian.

f. Kejadian (*Event*)

Bagaimana sesuatu bekerja ketika simulasi dijalankan? Secara sederhana, semuanya bekerja karena dipicu oleh suatu kejadian. Kejadian adalah sesuatu yang terjadi pada waktu tertentu yang kemungkinan menyebabkan perubahan terhadap atribut atau variabel. Ada tiga kejadian umum dalam simulasi, yaitu *Arrival* (kedatangan), *Departure* (entiti meninggalkan sistem), dan *The End* (simulasi berhenti).

g. *Simulation Clock*

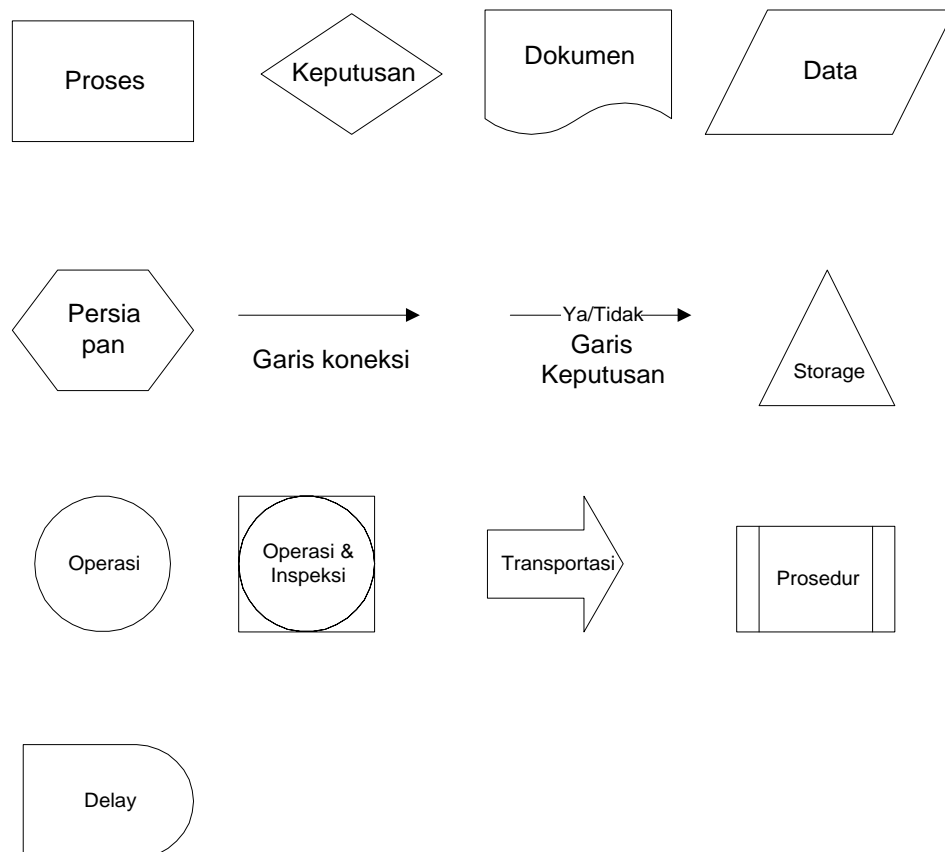
Nilai sekarang dari waktu dalam simulasi yang dipengaruhi oleh variabel disebut sebagai *Simulation Clock*. Ketika simulasi berjalan dan pada kejadian tertentu waktu dihentikan untuk melihat nilai saat itu maka nilai tersebut adalah nilai simulasi pada saat tersebut.

h. *Replikasi*

Replikasi mempunyai pengertian bahwa setiap menjalankan dan menghentikan simulasi dengan cara yang sama dan menggunakan set parameter input yang sama pula ('identical' part), tapi menggunakan masukan bilangan random yang terpisah ('independent' part) untuk membangkitkan waktu antar-kedatangan dan pelayanan (hasil-hasil simulasi). Sedangkan panjang waktu simulasi yang diinginkan untuk setiap replikasi disebut *length of replication*.

#### IV. BLOK-BLOK DIAGRAM DALAM PEMODELAN

Berikut ini adalah beberapa blok diagram yang digunakan untuk memodelkan sebuah sistem dalam bentuk diagram :



*Gambar 1.5. Blok-bloak Diagram dalam Pemodelan Sistem*

## **BAB. II**

# **TINJAUAN FILOSOFIS MODEL SISTEM DINAMIS**

### **I. PENDAHULUAN**

Dalam suatu langkah Pemodelan Sisten dimana prosedur pengamatan sistem, memodelkan sebuah sistem, mensimulasikan sistem tersebut, menguji validasi output keluaran sebelum akhirnya diterapkan ke dunia nyata, seringkali kita mendapati bahwa konsep rasional yang diambil oleh para pemodel terkadang menjadi konsep yang pragmatis yaitu output tersebut dipandang perlu sesuai kegunaannya saja, jadi jika tidak perlu maka tidak akan diterapkan

Selama ini pendekatan yang umum dilakukan adalah berbasis pada suatu nilai yang diskret yaitu terjadi pada suatu waktu tertentu, tetapi pada waktu yang lain konsep yang kita ambil ada saat menggunakan sistem diskret tersebut tidak selalu dapat kita tetapkan. Hal ini terjadi karena lingkungan sistem yang satu akan berbeda dengan lingkungan yang lain. *Sistem Dinamis* menjembatani persoalan tersebut. Dalam *Sistem Dinamis* terdapat feedback secara menyeluruh yang membuat sistem ini selalu dalam keadaan terkendali walaupun terjadi perubahan waktu. Selain itu pendekatan terhadap sistem ini hanya bisa dilakukan jika sesuai dengan lingkungannya yaitu antara lain : perilaku counterintuitive (nonintuisi), nonlinearity, dynamics, causality, perilaku endogeneous (daridalam)

### **II. PENGERTIAN SISTEM DINAMIS**

Metodologi sistem dinamik berdiri atas 3 dasar latar belakang disiplin yaitu manajemen tradisional dari sistem sosial, teori umpan balik atau cybernetics dan simulasi komputer.

Asal serta input utama dalam metodologi sistem dinamik dalam pengembangan model sistem dinamik terdapat pada gambar dibawah ini :

### **III. MANAJEMEN TRADISIONAL**

Manajemen tradisional adalah dunia nyata bagi manajer dalam prakteknya, dimana ini diatur khusus dengan pengalaman dan keputusan dari manajer. Pendukung dasar dari manajemen tradisional ini adalah database mental dan model mental. Adapun yang membangun database mental adalah apa yang didengar, dilihat, hubungan dan pengalaman seorang manajer dalam situasi / masalah yang berbeda dimana hal ini kaya dengan informasi baik yang bersifat tangible atau intangible.

Setiap manajer mengembangkan model mentalnya dari kenyataan lalu mengevaluasinya dengan model mental. Kelebihan dari model ini adalah kaya informasi yang kualitatif dari observasi dari pengalaman manajer. Serta ekstensive digunakan dalam berbagai latihan model.

### **IV. CYBERNETICS**

Cybernetics adalah ilmu komunikasi dan kontrol, ini diatur khusus oleh teori umpan balik. Melalui informasi dari database mental yang dimiliki manajer, ini tidak akan efektif digunakan dalam absence dari prinsip – prinsip untuk menseleksi informasi yang relevan dari struktur pokok informasi. Cybernetics atau teori umpan balik membantu manajer untuk menyaring informasi yang real yang berguna dalam menyelesaikan masalah dan hubungan elemen informasi yang bermacam – macam untuk mencari hubungan sebab akibat dari sistem umpan balik.

Pikiran manusia sangat baik dalam menyusun aturan hubungan sebab akibat dari struktur umpan balik dalam sistem dan hal ini dapat dikembangkan dengan menggunakan prinsip cybernetics.

## **V. SIMULASI KOMPUTER**

*Sistem Dinamis* menggunakan simulasi komputer untuk mengamati perubahan yang diakibatkan oleh penerapan kebijakan tertentu dalam sebuah sistem, pemodel dapat mempelajari reaksi sistem dengan input yang berubah-ubah. Dengan demikian pemodel (manajer) dapat merancang kebijakan dan mengambil keputusan dengan lebih baik.

## **VI. FILOSOFI**

Untuk mengapresiasi metodologi sistem dinamik secara aktual dan mengoperasikannya secara detail ada 2 dasar filosofi yang perlu dipahami :

### **1. Causal philosophy**

### **2. Chance philosophy**

Menurut causal philosophy ada sebab dibalik suatu kejadian. Setiap kejadian dalam kehidupan dapat ditelusuri kebelakang menurut rantai sebab akibat, pada prinsipnya beberapa ataupun bahkan semua kejadian di dunia ini mempunyai sebab. Adapun chance philosophy sama dengan kemungkinan yang terjadi. Hasil dari suatu peristiwa tidak selalu pasti (deterministik ) bahkan mendekati probabilistik. Beberapa hasil aktivitas menjadi kejadian yang mungkin menurut distribusi probabilitas.

**Contoh : Menurut terbentuknya alam semesta ada 2 hal yang utama yaitu :**

1. Alam semesta ini diciptakan mempunyai tujuan, hal ini termasuk dalam causal philosophy.
2. Alam semesta tercipta oleh adanya tumbukan yang keras, hal ini termasuk dalam chance philosophy

Sistem Dinamik menemukan akar permasalahan yang penting di dalam causal philosophy, walaupun secara pragmatis ini dapat diperlakukan seperti sistem peluang dan sebab akibat.



Sebuah model dalam sistem dinamik dibatasi oleh sebagian kerangka berfikir causal dari dalam dan adanya sisa perlakuan dari luar yang membangun phenomena chance untuk membatasi luasnya atau kompleksnya sistem.

**Berdasarkan causal philosophy ada dua asumsi atau pemikiran dasar :**

**1. Pemikiran dasar 1/asumsi 1**

“ Perilaku dalam organisasi pada prinsipnya disebabkan oleh struktur organisasi, pentingnya kebijakan dan tradisi, contain-source of amplification, waktu keterlambatan dan umpan balik informasi “.

Pemikiran ini berhubungan dengan perilaku struktur dan ini merupakan esensi dari causal philosophy. Jika struktur penuh dengan perilaku yang dapat dipastikan maka kebanyakan dapat pula ditentukan. Lalu untuk menjelaskan sebagian perilaku atau akibat yang disebabkan oleh struktur sistem yang luar biasa dan jika struktur yang benar dapat ditetapkan maka hal ini dapat dimanipulasi agar menjadi perilaku yang diinginkan.

**2. Pemikiran dasar 2/Asumsi 2**

“ Organisasi dapat dipelajari secara efektif *pertama*, melalui pemahaman aliran fungsional seperti ; aliran manusia, aliran uang, aliran material, aliran permintaan dan aliran informasi, *kedua* mencari hubungan sebab dan akibat”

Pemikiran ini juga didasari oleh filosofi sebab akibat. Metodologi SD didasari atas pemikiran ini yaitu pemodelan aliran (flow modeling).

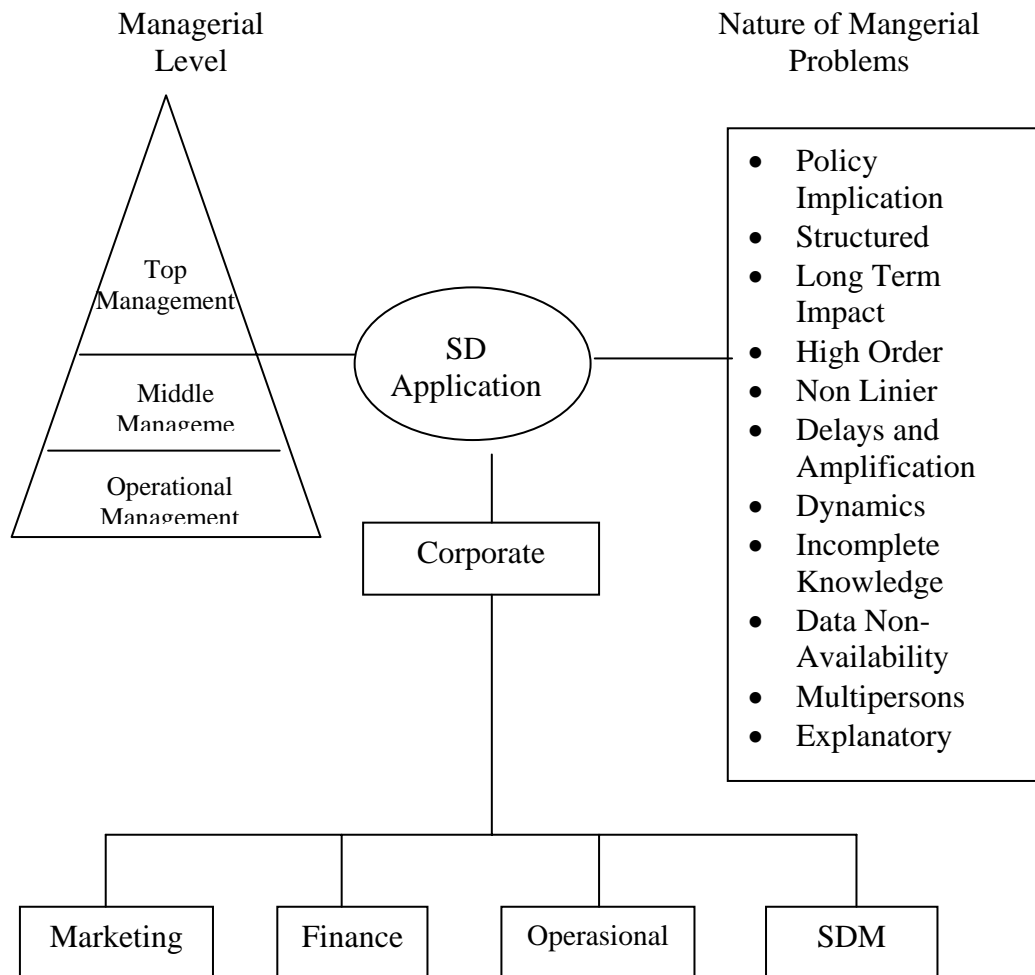
*Sistem Dinamis* pada dasarnya adalah sebuah sistem dimana pemodel akan memperhitungkan nilai rasa dari sistem bukan hanya logika sebuah

sistem. Kelebihan ini yang paling menonjol dari pendekatan *Sistem Dinamis* Hal ini dapat diterangkan sebagai berikut:

1. SD mampu untuk memenuhi serangkaian syarat dari sistem dan permasalahan manajerial untuk membentuk framework pemodelan.
2. SD mampu menggabungkan antara manajemen tradisional dengan ilmu manajemen untuk memperoleh informasi lebih banyak dan melakukan pendekatan keilmuan dan mengatasi permasalahan secara lebih efektif.
3. SD menggunakan kekuatan fikir manusia dan mengatasi kelemahannya dengan membagi kerja antara manajer dan teknologi. Pembangunan struktur input dilakukan oleh manajer sedang simulasi dilakukan oleh computer.
4. SD menggunakan beberapa sumber informasi yang berbeda: mental, tertulis dan data numeris agar model lebih berisi dan representatif.
5. Model SD dapat membuat feedback untuk para pengambil keputusan tentang mungkin tidaknya terjadi benturan dari serangkaian kebijaksanaan dengan mensimulasikan dan menganalisa perilaku sistem pada asumsi yang berbeda.

## VII. APLIKASI SITEM DINAMIS PADA MASALAH MANAJERIAL.

Implementasi SD sendiri dapat digambarkan sebagai berikut :



*Gambar 1. Masalah manajerial pada pendekatan Sistem Dinamis*

Selain permasalahan Manajerial pada sebuah perusahaan, SD dapat pula digunakan untuk menganalisa permasalahan-permasalahan Operasional dan Fungsional.

Level Manajerial	Permasalahan
<b>1. Top Management</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penetapan Tujuan Perusahaan</li> <li>• Formulasi Strategi Perusahaan</li> <li>• Perencanaan Kebijakan</li> <li>• Modernisasi</li> <li>• Kebijakan Investasi</li> <li>• Difersifikasi</li> <li>• Akuisisi/Merger</li> <li>• Perencanaan Portofolio</li> <li>• Implikasi Kebijakan Pemerintah terhadap Perusahaan</li> <li>• Perancangan Skenario</li> <li>• Manajemen Lingkungan Kompetitif</li> <li>• Management by Objective</li> <li>• Analisa SWOT</li> </ul>
<b>2. Middle Management</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kebijakan Pemasaran</li> <li>• Kebijakan Promosi dan Periklanan</li> <li>• Kebijakan Keuangan</li> <li>• Kebijakan Investasi Jangka Pendek</li> <li>• Kebijakan Manufaktur</li> <li>• Kebijakan Persediaan</li> <li>• Perencanaan Produktifitas</li> <li>• Kebijakan SDM</li> <li>• Kebijakan Rekrutmen, Pelatihan dan Promosi Karyawan</li> </ul>
<b>3. Operational Management</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estimasi Permintaan</li> <li>• Perencanaan Produksi</li> <li>• Penjadwalan</li> <li>• Perencanaan Material</li> <li>• Perencanaan dan Pengendalian Kualitas</li> </ul>

Agar memudahkan identifikasi permasalahan yang cocok diselesaikan dengan SD, perlu diperhatikan karakteristik permasalahan seperti :

1. Permasalahan yang berkaitan dengan implikasi penerapan kebijakan
2. Permasalahan dengan struktur ambigu (tidak jelas)
3. Permasalahan yang memiliki pengaruh dalam jangka waktu lama
4. Permasalahan dengan tingkat nonlinieritas tinggi
5. Permasalahan yang berkaitan dengan penundaan dan amplifikasi pada bermacam level masalah
6. Permasalahan dengan pengetahuan mengenai sistem yang tidak lengkap

7. Permasalahan dengan data yang tidak mudah diperoleh
8. Permasalahan yang berubah dari waktu ke waktu
9. Permasalahan yang melibatkan banyak individu
10. Permasalahan yang membutuhkan analisa secara kualitatif dan kuantitatif
11. Permasalahan yang memiliki perspektif yang berbeda namun tidak terjadi konflik
12. Permasalahan yang membutuhkan penjelasan mengenai perilaku sistem dan solusi yang tidak normatif

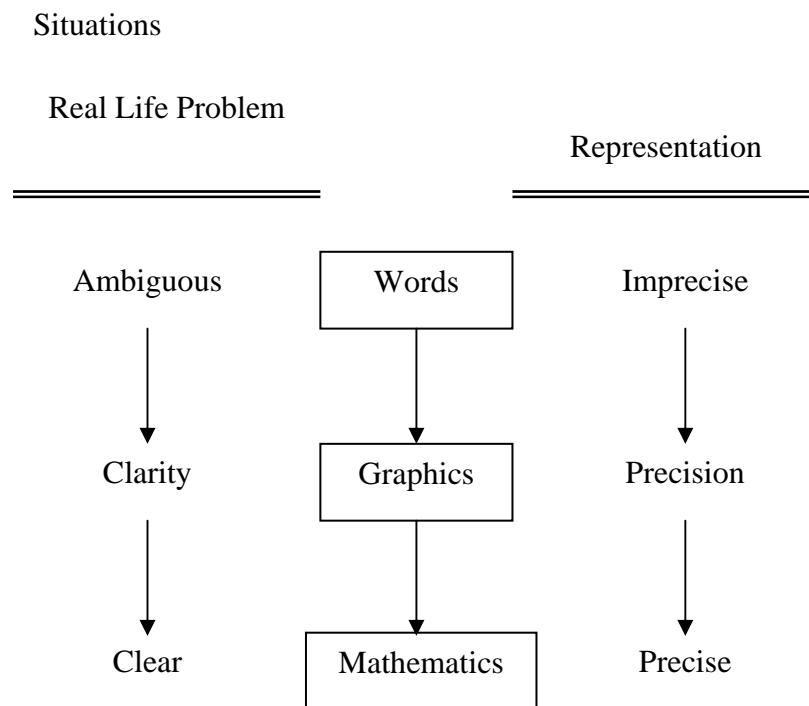
Pendekatan *Sistem Dinamis* (SD) bukanlah alat yang sempurna, untuk beberapa permasalahan tertentu, SD memerlukan kombinasi dari metodologi keilmuan lain. Terutama sekali permasalahan yang berkaitan dengan :

1. **Struktur**
2. **Solusi Normatif**
3. **Ketidak pastian**
4. **Ambiguitas**

## **VIII. DEFINISI MODEL SISTEM DINAMIS**

Seperti model – model yang lain, sebuah model dinamis juga merupakan suatu representasi atau formalisasi dalam bahasa tertentu dari suatu sistem nyata dimana nantinya dapat digunakan untuk pembelajaran mengenai perilaku sistem dibawah kondisi test yang berbeda.

Model *Sistem Dinamis* menggunakan tiga mode dari hubungan dalam mempersiapkan representasi dari suatu sistem yaitu terdiri dari words ( kata – kata ), graphics ( grafik ), mathematics ( matematik ). Model *Sistem Dinamis* mengikuti logika yang berurutan dari penggunaan tiga modes tersebut, yang menjelaskan mengenai struktur sistem dalam pengembangan pada tingkat yang berbeda.



Gambar 2. Cara untuk merepresentasikan permasalahan pada sistem nyata

Bilamana penjelasan mengenai problem situation sedikit, maka penjelasan tersebut merupakan ekspresi dalam hubungan dari words. Hal ini tidak dapat menangkap kenyataan seluruhnya untuk pembatasan yang nyata dari bahasa untuk mengekspresikan secara kompleks ( Warfield, 1990 )

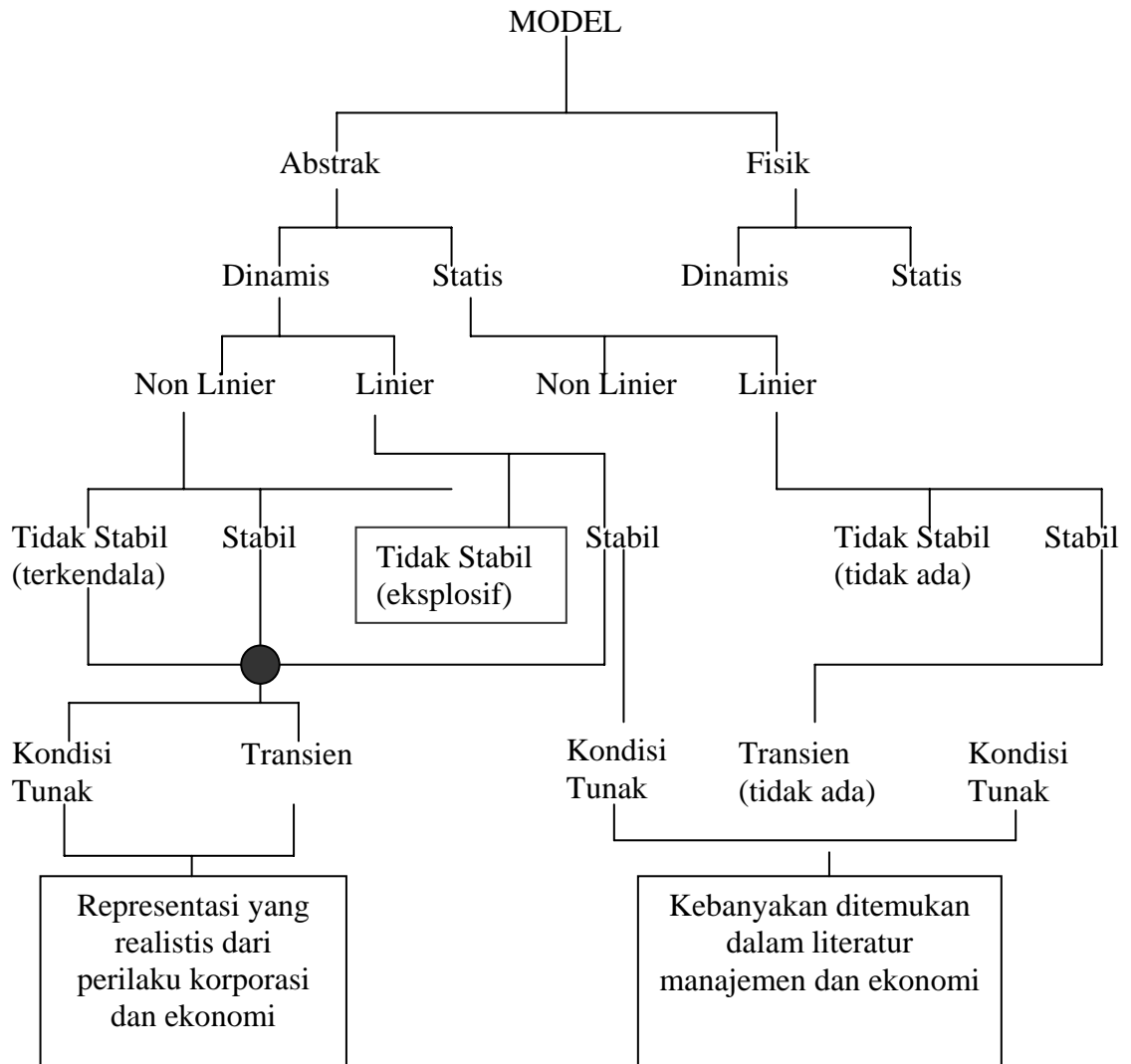
Dengan pembicaraan yang lebih mengenai statement problem dalam sebuah langkah demi langkah kebiasaan ( cara ) penggunaan dari graphics sepanjang dengan words tidak bisa untuk merepresentasikan struktur



Bantuan disini meningkatkan dalam perkembangan penjelasan dan struktur dapat di ekspresikan lebih tepat dalam hubungan dengan matematik

### IX. KLASIFIKASI MODEL SISTEM DINAMIS

FORESTER membuat klasifikasi model untuk menerangkan model *Sistem Dinamis* sebagai berikut :



Gambar 3. Klasifikasi model

*Model fisik atau abstrak.* Pertama – tama model dapat dibedakan atas model fisik atau model abstrak. Model fisik biasanya adalah miniatur obyek yang diamati. Ada dua jenis model fisik yaitu model fisik statis yang tidak bergerak, misalnya model maket pada arsitektur dan model fisik dinamik seperti digunakan pada terowongan angin untuk menguji rancangan pesawat. Sedangkan model abstrak dibagi lagi menjadi tiga jenis, yaitu:

- (1) **model mental**, model yang dimiliki semua orang dibenaknya untuk mewakili proses atau kejadian yang terjadi disekitarnya
- (2) **model bahasa atau verbal**, model komunikasi yang dimiliki oleh orang
- (3) **model matematik**, model ini sebenarnya adalah model khusus dari model verbal, hanya bedanya adalah penggunaan bahasa yang lebih tepat dan akurat yang biasanya diwakili oleh simbol – simbol atau lambang – lambang

*Model statik atau dinamik.* Model dapat mewakili situasi yang berubah terhadap waktu. Model statik menjelaskan hubungan yang tidak berubah terhadap waktu. Model dinamik menangani interaksi yang berubah terhadap waktu.

*Linear atau non – linear.* Sistem yang diwakili oleh model dapat berupa sistem linear atau non – linear. Pada sistem linear, pengaruh luar pada sistem adalah murni penjumlahan atau berlakunya prinsip superposisi. Sedangkan pada sistem non – linear pengaruh luar tidak hanya bersifat penjumlahan saja.

*Stabil atau tidak stabil.* Sistem stabil adalah sistem yang cenderung akan kembali ke kondisi semula setelah diganggu. Sedangkan sistem yang tidak stabil tidak akan kembali ke kondisi semula bila diganggu.

*Kondisi tunak atau transien.* Model dapat dibagi menurut perilakunya apakah kondisi tunak atau kondisi mantap atau tunak ( steady – state ) atau transien ( transient ). Pola kondisi tunak adalah model yang berulang terhadap waktu dan pola perilaku pada suatu waktu periode sama sifatnya dengan periode lainnya. Sedangkan perilaku transien adalah fenomena sesaat yang tidak dapat berulang.

*Terbuka atau tertutup.* Perbedaan disini tidak terlalu tampak. Tingkat keterbukaan yang berbeda mungkin ada. Model dinamik tertutup adalah model yang berfungsi tanpa hubungan dengan lingkungannya. Model tertutup dicirikan oleh perilaku nilai variabel terhadap waktu dengan interaksinya dengan variabel – variabel lain dalam sistem dan batas yang menyatakan daerah terjadinya interaksi – interaksi yang menghasilkan perilaku yang diamati. Batas model harus ditentukan untuk mencakup komponen – komponen apa saja yang berinteraksi dan paling berperan menghasilkan perilaku yang menjadi perhatian. Konsep batas tertutup mengimplikasikan bahwa perilaku sistem yang diamati tidak ditentukan oleh kejadian – kejadian diluar sistem, tetapi didalam sistem. Konsep batas tertutup tidaklah mengartikan bahwa sistem tidak dipengaruhi oleh kejadian – kejadian diluarnya, tetapi hanya menyatakan bahwa kejadian – kejadian di luar itu dipandang sebagai kejadian – kejadian acak yang memang bersentuhan dengan sistem, tetapi bukan yang memberi pertumbuhan intrinsik atau karakteristik kestabilan pada sistem itu. Model tertutup ini dapat memperlihatkan perilaku yang menarik dan berguna tanpa menerima variabel masukan dari sumber luar.

## **X. METODOLOGI MODEL SISTEM DINAMIS**

### **Tujuan Model *SISTEM DINAMIS***

Model *SISTEM DINAMIS* ditujukan tidak hanya untuk memberikan prediksi atau peramalan namun lebih ditujukan untuk memahami karakteristik maupun mekanisme internal yang terjadi didalam sistem. Tujuan

pemodelan akan sangat membantu dalam melakukan formulasi model, penentuan batasan model, validasi model, analisa kebijakan dan penerapan model kedalam sistem nyata.

### **Pemodelan Dengan Metode *SISTEM DINAMIS***

Pemodelan dengan metode *Sistem Dinamis* terdiri dari beberapa langkah sebagai berikut :

#### **1. Identifikasi perilaku persoalan ( problem behavior )**

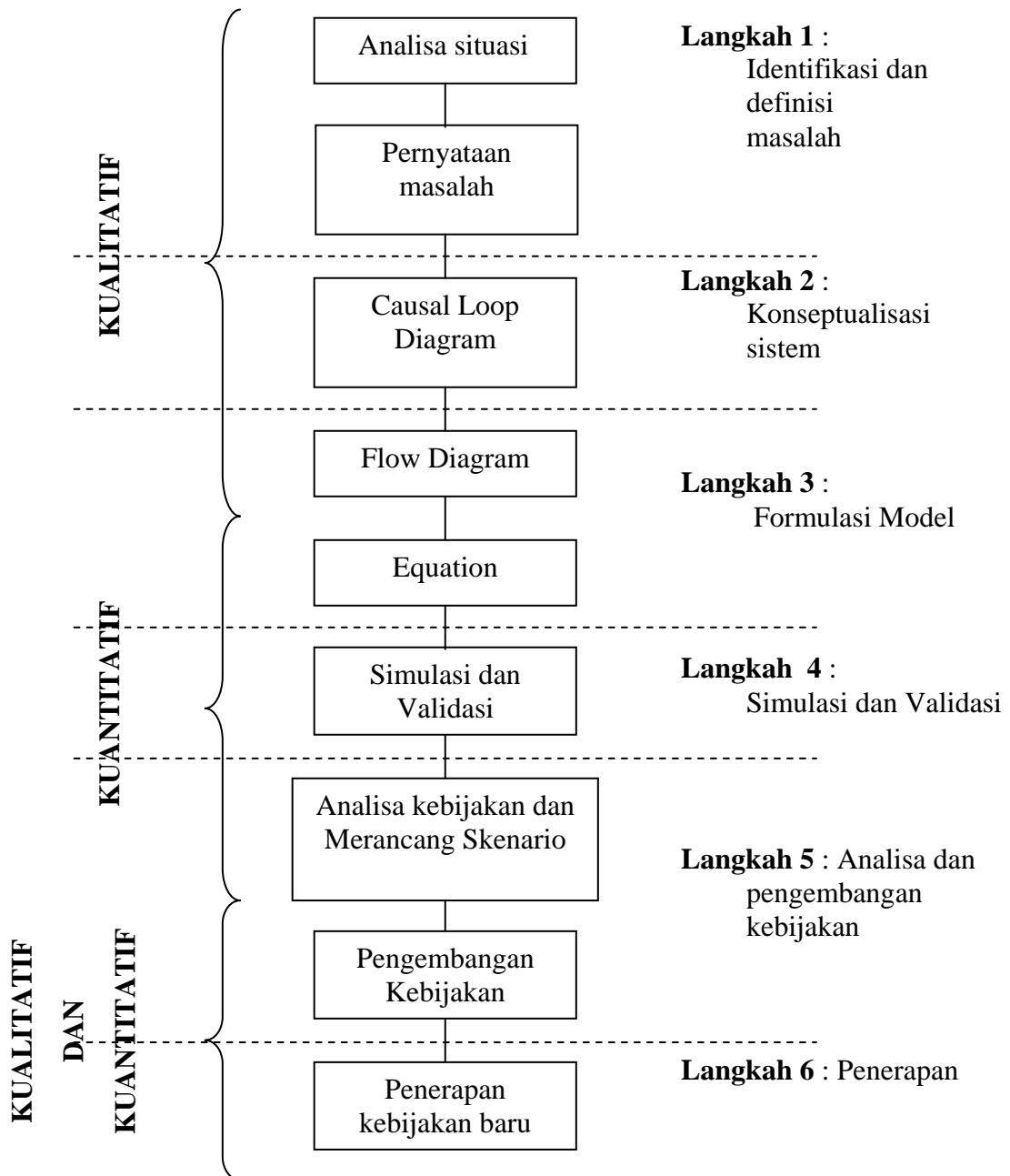
Pada langkah ini diidentifikasi pola historis atau pola hipotesis yang menggambarkan perilaku persoalan. Pola historis atau pola hipotesis merupakan pola referensi yang diwakili oleh pola perilaku suatu kumpulan variabel yang mencakup beberapa aspek yang berhubungan dengan perilaku persoalan. Pola – pola ini diintegrasikan ke dalam suatu susunan ( fabrikasi ) sehingga dapat merepresentasikan tendensi – tendensi internal yang ada di dalam sistem. Setelah pola referensi diidentifikasi, diajukan hipotesa dinamis tentang interaksi – interaksi perilaku yang mendasari pola referensi.

#### **2. Membentuk model komputer**

Sebelum pembentukan model, batas model harus didefinisikan terlebih dahulu dengan jelas. Batas model ini akan memisahkan proses – proses yang menyebabkan tendensi internal yang diungkapkan dalam pola referensi dengan proses – proses yang merepresentasikan pengaruh variabel luar sistem yang mempengaruhi sistem yang diselidiki.. Setelah batas model didefinisikan, dibentuk suatu struktur lingkaran umpan balik, yang menyatakan hubungan sebab akibat variabel – variabel yang melingkar, bukan menyatakan hubungan karena adanya korelasi statistik.

### 3. Pengujian Model dan analisa kebijakan

Pada langkah ini dilakukan pengujian model untuk memperoleh keyakinan bahwa model yang dibentuk sah dan sekaligus memahami tendensi internal sistem. Analisa kebijakan dilakukan setelah korespondensi antara model mental sistem, model eksplisit, dan pengetahuan empiris sistem diperoleh.



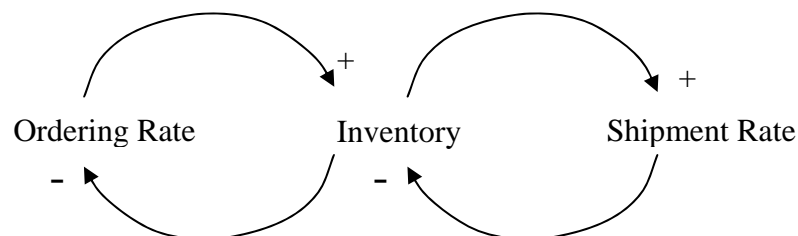
*Gambar 4. Metodologi pendekatan SISTEM DINAMIS*

## XI. BENTUK MODEL SISTEM DINAMIS

Sistem Dinamis memandang suatu masalah sebagai suatu hal yang memiliki dua sifat yaitu dinamis dan membentuk struktur umpan balik ( feedback loops ). Diagram yang digunakan untuk merepresentasikan struktur umpan balik ini adalah diagram loop sebab akibat ( diagram kausal ). Diagram ini akan digunakan sebagai dasar penyusunan diagram alir ( flow diagram ). Dari diagram alir selanjutnya akan disusun persamaan dengan menggunakan paket software seperti POWERSIM.

### Diagram sebab akibat

Diagram ini menunjukkan arah aliran perubahan variable dan polaritasnya. Polaritas aliran terbagi dua yaitu positif dan negatif. Disebut positif bila perubahan variabel pada awal aliran mengakibatkan berubahnya variabel pada akhir aliran dalam arah yang sama. Sebaliknya, polaritas negatif terjadi jika perubahan variable pada awal aliran mengakibatkan berubahnya variable pada akhir aliran dalam arah yang berlawanan.



*Gambar 5. Contoh Causal Loop Diagram pada sistem persediaan*

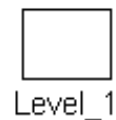
### Diagram Alir ( Flow Diagram )

Diagram menggambarkan hubungan antar variable yang dibuat dalam diagram loop sebab akibat dengan jelas, dimana dipergunakan symbol – symbol tertentu untuk variable – variabelnya. Pada diagram alir dibedakan antara aliran fisik dan aliran informasinya.

Perubahan pada sebuah variabel pada subsistem ini akan mengubah kuantitas fisiknya. Sebaliknya aliran informasi bukan merupakan aliran yang terkonversi. Informasi yang berasal dari satu sumber bias ditransformasikan ke variable lain tanpa mengurangi jumlah informasi yang ada dalam sumber. Berikut ini akan diuraikan beberapa jenis variable yang penting dan notasinya

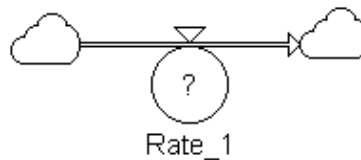
**a. Level ( stocks )**

tipe variable yang mana merupakan perubahan akumulasinya. Level akan dipengaruhi oleh flow.



**b. Flow (rate)**

Tipe variable yang akan mempengaruhi variable level.



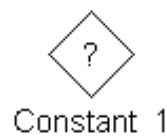
**c. Auxillary**

Tipe variabel yang mana memuat perhitungan dasar pada variable lain.



**d. Constant**

Tipe variable yang mana memuat nilai tetap yang akan digunakan dalam perhitungan variable auxillary atau variable flow.

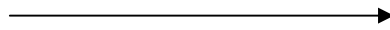


### e. Links

Link yang digunakan ada 3 macam yaitu

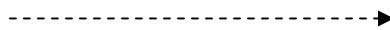
- Aliran informasi

Memberikan informasi untuk variabel auxillary mengenai nilai variabel lain



- Aliran informasi yang terlambat

Digunakan hanya pada saat variable auxillary memuat fungsi kelambatan tertentu



## XII. PRINSIP FORMULASI MODEL SISTEM DINAMIS

Dalam membangun sebuah model *SISTEM DINAMIS*, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu :

### a. Apa yang akan diikutsertakan dalam sebuah model

### b. Aspek Informasi dan Umpan Balik (feedback) sebuah model

Sistem ekonomi dan industri memiliki karakteristik sistem dengan loop tertutup, atau dengan kata lain sistem dengan aliran informasi dan umpan balik yang membentuk sebuah siklus kontinu. Siklus tersebut tidak dapat ditentukan awal dan akhirnya. Sistem dengan karakteristik “closed loop” memperlihatkan bahwa perilaku sebuah sistem dipengaruhi oleh sistem secara keseluruhan dan bukan parsial. Pola hubungan antar elemen dalam sistem, perubahan yang terjadi karena penerapan keputusan dan kebijakan, penundaan kegiatan dan gangguan aliran informasi saling berinteraksi dan dikombinasikan untuk mencapai pertumbuhan dan stabilitas sistem.

Sebagai ilustrasi; peningkatan penjualan yang melebihi kapasitas pabrik akan membawa manajer untuk memikirkan ekspansi dan



pendirian pabrik baru untuk menyeimbangkan permintaan sebagai input dengan kapasitas yang dimiliki sebagai output. Sebaliknya, penurunan penjualan dan peningkatan persediaan akan menyebabkan perusahaan berusaha keras meningkatkan penjualan untuk menyeimbangkan skala produksi. Kebutuhan bersaing akan membawa perusahaan kepada kebutuhan untuk mengembangkan produk baru yang berefek pada pengeluaran untuk penelitian, pengembangan teknologi, kebutuhan kuantitas dan kualitas serta kualifikasi tenaga kerja dan seterusnya.

**c. Kesesuaian Variabel Model dengan Sistem Nyata**

Model yang dibangun harus memiliki variabel yang sama dengan sistem nyata yang diwakilinya. Variabel model haruslah diukur dengan satuan yang sama dengan satuan yang berlaku dalam sistem. Sebuah aliran material secara fisik sebaiknya diukur dengan satuan unit dan bukan nominal nilai uang. Terkecuali bila sistem yang diamati adalah sistem yang berkenaan dengan harga, apabila hal itu yang terjadi maka aliran material dapat diresetasikan dan diukur dengan nilai nominal uang. Hal yang sama berlaku untuk mengukur waktu. Pada intinya perlu dibangun konsistensi penggunaan dan pengukuran variabel pada elemen sistem.

**d. Dimensi Unit Pengukuran Persamaan**

Setelah sebuah sistem didefinisikan, langkah selanjutnya adalah membuat persamaan untuk menghubungkan satu variabel dengan variabel lainnya. Seperti halnya konsistensi pada poin C di atas, unit pengukuran, variabel dan konstanta haruslah didefinisikan dengan hati-hati pada setiap elemen sistem. Kecerobohan dalam penentuan dan penggunaan satuan, variabel dan konstanta akan menghasilkan kebingungan dan kerumitan yang sebenarnya tidak diperlukan.

## **BAB. III**

# **DEFINISI DAN METODOLOGI SIMULASI SISTEM DINAMIS**

### **TUJUAN INSTRUKSIONAL KHUSUS**

Memberikan Pemahaman tentang definisi dan metodologi Sistem Dinamis.

### **MATERI**

- Pengenalan Sistem Dinamis
- Perkembangan Sistem Dinamis
- Rerangka Konseptual Sistem Dinamis
- Fleksibilitas Metodologi
- Kekuatan dan Kelemahan Sistem Dinamis

### **I.PENGANTAR**

Jika sebuah metodologi atau pendekatan baru muncul untuk diadopsi dalam pemecahan sebuah masalah muncul, maka pertanyaan pertama yang biasanya timbul adalah mengapa metodologi ini muncul ?, apa kelebihan dan kelemahannya?, serta apa dan bagaimana prosedur pembuatannya?. Hal hal tersebut merupakan pertanyaan –pertanyaan pokok ketika sistem dinamis dimunculkan sebagai sebuah metode penyelesaian masalah terutama pada berbagai masalah yang berkaitan atau memiliki karakteristik seperti sistem sosial maupun manajemen industrial.

Hal pertama akan diuraikan dalam BAB ini adalah penggambaran lingkungan sistem manajerial maupun sosial yang memiliki sejumlah sifat yang khusus seperti nonlinearitas, Counterintuitive, dan dinamis. Akan

diuraikan juga bagaimana metode manajemen tradisional (*merupakan metode yang saat ini digunakan secara luas*) membantu para manajer dalam mengambil keputusan akan masalah – masalah diatas dan perbedaannya secara mendasar dengan metode Simulasi Sistem Dinamis.

Dalam Bab ini juga akan didiskusikan bagaimana sumber informasi turut berperan dalam membentuk model mental seorang pengambil keputusan dalam bertindak dan bagaimana Sistem dinamis dapat mengurangi kelemahan dan memunculkan berbagai kelebihan dari berbagai jenis metode pendukung keputusan.

Selama ini, salah satu kelemahan dari berbagai metodologi yang ada adalah ketidakmampuan dalam memodelkan sistem secara akurat, dengan demikian akan sangat sulit memperkirakan bagaimana keadaan sistem tersebut akan berubah jika satu atau beberapa variabelnya dikenai gangguan, oleh karena itu maka Sistem Dinamis, sebagai sebuah metode simulasi yang berbasis komputer berusaha dapat mengurangi kelemahan tersebut dengan cara membuat sebuah model yang memiliki tingkat validitas yang cukup.

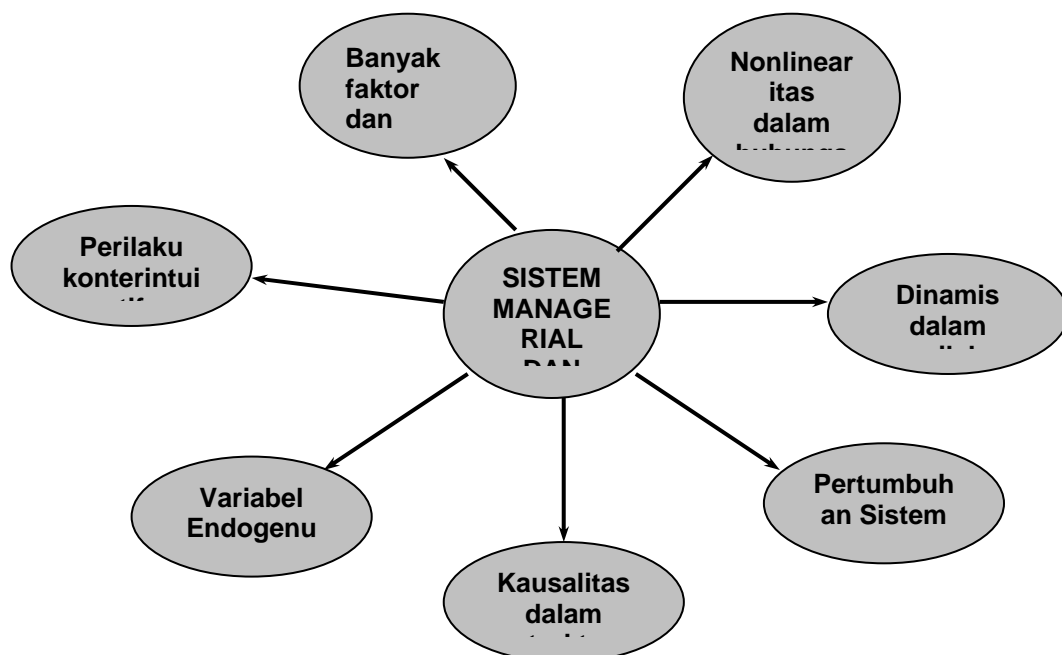
## **II.KARAKTERISTIK SISTEM SOSIAL DAN MANAJERIAL**

Sistem sosial dan manajerial beserta berbagai masalah yang melingkupinya, memiliki karakteristik yang sangat berbeda dengan sistem fisik atau keteknikan. Sistem sosial dan manajerial memiliki lebih banyak faktor yang dapat mempengaruhi keadaan sistem tersebut ketimbang sistem fisik atau teknikal yang ada. Sistem sosial dan manajerial merupakan sebuah sistem yang memiliki tingkat kompleksitas yang sangat tinggi, sehingga pola pendekatan yang saat ini populer digunakan adalah pola pendekatan *mental model* . Pola pendekatan ini lebih mengutamakan kemampuan pengusahaan situasi pada setiap sistem

sosial atau manajerial pada setiap pengambil keputusan, ketimbang pola pendekatan yang sistematis dan terstruktur. Kompleksitas yang terjadi pada sistem ini timbul akibat banyaknya variabel dan komponen pembentuk, non linearitas dalam hubungannya, dinamis, pertumbuhan tiap waktu (**Growth**), kasualitas, endogenisasi dari tiap faktor, dan karakteristik konterintuitif yang ada.

### **Perilaku Counterintuitive.**

Sistem Sosial dan manajerial, dengan berbagai masalah yang ditimbulkannya akan menimbulkan perilaku yang tidak terduga dan bersifat konterintuitif. Selama ini karena kompleksitas yang dimiliki oleh sistem ini, maka kecenderungan yang ada, orang akan selalu mendekati masalah – masalah yang timbul dalam sistem sosial dan manajerial dengan pendekatan model mental.



*Gambar 3.1. Karakteristik Sistem Sosial dan Manajerial*

Model mental adalah sebuah persepsi yang timbul pada diri seorang pengambil keputusan akan masalah yang dihadapinya. Model mental ini

terbentuk dengan dasar pengamalan dan informasi yang mereka miliki. Namun, seiring dengan berkembangnya kompleksitas masalah yang ada pada sistem sosial dan manajerial saat ini, maka mental model yang dibangun oleh seorang pengambil keputusan sering kali tidak mencakup semua variabel pembentuk sistem yang bersangkutan karena keterbatasan baik informasi maupun kemampuan yang dimilikinya. Dengan demikian, konsep pengambilan keputusan manajerial secara intuitif menjadi tidak produktif.

Dalam hal ini, masalah utama yang timbul bukanlah pada kekurangan data untuk pengambilan keputusan, tetapi pada kemampuan untuk dapat melihat konsekuensi yang timbul dari berbagai informasi yang diperoleh.

### **Nonlinearitas**

Sangatlah sedikit hubungan dalam sistem manajerial dan sosial yang bersifat Linear. Dalam hampir semua kasus, hubungan yang terjadi antar variabel – variabel pembentuk sistem bersifat nonlinear. Hal tersebut membuat penanganan masalah – masalah sistem sosial dan manajerial menjadi hal yang sulit diselesaikan dengan pendekatan manajemen tradisional maupun pendekatan model matematik.

### **Dinamis**

Perilaku sistem sosial dan manajerial memiliki karakteristik yang dinamis, artinya keadaan sistem memiliki kecenderungan untuk berubah terus menerus setiap waktu secara cepat. Oleh karenanya, maka diperlukan pendekatan yang dapat memodelkan/menggambarkan perubahan-perubahan tersebut secara tepat.

### **Kausalitas**

Perilaku Dinamis dari sistem terbentuk karena strukturnya yang terdiri dari banyak hubungan sebab akibat yang diterjemahkan dalam umpan balik

informasi dari masing- masing variabel pembentuk sistem yang bersangkutan. Informasi umpan balik sistem merupakan sebuah wahana untuk menentukan rancangan kebijakan sistem yang diinginkan oleh seorang pembuat keputusan. Sebuah metodologi yang dapat mengidentifikasi secara tepat struktur umpan balik dan perilakunya akan sangat membantu dalam perancangan dan evaluasi kebijakan yang diterapkan.

### **Perilaku Endogenous**

Sistem sosial dan manajerial lebih banyak dibentuk oleh hubungan internal anatar variabel daripada pengaruh dari luar sistem. Berbagai *policy* dari setiap variabel sistem dan konsekuensinya pada variabel sistem lainnya akan membentuk struktur dan perilaku sistem secara kolektif.. Sebuah metodologi yang dapat memodelkan dengan benar hubungan internal anatar variabel – variabel sistem akan sangat membantu dalam pemecahan masalah – masalah yang timbul dari sistem tersebut.

### **III.PENDEKATAN KONVENSIONAL**

Pendekatan konvensional yang selama ini digunakan oleh para pengambil keputusan dalam menangani masalah – masalah yang timbul dalam sistem sosial dan manajerial dapat dikelompokkan menjadi dua jenis pendekatan, yaitu pendekatan manajemen tradisional dan pendekatan Ilmu manajemen konvensional.

#### **Manajemen tradisional**

Manajemen tradisional adalah dunia nyata bagi manajer dalam prakteknya, dimana ini diatur khusus dengan pengalaman dan keputusan dari manajer. Pendukung dasar dari manajemen tradisional ini adalah database mental dan model mental. Adapun yang membangun database mental adalah apa yang didengar, dilihat, hubungan dan pengalaman

seorang manajer dalam situasi / masalah yang berbeda dimana hal ini kaya dengan informasi baik yang bersifat tangible atau intangible. Setiap manajer mengembangkan model mentalnya dari kenyataan lalu mengevaluasinya dengan model mental.

Manajemen Tradisional didasari oleh persepsi yang dimiliki oleh pengambil keputusan akan sebuah sistem yang timbul dari pengalaman dan pengetahuannya.

Kekuatan Manajemen tradisional berbasis intuisi/persepsi:

- a. Dapat memperoleh banyak informasi baik yang bersifat tangible atau intangible secara bersamaan dimana hal ini sulit dipenuhi oleh data kuantitatif
- b. Dapat dengan mudah mendefinisikan hubungan sebab akibat dan konsekuensi level 1 ( *apa menyebabkan apa* ) secara jelas.

Kelemahan Manajemen tradisional berbasis intuisi/persepsi:

- a. Persepsi yang didasari oleh kemampuan berpikir manusia memiliki keterbatasan dalam lingkup masalah. Artinya, walaupun dengan intuisi yang dimilikinya manusia dapat mengambil keputusan secara cepat dan akurat, hal tersebut tidak dapat dilakukan jika masalah yang dihadapinya memiliki tingkat kompleksitas yang tinggi. Kadi pendekatan manajemen tradisional tidak sesuai untuk masalah – masalah yang memiliki tingkat kompleksitas yang tinggi.
- b. Walaupun kemampuan berpikir manusia memiliki kapabilitas yang baik dalam mengidentifikasi hubungan sebab akibat pada level 1, namun hal tersebut sulit dilakukan untuk identifikasi pada sub- sub variabel sistem derivasinya. Hal tersebut membuat pendekatan ini tidak tepat digunakan pada sistem yang memiliki struktur yang bertingkat dan memiliki banyak sub sistem.

### **Ilmu manajemen konvensional**

Untuk mengatasi keterbatasan yang ada pada pendekatan manajemen tradisional, maka dimunculkanlah pola pendekatan yang menggunakan model matematik dalam aplikasinya yang dikenal dengan pendekatan ilmu manajemen konvensional. Teori antrian, konsep EOQ, dan penelitian operasional merupakan contoh pola pendekatan matematis yang sering digunakan untuk menyelesaikan masalah – masalah yang timbul dalam suatu sistem. Model matematik ini memiliki karakteristik mencari hasil yang optimal akan sebuah kebijakan. Hal ini yang kemudian membuat model – model ini disebut dengan model optimasi.

Kelebihan utama pendekatan ini adalah pada bentuk saintifiknya yang langsung menyelesaikan masalah tepat pada tujuannya melalui karakteristik optimasinya. Hal ini membuat model pendekatan ini sangat sesuai untuk penyelesaian masalah – masalah operasional daripada model – model yang berorientasi pada analisis sistem dan kebijakan.

Kelemahan pendekatan ini adalah ketergantungan pada asumsi linearitas, sistem dengan umpan balik terbuka, dan rasionalitas dimana hal hal itu jarang dijumpai dalam sebuah proses perancangan kebijakan sebuah sistem yang kompleks.

## **V. ALASAN MENGGUNAKAN MODEL SIMULASI SISTEM DINAMIS ANALISIS SISTEM**

Sistem dinamis pada dasarnya adalah sebuah sistem dimana pemodel akan memperhitungkan nilai rasa dari sistem bukan hanya logika sebuah sistem. Kelebihan ini yang paling menonjol dari pendekatan Sistem Dinamis. Hal ini dapat diterangkan sebagai berikut:

1. SD mampu untuk memenuhi serangkaian syarat dari sistem dan permasalahan manajerial untuk membentuk framework pemodelan.



2. SD mampu menggabungkan antara manajemen tradisional dengan ilmu manajemen untuk memperoleh informasi lebih banyak dan melakukan pendekatan keilmuan dan mengatasi permasalahan secara lebih efektif.
3. SD menggunakan kekuatan fikir manusia dan mengatasi kelemahannya dengan membagi kerja antara manajer dan teknologi. Pembangkitan struktur input dilakukan oleh manjer sedang simulasi dilakukan oleh computer.
4. SD menggunakan beberapa sumber informasi yang berbeda: mental, tertulis dan data numeris agar model lebih berisi dan representatif.
5. Medel SD dapat membuat feedback untuk para pengambil keputusan tentang mungkin tidaknya terjadi benturan dari serangkaian kebijaksanaan dengan mensimulasikan dan menganalisa perilaku sistem pada asumsi yang berbeda.

## **VI. PERKEMBANGAN DAN RERANGKA KONSEPTUAL SISTEM DINAMIS**

Sistem dinamik merupakan suatu metodologi untuk memahami berbagai masalah kompleks. Metode ini dikembangkan oleh Jay W. Forrester dari MIT dengan nama Industrial Dynamis pada tahun 1960, dengan menempatkan masalah-masalah dalam sistem usaha sebagai topik utama. Pada perkembangan selanjutnya, topik bahasannya meluas meliputi berbagai masalah sistem sosial, dan namanya disesuaikan menjadi sistem dinamik.

Metode Sistem Dinamik mempelajari masalah dengan sudut pandang sistem, diman elmen-elemne sistem tersebut saling berinteraksi dalam suatu hubungan umpan balik sehingga menghasilkan suatu perilaku tetentu. Interaksi dalam struktur ini diterjemahkan ke dalam model-model matematik yang selanjutnya dengan bantuan komputer digital disimulaiskan untuk memperoleh perilaku historisnya.

Untuk menggunakan metode ini, sebelum dimulai langkah-langkah pemecahan masalah, ada dua hal yang perlu diperhatikan, yaitu :

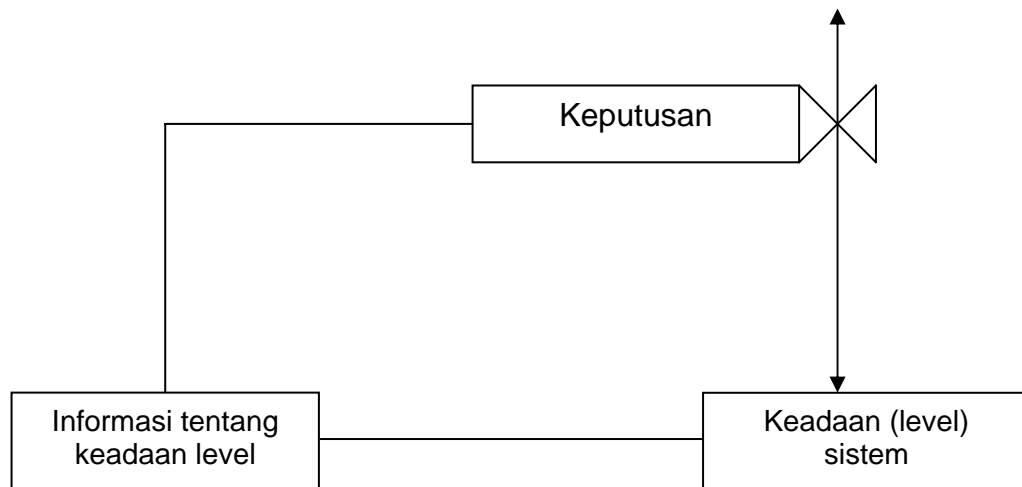
1. Bahwa masalah yang dihadapi menunjukkan adanya tanda-tanda dinamik, yang berarti bahwa permasalahan tersebut berkenaan dengan suatu besaran yang berubah terhadap waktu yang dapat dituangkan ke dalam bentuk grafik dengan variabelnya yang berupa deret waktu.
2. Bahwa masalah yang dihadapi bisa digambarkan dalam bentuk hubungan umpan balik.

Faktor-faktor metode sistem dinamik yaitu konsep umpan balik informasi dari perilaku sistem, model matematik dari interaksi dinamik, dan komputer untuk melakukan simulasi akan memungkinkan kita untuk melakukan serangkaian eksperimen terkontrol mengenai keadaan sistem di dalam sebuah "LABORATORIUM", (forester, 1961). Di sini kita bisa menguji berbagai skenario kebijaksanaan yang akan diterapkan pada sistem, sehingga kita bisa mendapatkan gambaran mengenai perilaku dan performansi sistem.

### **Konsep Sistem dalam Metode Sistem Dinamik**

Dalam metode Sistem Dinamik . konsep sistem mengacu pada sistem yang tertutup atau sistem yang mempunyai umpan balik. Struktur sengkeli umpan balik tersebut menghubungkan keluaran pada periode sebelumnya dengan masukan periode yang akan datang. Jadi sistem umpan balik mempunyai kemampuan untuk mengontrol dirinya dalam mencapai tujuan tertentu yang diidentifikasinya sendiri.

Sengkeli umpan balik ini merupakan kerangka dasar sistem. Sengkeli tertutup ini merupakan suatu rangkaian berurutan. Komponen itu adalah keputusan yang mengontrol tindakan, level (stats) dari suatu sistem, dan informasi mengenai level sistem. Informasi inilah yang merupakan umpan balik. Struktur tersebut dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



*Gambar 3.2 Struktur sengkeli umpan balik sistem tertutup*

Informasi yang tersedia merupakan dasar pengambilan keputusan yang merubah keadaan sistem. Informasi ini berasal dari keadaan (level) sebenarnya dari sistem, tetapi informasi tersebut dapat salah atau lambat, karena informasi tersebut merupakan keadaan dari sistem yang teramati oleh kita, dan bukanya keadaan sistem yang sebenarnya. Jadi dasar dari proses pengambilan keputusan adalah keadaan sistem yang teramati atau dirasakan, dan bukanya keadaan sebenarnya.

Proses umpan balik dapat dibedakan menjadi dua bagian, yaitu umpan balik positif dan umpan balik negatif.

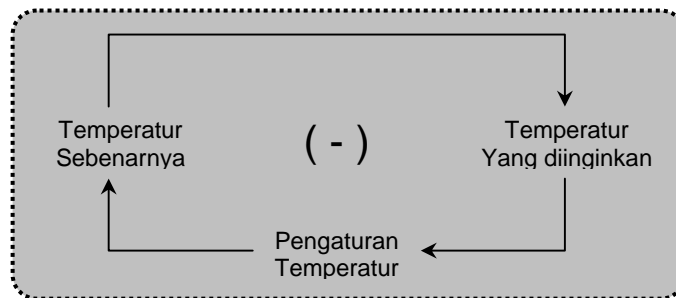
a. Umpan balik positif (*Reinforcing Loop*)

Umpan balik positif menciptakan proses pertumbuhan, dimana suatu kejadian menimbulkan akibat yang memperbesar kejadian berikutnya secara terus menerus. Umpan balik ini mempunyai ciri adanya ketidakstabilan, ketidaksimbangan, dan pertumbuhan. Contoh umpan balik positif adalah pada sistem pertumbuhan penduduk.

b. Umpan balik negatif (*Balancing Loop*)

Umpan balik negatif selalu berusaha untuk mencapai tujuan tertentu (*goal seeking*) atau keseimbangan, dan berusaha memberikan koreksi

sebagai tindakan mengatasi kegagalan dalam mencapai tujuan atau keseimbangan tersebut. Sebagai contoh umpan balik negatif ini adalah thermostat, seperti ditunjukkan pada gambar berikut :



*Gambar 3.3 Thermostat sebagai umpan balik negatif*

Sistem Dinamik mendekati permasalahan dengan mengamati proses umpan baliknya. Dapat dikatakan bahwa struktur umpan balik berada di belakang semua perubahan yang teramati oleh kita. Premis utama dari sistem Dinamik adalah “Perilaku dinamik merupakan konsekuensi dari struktur sistem”.

### **Konep Pemodelan dalam Metode Sistem Dinamik**

Model merupakan penggambaran dari keadaan yang sebenarnya dengan cara memperlihatkan bagian-bagian utamanya yang ingin ditonjolkan. Menurut Forster model merupakan dasar dari penyelidikan eksperimental yang relatif murah dan hemat waktu dibandingkan jika mengadakan percobaan, pada sistem nyata.

Model bisa digolongkan dalam banyak cara. Untuk menerangkan model sistem dinamik, Forster membuat penggolongan seperti pada gambar 2.4

Sesuai dengan uraian sebelumnya, model dalam Sistem Dinamik dapat digolongkan ke dalam model metematik yang disimulasikan menurut

waktu, yang mempresentasikan sistem dinamik, baik linier maupun non linier, stabil maupun tidak stabil, steady state maupun transient.

### **Tujuan Model Sistem Dinamik**

Berdasarkan sudut pandang sistem dinamik, model dibuat untuk menjawab sistem serangkaian pernyataan, Jadi yang dimodelkan adalah masalah tentang sistem secara total. Hal ini perlu ditekankan karena tujuan pemodelan akan sangat membantu dalam melakukan formulasi model, penentuan batasan model, validasi model, analisis kebijaksanaan, dan penerapan model.

Tujuan suatu model sistem dinamik adalah memahami, mengenal dan mempelajari bagaimana struktur, kebijaksanaan, dan delay ( kelambatan ) dalam mengambil keputusan mempengaruhi perilaku sistem. Model ini bukan ditujukan terutama untuk memberikan prediksi atau perkiraan, tetapi lebih ditujukan untuk memahami karakteristik maupun mekanisme internal yang terjadi di dalam sistem itu.

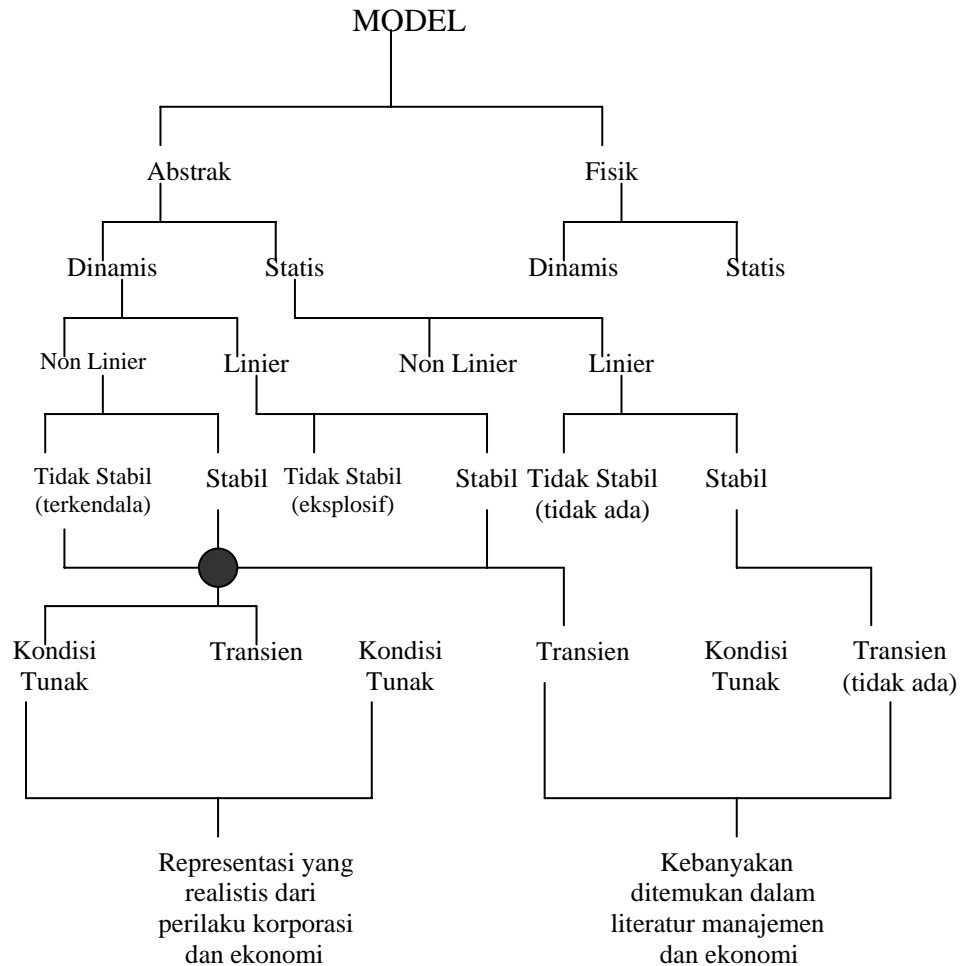
### **Batasan Tertutup**

Batas sistem secara implisit menyatakan bahwa tidak ada pengaruh dari luar batas tersebut.yang diperlukan untuk membangkitkan perilaku dari sistem yang diamati ( Forrester, 1961).

Batasan sistem merupakan garis imajiner yang memisahkan antara apa yang dianggap berada di dalam dan diluar dari sistem yang kita amati. Di dalam batas tersebut terletak semua konsep dan kuantitas yang menurut pembuat model berpengaruh pada dinamika sistem yang sedang diamati.

Kriteria utama untuk menarik batas sistem dengan benar adalah membuat sengkeliit umpan balik tertutup. Sengkeliit ini dibuat berdasarkan perilaku

tertentu dari sistem yang kita anggap paling menarik dan merupakan titik awal dari pengamatan kita, dan gejala – gejala yang teramati.



*Gambar 3.4 Penggolongan Model (Forrester, 1961)*

Selanjutnya untuk menentukan apakah yang berada di dalam dan diluar batas sistem, kita harus membedakan antara yang secara eksplisit ada di dalam. Perbedaan ini dilakukan dengan cara agregasi dan interpretasi variabel, dan juga hubungannya dengan tujuan penelitian yang diinginkan.

### **Prinsip – prinsip Pengembangan Model Sistem Dinamik**

Dalam mengembangkan model Sistem Dinamik, ada beberapa hal penting yang perlu diperhatikan, terutama pada tahap konseptualisasi model.

#### a. Korespondensi Variabel Model dengan Variabel Sistem Nyata

Model sistem dinamik harus bisa menggambarkan dengan tepat variabel sistem nyata. Variabel model harus diukur dengan satuan yang sama seperti pada sistem nyata. Untuk memperoleh perilaku dinamik sistem yang benar, maka urutan waktu kejadian yang terjadi di antara variabel – variabel aktual harus tetap dijaga di dalam model.

#### b. Kontinuitas

Dalam menyusun model awal dianggap bahwa setidaknya pada awalnya aliran dan hubungan yang terjadi antar variabel bersifat kontinu. Suatu keputusan dianggap berlangsung secara kontinu sebagai tanggapan terhadap perubahan informasi yang menjadi dasar keputusan tersebut. Ini berarti bahwa keputusan tidak dipandang sebagai peristiwa terputus untuk tiap periode tertentu. Beberapa alasan yang mendasari anggapan ini adalah :

- Sistem sesungguhnya lebih bersifat kontinu. Penandatanganan kontrak didahului oleh serangkaian negoisasi. Keputusan yang diambil pada kenyataannya dilaksanakan dalam bentuk serangkaian kegiatan.
- Model dengan aliran kontinu membantu untuk memusatkan perhatian pada pusat kerangka kerja sistem. Kerangka ini lebih teratur dan tetap. Pengamatan secara terpisah akan mengaburkan gambaran tentang kerangka kerja sistem.
- Model diskontinu yang dievaluasi dengan interval waktu yang jarang tidak harus dibuat berdasarkan kenyataan bahwa data yang diamati pada sistem nyata juga diambil dalam interval yang jarang pula. Model sebenarnya berlangsung kontinu sejalan dengan proses sebenarnya yang terjadi pada sistem nyata.

Perlu diingat bahwa anggapan kontinyu ini tidak mengabaikan kejadian menyendiri ( Individual events ) yang terjadi pada aliran kontinyu. Dengan mempelajari kejadian menyendiri tersebut, kita dapat memahami bagaimana keputusan dibuat dan bagaimana aliran mengalami delay.

#### c. Stabilitas dan Linieritas

Model dalam sistem dinamik bisa bersifat stabil atau tidak stabil, linear maupun tidak linear. Disebut stabil jika perubahan perilaku cenderung menuju suatu harga tertentu atau menuju keseimbangan, baik tanpa solasi maupun melalui solasi yang teredam (steady state). Sebaliknya tidak stabil jika menimbulkan ketidakseimbangan (transient). Selanjutnya model disebut linear jika suatu pengaruh atau gangguan tampak sebagai suatu penjumlahan sederhana.

Peristiwa dalam sistem sosial maupun ekonomi pada umumnya menunjukkan gejala hubungan yang tidak linier. Keadaan ini setelah diperkuat dengan tendensi ketidakstabilan akan memberikan bermacam – macam perilaku dinamik seperti yang kita lihat pada dunia nyata.

### **Validitas Model Sistem Dinamik**

Penilaian keabsahan model merupakan proses formal untuk meninjau seberapa besar tingkat kepercayaan yang dapat diberikan terhadap model tersebut. Dalam sistem dinamik, keabsahan model dikaitkan dengan konsistensi dan kesesuaiannya dengan tujuan model. Secara formal juga terdapat berbagai pengujian keabsahan.

### **Tujuan Pemodelan dan Proses Validasi**

Dalam menilai validitas model, tujuan pembuatan model memegang peranan yang sangat penting. Suatu model dikatakan baik jika ia berhasil mencapai tujuan yang ingin dicapainya. Maka pernyataan mengenai tujuan model selain untuk memusatkan arah penelitian juga berguna



sekali dalam menilai validitas model. Berbeda dengan statistika, dalam sistem dinamik penilaian validitas model bukan merupakan proses sekali jalan, melainkan suatu rangkaian terus menerus dalam iterasi rangkaian kegiatan pembuatan model.

### **Validitas Sebagai Kesesuaian dan Konsistensi**

Dalam sistem dinamik, masalah validitas diarahkan untuk menjawab pertanyaan berikut :

- Apakah model sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai dan sesuai dengan masalah yang ingin diteliti ?
- Apakah model konsisten dengan kenyataan sistemnya ?

Perkataan “valid” mencerminkan suatu keabsolutan mengenai kebenaran, padahal kebenaran pada semua ilmu hanyalah bersifat relatif, sehingga lebih baik yang dipermasalahkan adalah konsistensi dan kesesuaian.

Untuk mendapatkan model yang konsisten dan sekaligus sesuai tentunya harus dilakukan konsensus antara keduanya. Dalam hal ini subjektivitas pembuat model berpengaruh. Kesesuaian dan konsistensi model mempunyai kaitan yang erat dengan kegunaan dan efektifitas. Untuk meneliti keadaan ini kita dapat melakukan beberapa jenis pengujian.

### **Pengujian Kesesuaian dan Efektifitas Model**

Prinsip pokok pengujian adalah membandingkan apakah kebijaksanaan yang diterapkan pada sistem nyata konsisten dengan hasil yang diramalkan oleh model. Walaupun pada analisis akhir banyak unsur subjektivitas pembuat model yang berpengaruh, tetapi terdapat serangkaian cara pengujian objektif untuk model sistem dinamik.

Fokus pengujian ini adalah terhadap struktur, perilaku, dan implikasi kebijaksanaan. Pengujian struktur model adalah pengujian asumsi model dibandingkan dengan pengetahuan yang ada tentang sistem nyata. Selanjutnya pengujian iplikasi kebijaksanaan.

## VII. SIMULASI

Simulasi merupakan alat analisis numeris terhadap model untuk melihat sejauh mana input mempengaruhi pengukuran output atas performansi sistem. Pemahaman yang utama adalah bahwa simulasi bukan merupakan alat optimasi yang memberi suatu keputusan hasil namun hanya merupakan alat pendukung keputusan (*decision support system*) dengan demikian interpretasi hasil sangat tergantung kepada si pemodel.

Dalam melakukan studi sistem bahwa sebenarnya simulasi merupakan turunan dari model matematik dimana sistem, berdasarkan sifat perubahannya sendiri dikategorikan menjadi 2 yaitu sistem diskrit dan sistem kontinyu. Sistem diskrit mempunyai maksud bahwa jika keadaan variabel-variabel dalam sistem berubah seketika itu juga pada poin waktu terpisah. Sedangkan Sistem kontinyu mempunyai arti jika keadaan variabel-variabel dalam sistem berubah secara terus menerus (kontinyu) mengikuti jalannya waktu.

Dari penjelasan diatas dapat diambil suatu komklusi bahwa simulasi pada dasarnya merupakan suatu model dari suatu keadaan, dimana dalam model tersebut elemen – elemen dari keadaan direpresentasikan dengan serangkaian proses aritmatika dan logik yang dapat dijalankan dengan bantuan komputer untuk meramalkan sifat – sifat dinamik dari keadaan itu. (Emshoff, 1970). Model – model simulasi dapat dibuat untuk hampir semua keadaan asalkan si pembuat model mampu mengidentifikasi hubungan yang terjadi antar variabel – variabelnya. Meskipun suatu model simulasi

secara penting tidak dapat dikatakan valid, tetapi minimal dengan simulasi suatu model dapat disajikan secara tertulis, konsekuensi – konsekuensinya dapat dipelajari, dan hasilnya dapat dikomunikasikan kepada orang lain. Dalam penggunaannya, ada beberapa karakteristik dari model – model simulasi, yaitu :

**a. *Statik – Dinamik***

Suatu model simulasi dapat digunakan untuk merepresentasikan baik keadaan statik maupun dinamik. Dalam banyak studi mengenai penelitian operasional lebih sering dipakai model dinamik. Sebagai contoh adalah simulasi yang menggambarkan penjualan dari suatu produk baru. Sedangkan simulasi yang statik sering digunakan dalam perancangan tata letak ruangan dan fasilitas.

**b. *Agregat - Detil***

Salah satu karakteristik yang penting dari model simulasi adalah tingkat agregasinya. Tingkat agregasi ini sangat bergantung pada tujuan pemodelannya.

**c. *Kontinyu – Diskrit***

Variabel – variabel dalam simulasi dapat berubah dalam empat cara :

- secara kontinyu dalam seluruh selang waktu
- secara kontinyu dalam selang waktu tertentu
- secara distrik dalam seluruh selang waktu
- secara distrik dalam selang waktu tertentu

Penggunaan variabel bergantung pada situasi yang dimodelkan, tujuan pemodelan dan jenis fasilitas komputasi yang tersedia. Pada umumnya model – model agregat cenderung menggunakan variabel – variabel yang nilainya kontinyu tetapi dalam selang waktu yang distrik, contohnya dalam model – model sosio ekonomik. Sedangkan untuk model – model yang lebih detil, diperlukan nilai – nilai variabel yang diskrit, seperti jumlah mesin, jumlah orang, atau transaksi, dan dalam selang waktu yang diskrit.

#### **d. Deterministik – Stokastik**

Kebanyakan situasi dalam dunia nyata memiliki sifat stokastik. Kadang –kadang sifat ini harus dimodelkan secara eksplisit, tetapi seringkali dianggap cukup untuk memodelkan situasi tersebut secara deterministik dengan menggunakan nilai ekspektasi dari variabel.

#### **e. Ukuran Selang Waktu**

Dimensi dari suatu simulasi adalah ukuran dari satuan waktu (selang waktu terkecil antara dua titik) yang digunakan.

Ukuran ini berhubungan langsung dengan tingkat agregasi model. Dalam model yang bersifat agregat satuan waktu relatif besar (tahun, dekade). Model – model yang lebih detil biasanya menggunakan satuan waktu yang lebih kecil (hari, menit, detik).

### **Bangun Model Sistem Dinamik dan Notasi Yang Dipergunakan**

Setelah melakukan pengidentifikasian masalah dan menentukan variabel-variabel yang signifikan, selanjutnya kita dapat menyelidiki interelasi antar variabel tersebut. Untuk mendapatkan struktur umpan balik, maka kita mencari hubungan sebab akibat antar variabel tersebut sampai terbentuk sengkeliit umpan balik. Diagram yang dipergunakan untuk mempresentasikan struktur sengkeliit umpan balik ini adalah diagram sengkeliit sebab akibat (causal loop diagram). Selanjutnya diagram ini akan digunakan sebagai dasar penyusunan diagram air atau diagram rate/level. Bentuk model Sistem Dinamis yang merepresentasikan struktur sengkeliit umpan balik adalah diagram sengkeliit sebab-akibat atau yang biasa dikenal dengan **Causal Loop Diagram**. Diagram ini menunjukkan arah aliran perubahan variabel dan polaritasnya. Polaritas aliran sebagaimana diungkapkan di atas dibagi menjadi positif dan negatif. Bentuk diagram lain yang juga menggambarkan struktur model sistem dinamis adalah Diagram Aliran atau **Flow Diagram**. Diagram aliran merepresentasikan hubungan antar variabel yang telah dibuat dalam

diagram sebab-akibat dengan lebih jelas, dengan menggunakan berbagai simbol tertentu untuk berbagai variabel yang terlibat.

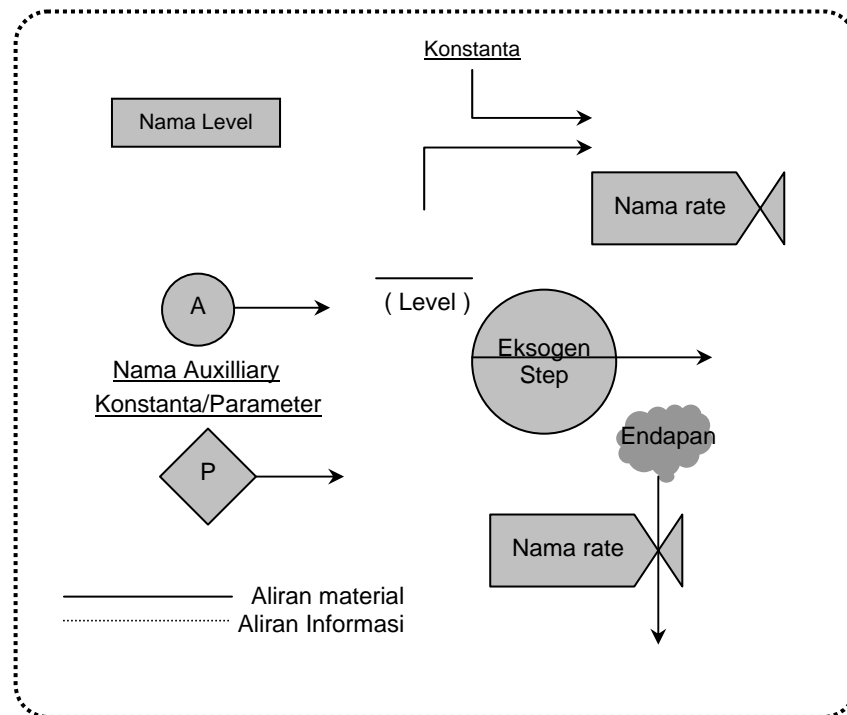
**Variabel Level** atau *Variabel State* menggambarkan suatu kondisi sistem pada setiap saat. Variabel ini dinyatakan dengan sebuah besaran kuantitas terakumulasi sebagai akibat aktivitas aliran sepanjang waktu.

**Variabel Rate** menggambarkan suatu aktivitas, pergerakan (movement), dan aliran yang berkontribusi terhadap perubahan per satuan waktu dalam suatu level yang dinyatakan dalam suatu besaran laju perubahan.

**Variabel Auxilliary** merupakan variabel tambahan untuk menyederhanakan hubungan informasi antara level dan rate. Variabel ini dinyatakan dalam persamaan matematik yang pada dasarnya merupakan bagian dari persamaan rate.

**Variabel eksogen** merupakan pernyataan dari variabel luar sistem yang mempengaruhi sistem. Variabel ini dinyatakan dalam bentuk fungsi dari waktu.

**Parameter** atau konstanta merupakan input informasi untuk rate secara langsung maupun melalui variabel auxilliary. Parameter dinyatakan dalam persamaan parameter dan nilainya dapat diubah dalam periode simulasi lainnya sesuai dengan skenario eksperimen.



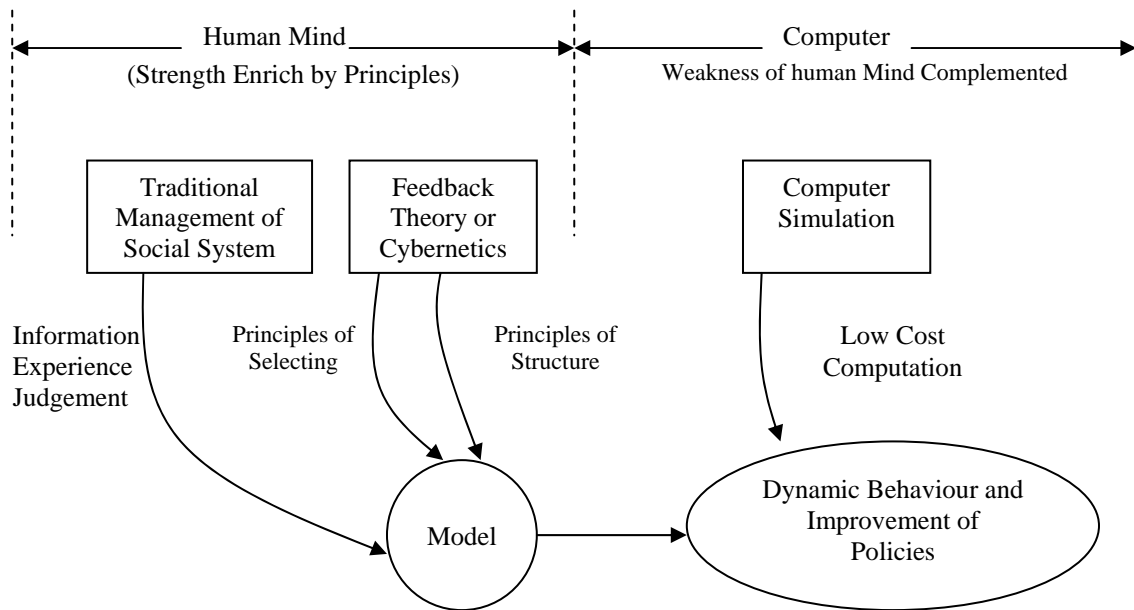
*Gambar 3.5. Simbol-simbol yang digunakan dalam diagram aliran sistem dinamis*

**Sumber** (source) menyatakan asal aliran yang harganya tidak berpengaruh terhadap sistem dan endapan (sink) menyatakan tujuan dari suatu aliran yang tidak mempengaruhi sistem.

### **Persamaan-persamaan Model**

Dynamo adalah bahasa simulasi komputer yang khusus dirancang untuk sistem dinamik. DYNAMO merupakan singkatan dari “dynamik modelling” yang menunjukkan bahwa sistem nyata dapat dimodelkan agar perilaku dinamisnya sepanjang waktu dapat disimulasikan dengan komputer. Persamaan – persamaan model yang disusun berdasarkan format bahasa DYNAMO tersebut diterjemahkan dalam sebuah perangkat lunak POWERSIM ver 2.5.

Uraikan mengenai format bahasa DYNAMO, yang meliputi selang waktu simulasi, persamaan level, rate, auxilliary, tabel dan fungsi-fungsi khusus akan diuraikan pada Bab dan pertemuan yang akan datang. (Bab 6 – 9)



*Gambar 3.6. Fondasi Model Sistem Dinamis*

## VIII. KELEBIHAN DAN KEKURANGAN SISTEM DINAMIS

Sebagaimana layaknya sebuah metodologi, maka Model Simulasi Sistem Dinamis pun memiliki sejumlah kelebihan dan kekurangan. Berikut dibawah ini disebutkan beberapa kelebihan dan kekurangan yang dimiliki oleh Metode Sistem Dinamis .

### a. Kelebihan Metode Sistem Dinamis

- Sistem Dinamis memiliki kemampuan yang sangat baik dalam menerangkan perilaku dan karakteristik sistem yang diamati.
- Karena berorientasi pada mekanisme internal , maka akan sangat mudah digunakan oleh para pengambil keputusan untuk menganalisis kebijakan yang dibuatnya.

- Sistem Dinamis dapat menerangkan hubungan kausal dan konsekuensi dari perubahan keadaan setiap variabelnya dengan baik.
- Dengan konsep Simulasi yang dimilikinya, maka Sistem Dinamis memiliki fleksibilitas dalam aplikasinya, serta tidak mengganggu sistem riil yang diamati.
- Sistem Dinamis sangat baik untuk memodelkan sistem – sistem sosial dan manajerial yang membutuhkan pengelolaan akan data yang banyak secara baik serta memiliki hubungan yang non linier dari setiap variabelnya.

#### **b. Kekurangan Metode Sistem Dinamis**

- Sistem Dinamis adalah alat deskripsi sistem, dan bukan alat untuk menyelesaikan masalah, sehingga diperlukan alat-alat penyelesaian lain guna mendesain alternatif pengembangan sistem yang diamati.
- Sistem dinamis memiliki karakteristik yang sangat subjektif, sehingga pengetahuan pemodel akan sistem yang diamati sangat menentukan akan validitas model yang dibuat.
- Model yang kompleks membutuhkan skill dan pengetahuan khusus untuk memahaminya.

### **IX. REFERENSI**

1. **Forrester, Jay W** ; *Industrial Dynamics: An Introduction to Dynamics System Approach for industrial Engineering and Management* ; M.I.T. Press 1973
2. **Sushil** ; *System Dynamics: A Practical Approach for managerial Problems* ; Indian Institute of Technology ; 1993
3. **Simatupang, Togar** ; *Teori Sistem* ; Andi Offset 1995



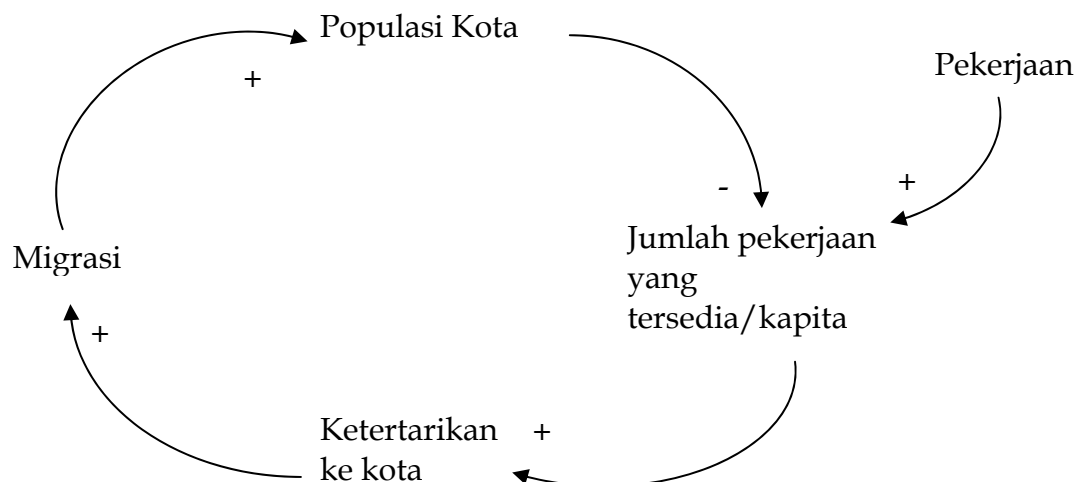
## BAB. IV CAUSAL LOOP

### I. MEMBANGUN MODEL CAUSAL LOOP

Causal loop diagram (Diagram Sebab Akibat) atau disebut juga influence diagram, digunakan untuk membantu pemodel memahami sistem dengan memberikan gambaran umum melalui hubungan sebab dan akibat dalam sistem tersebut (konseptualisasi sistem). Dengan menggunakan Causal Loop Diagram pemodel dapat dengan cepat menyusun struktur model berdasarkan asumsi-asumsi yang digunakan.

### II. KETIDAK JELASAN CAUSAL LOOP

Pada awalnya causal loop tidak termasuk dalam pendekatan *System Dynamics*, satu-satunya proses konseptualisasi model dilakukan oleh *flow diagram*. Akan tetapi untuk memperluas pemahaman tentang System Dynamics, kemudian dikembangkan metode causal loop ini. Causal loop diagram memberikan kesederhanaan dalam memahami struktur dan perilaku sebuah sistem, namun demikian kesederhanaan itu juga dapat membuat tidak jelas apakah hubungan yang terjadi antar variabel merupakan hubungan rate-to-level atau bukan.



Sebuah sistem populasi kota dimodelkan dengan causal loop diagram seperti diatas. Tanda positif antara 2 variabel menggambarkan bahwa variabel tersebut berhubungan dengan arah hubungan berbanding lurus. Demikian pula sebaliknya, tanda negatif antar 2 variabel menggambarkan bahwa variabel tersebut berhubungan dengan arah hubungan berbanding terbalik.

- Migrasi akan mempengaruhi pupulasi kota, bila jumlah migrasi ke kota meningkat maka populasi kota akan meningkat pula.
- Ketertarikan ke kota akan mempengaruhi jumlah migrasi, bila jumlah Ketertarikan ke kota meningkat maka jumlah migrasi akan meningkat pula.
- Pekerjaan yang tersedia per kapita memperngaruhi ketertarikan ke kota, bila jumlah pekerjaan yang tersedia per kapita semakin besar, maka ketertarikan ke kota juga akan semakin besar.
- Populasi kota mempengaruhi jumlah pekerjaan yang tersedia per kapita. Semakin besar populasi akan mengakibatkan pekerjaan yang tersedia per kapita berkurang.

Ketidajelasan akan tampak sebagai berikut :

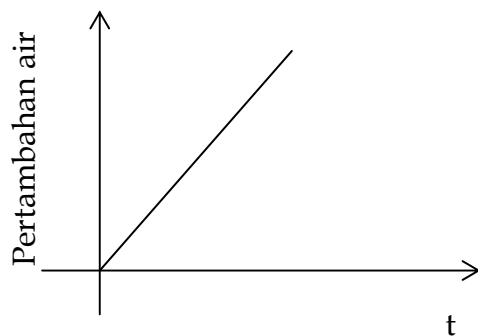
1. Peningkatan migrasi akan menyebabkan peningkatan jumlah populasi, akan tetapi penurunan migrasi tidak akan mengurangi jumlah populasi kecuali bila migrasi bernilai negatif. Selama migrasi bernilai positif maka jumlah populasi akan terus bertambah.
2. Tidak adanya jumlah ketersediaan lapanga pekerjaan yang sesuai jumlah penduduk

Kedua contoh diatas menggugurkan definisi positif loop bahwa perubahan satu variabel akan mengakibatkan perubahan variabel lain dengan arah yang sama. Sebab terjadinya ketidakjelasan pada hubungan antar variabel tersebut adalah karena hubungan tersebut merepresentasikan hubungan rate-to-level , dimana sebenarnya tidak selalu demikian. Pada

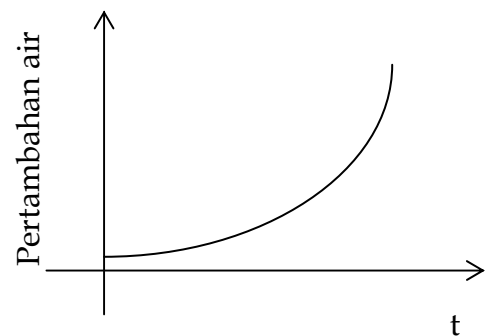
hubungan rate-to-level variabel sebab dianggap sebagai rate dan variabel akibat dianggap sebagai level. Pada kasus diatas, beberapa variabel sebab hanya merupakan representasi dari derifatif (perubahan terhadap waktu), apakah perubahan tersebut bernilai negatif atau positif. Derifatif sebuah fungsi  $f'(t)$ , hanya merepresentasikan pola kurva pada  $f(t)$  dan tidak menentukan kenaikan atau penurunan nilai fungsi  $f(t)$ .

### Contoh. Bak Mandi

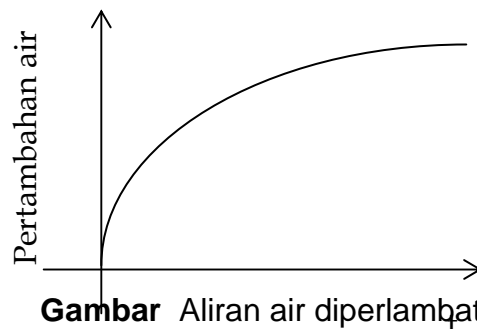
Bila sebuah bak mandi diisi dengan aliran air yang konstan, maka bak akan terisi dengan kecepatan yang konstan pula. Bila aliran tersebut dipercepat maka bak akan terisi dengan lebih cepat dari waktu ke waktu dan apabila bak diisi dengan aliran air yang diperlambat maka bak akan terisi dengan lebih lambat dari waktu ke waktu.



**Gambar** Aliran air konstan



**Gambar** Aliran air dipercepat



**Gambar** Aliran air diperlambat

Dengan demikian definisi yang lebih komprehensif mengenai **causal link** adalah sebagai berikut : *Sebuah hubungan akan bernilai positif apabila perubahan nilai pada variabel sebab akan mengakibatkan perubahan nilai pada variabel akibat dengan nilai perubahan yang lebih besar dari perilaku semula. Dan sebuah hubungan akan bernilai negatif apabila perubahan nilai pada variabel sebab akan mengakibatkan perubahan nilai pada variabel akibat dengan nilai perubahan yang lebih kecil dari perilaku semula.*

**Causal Loop Diagram** menggambarkan bagaimana sebuah sistem bekerja dan bagaimana sistem berperilaku. Dalam memodelkan sistem dengan Causal Loop Diagram ada beberapa hal yang perlu diperhatikan. Causal Loop Diagram berkaitan erat dengan konsep feedback (umpan balik) dalam sebuah sistem, oleh karena itu perlu dijelaskan hierarki konsep feedback tersebut.

### III. VARIABEL

Hal pertama yang harus ditentukan adalah variabel dari sistem yang akan kita modelkan. Variabel merupakan tingkatan terendah dalam hierarki konsep umpan balik (feedback). Pada tingkatan ini perlu ditentukan variabel yang berpengaruh secara signifikan pada sistem nyata. Perlu diingat bahwa kesalahan terbesar dari memodelkan sebuah sistem adalah menentukan variabel yang tidak sesuai dengan tujuan pemodelan. Hal ini berlaku relatif pada setiap pemodel, variabel yang dianggap penting bagi seorang pemodel belum dapat dikatakan benar oleh pemodel yang lain.

Variabel yang ditentukan dapat berupa keputusan yang diambil atau efek dari keputusan tersebut.

**Contoh variabel** : *Persediaan, Pengiriman, Gaji Karyawan, Penjualan dan lain sebagainya.*

#### IV. HUBUNGAN CAUSAL ( CAUSAL LINK )

Setelah menetapkan variabel yang digunakan, langkah selanjutnya adalah menentukan hubungan yang terjadi antar variabel. Penentuan ini dapat dilakukan dengan memberikan anak panah pada variabel sebab ke variabel akibat. Arah anak panah tersebut menggambarkan hubungan sebab dan akibat pada 2 variabel.

**Variabel Sebab**  $\longrightarrow$  **Variabel Akibat**

Sebagai contoh, *jumlah permintaan akan mempengaruhi persediaan, jumlah karyawan akan mempengaruhi biaya tenaga kerja, promosi mempengaruhi penjualan.*

**Permintaan**  $\longrightarrow$  **Persediaan**

**Jumlah Karyawan**  $\longrightarrow$  **Biaya Tenaga Kerja**

Setelah menentukan arah sebab dan akibat, langkah selanjutnya adalah menentukan efek yang diakibatkan apabila nilai variabel tersebut berubah.

**Ada 2 macam hubungan yang dikenal dalam langkah ini yaitu :**

- **Hubungan Positif**, dinyatakan dengan tanda positif pada variabel akibat. Hubungan ini menyatakan kedua variabel adalah berbanding lurus. Perubahan yang terjadi pada variabel sebab akan membawa perubahan pada variabel akibat dengan arah yang sama.

Sebagai Contoh : Bila jumlah karyawan semakin bertambah maka biaya tenaga kerja yang dikeluarkan perusahaan akan bertambah pula demikian juga sebaliknya, bila jumlah karyawan berkurang maka biaya tenaga kerja juga akan berkurang.

**Jumlah Karyawan**  $\xrightarrow{+}$  **Biaya Tenaga Kerja**

- **Hubungan Negatif**, berlawanan dengan hubungan positif, hubungan negatif memiliki efek yang berlawanan, atau dengan kata lain kedua variabel yang berhubungan adalah berbanding terbalik. Bila nilai pada variabel sebab berubah, maka variabel akibat akan berubah dengan arah yang berlawanan.

Sebagai Contoh : Jumlah permintaan akan menyebabkan jumlah persediaan yang ada berubah dengan arah yang berlawanan. Apabila jumlah permintaan meningkat, maka jumlah persediaan akan berkurang, demikian pula sebaliknya bila jumlah permintaan berkurang maka akan menyebabkan jumlah persediaan bertambah.

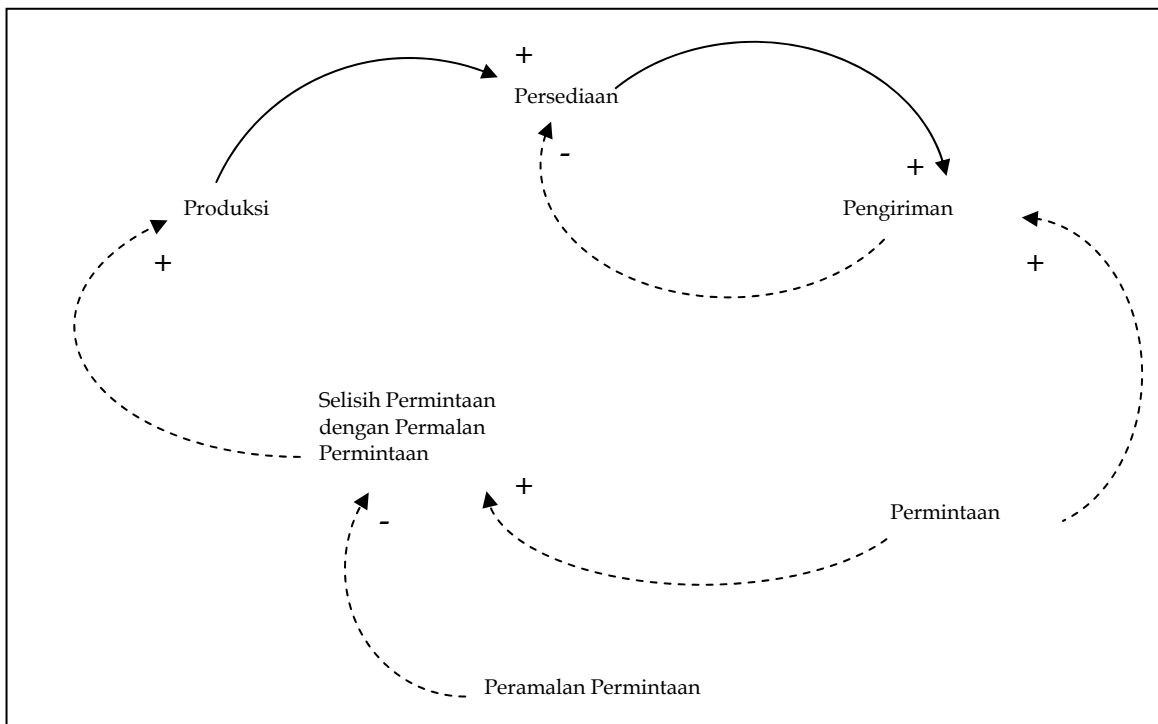
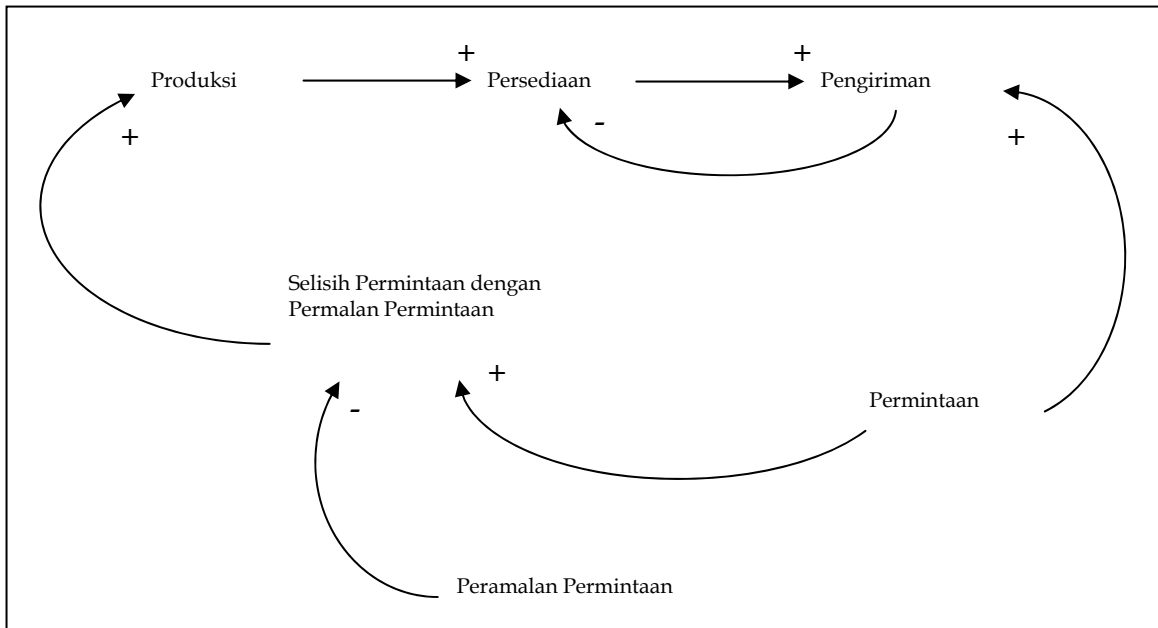
Permintaan  $\xrightarrow{-}$  Persediaan

Penggambaran hubungan antar variabel tersebut diatas kurang menggambarkan jenis variabel yang berkaitan. Oleh karena itu dalam perkembangannya ada beberapa teknik untuk memperjelas jenis variabel dan hubungan (*Link*) yang ada dalam sebuah sistem. Hubungan antar variabel dapat diklasifikasikan menjadi 2 (dua) yaitu hubungan rate dengan level (rate to level connection) dan yang bukan hubungan rate dan level (non rate to level connection). Hubungan (*Link*) antar variabel juga dapat dibedakan dengan tipe alirannya yaitu aliran material atau aliran informasi. Hubungan rate to level merupakan hubungan yang merepresentasikan adanya aliran material (*conserved flow*) dan selain itu merupakan hubungan informatif (*information links*) Kondisi tersebut dapat dimodelkan dengan cara sebagai berikut :

1. **Hubungan Rate to Level** di gambarkan dengan garis lurus dan hubungan non rate to level digambarkan dengan garis lengkung (*curved line*).

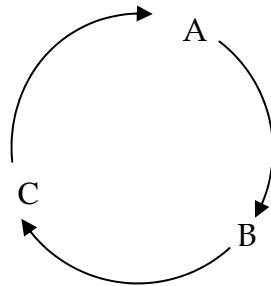
2. **Hubungan Rate to Level** di gambarkan dengan garis tegas dan hubungan non rate to level digambarkan dengan garis terputus-putus.

Sebagai contoh adalah kasus. :



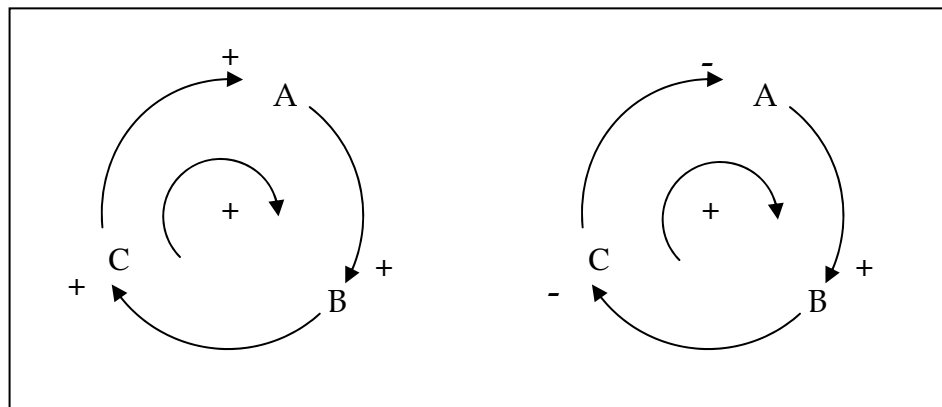
## V. LOOP ( LUP )

Hubungan antara variabel sebab dengan variabel akibat dan sebaliknya akan menghasilkan satu lup (loop) baik hubungan tersebut berlaku negatif ataupun positif.



Lup dapat di klasifikasikan menjadi 2 jenis lup yaitu :

- **Lup Positif**, lup dikatakan positif bila hasil perkalian hubungan antar variabelnya adalah positif.

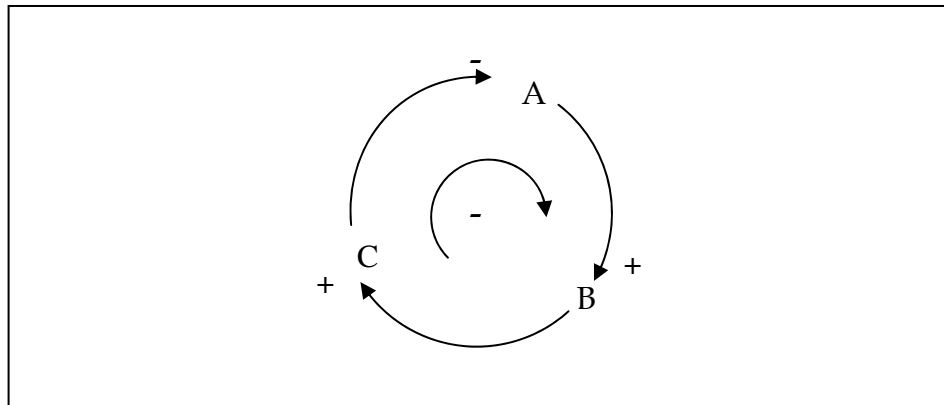


Loop positif biasa dikatakan comulatif loop, karena perubahan pada satu variabel semisal A (meningkat), akan mengakibatkan perubahan pada variabel-variabel lain sampai pada akhirnya perubahan-perubahan tersebut akan berpengaruh pada variabel awal (A) dengan arah yang sama pada perubahan awal (meningkat). Demikian pula

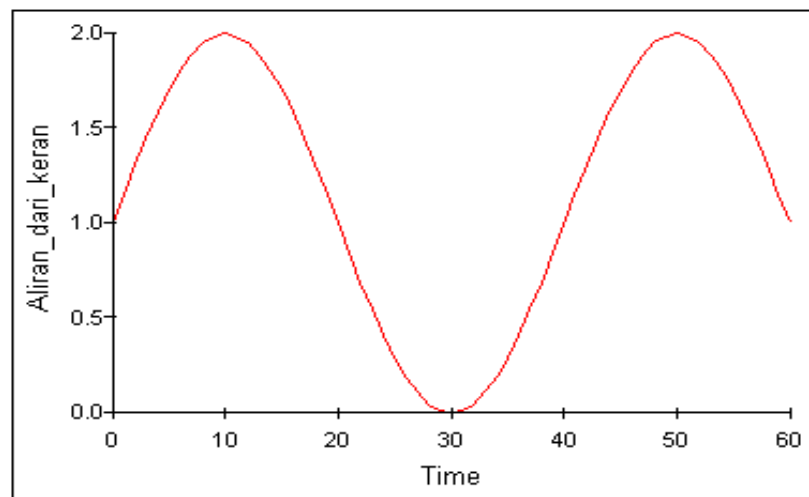


bila variabel tersebut menurun, maka pada akhirnya akan mengakibatkan penurunan pada variabel itu sendiri.

- **Lup Negatif**, sebuah lup dikatakan negatif bila perkalian hubungan antar variabelnya adalah negatif.



Lup Negatif merupakan lup osilatif (goal seeking loop). Perubahan pada satu variabel, semisal A (meningkat), akan mempengaruhi variabel-variabel lain yang pada akhirnya perubahan-perubahan tersebut akan mempengaruhi variabel tadi (A) dengan arah yang berlawanan (menurun). Hal tersebut akan terus berlangsung sehingga menghasilkan output yang berosilasi.



Menurut Coyle (1977) ada 6 metode untuk meyakinkan kebenaran Causal Loop Diagram.

□ **Pertimbangan Konserfatif**

“What Comes In Must Go Somewhere “. Segala sesuatu yang masuk kedalam sistem tidak begitu saja menghilang. Aliran fisik seperti material, uang, tenaga kerja, modal dan lain sebagainya akan begitu saja menghilang, mereka akan tetap ada dalam sistem sampai pada akhirnya pemodel menganggap bahwa kehadiran mereka tidak lagi relevan terhadap sistem yang sedang dipelajari.

□ **Pengamatan Langsung**

Dengan pengamatan langsung akan dapat dilihat struktur dan perilaku yang sesungguhnya. Pemberi informasi dapat langsung melakukan verifikasi secara terbuka terhadap causal loop yang dibangun. Metode ini sangat tergantung pada asumsi, interpretasi dan penilaian pemodel terhadap sistem.

□ **Instruksi**

*Link* (hubungan) dapat di nilai kebenarannya dengan memberikan instruksi kepada sistem untuk beroperasi sesuai dengan yang diinginkan pemodel. Sesungguhnya metode ini lebih tepat digunakan pada tahapan terakhir yaitu *policy design*, akan tetapi hal ini dapat dilakukan untuk mengatasi keraguan akan perilaku sistem yang dipelajari.

□ **Accepted Theory**

Kebenaran model juga dapat diidentifikasi dengan menggunakan teori-teori yang telah diterima secara luas. Sebagai contoh, sistem bisnis dapat dicari hubungannya dengan memperhatikan teori ekonomi tentang hukum permintaan dan penawaran. Dengan demikian untuk

menentukan hubungan dan perilaku sistem, dapat digunakan teori teori lain seperti teori organisasi, perilaku sistem dan lain sebagainya.

□ **Hipotesa, Asumsi atau Kepercayaan**

Terkadang dalam melakukan pemodelan, pemodel menemukan kesulitan dalam pembuktian sebuah hubungan dan perilaku yang dimiliki sistem. Hal tersebut dapat diatasi dengan membuat asumsi. Asumsi dapat digantikan dengan asumsi yang lain, sehingga pemodel perlu menyiapkan alternatif asumsi. Dengan demikian pemodel akan dapat membangun model dengan baik sesuai dengan tujuan pemodelan.

□ **Pendekatan Statistik**

Pendekatan statistik juga dapat digunakan untuk membuktikan keterkaitan antara elemen dalam sistem. Uji korelasi adalah salah satu pengujian statistik yang digunakan untuk menentukan hubungan (keterkaitan) antar elemen dalam sistem.

## **BAB. V**

# **INTEGRASI GRAFIS SISTEM DINAMIS**

### **I. GRAPHICAL INTEGRATION**

Pendekatan system dynamics merupakan pendekatan yang mencoba mengkombinasikan perilaku dinamis dengan struktur umpan balik sebuah sistem. Data yang dimasukan dan hasil yang didapatkan dapat dianalisa secara relatif mudah dengan menggunakan grafik. Walaupun Powersim sudah menyediakan tool untuk membuat grafik dari keluaran (output) simulasi, pemodel tetap harus melatih pemodelan mentalnya (mental modelling). Pada modul ini pemodel akan diperkenalkan dengan beberapa model grafis yang dapat digunakan untuk menganalisa sebuah sistem melalui modelnya.

### **II. ILUSTRASI**

Sebuah sistem persediaan pada suatu perusahaan memiliki level bernama persediaan dan memiliki inflow rate bernama produksi dan outflow rate bernama pengiriman. Sistem diamati dalam hitungan jam (10 jam) dan perusahaan memiliki kebijakan untuk memproduksi untuk disimpan (make to stock).

### **III. INFLOW RATE**

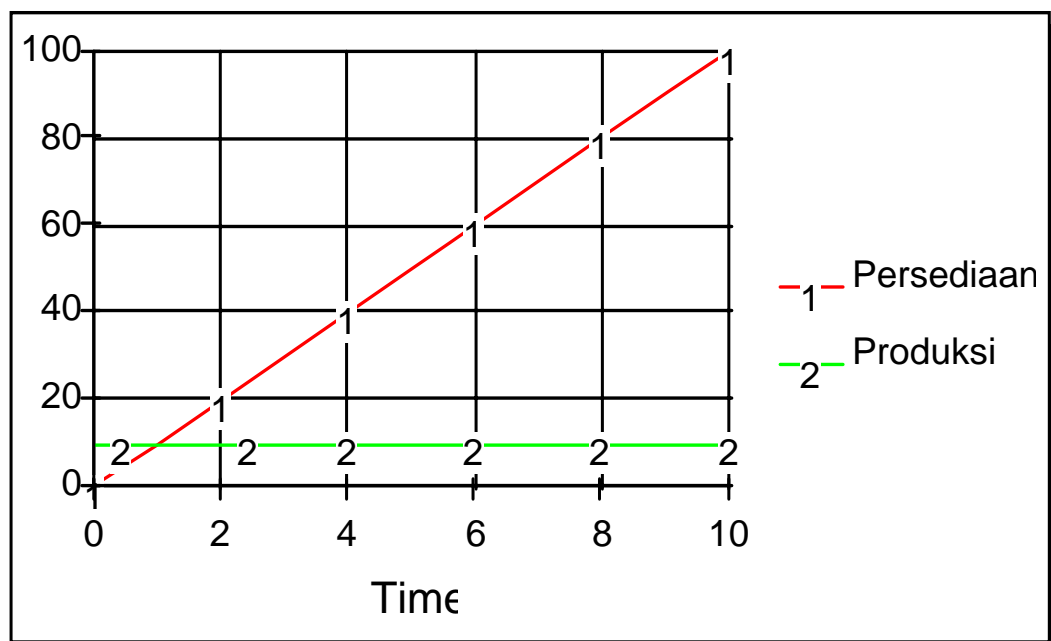
Pada awalnya, perusahaan memproduksi barang dengan jumlah yang konstan setiap jamnya yaitu 5 unit/jam. Maka dapat digambarkan bahwa persediaan akan mengalami peningkatan yang konstan setiap jamnya.

$$\begin{aligned}
 \text{persediaan jam ke 1} &= \text{persediaan jam ke 0} + \text{tingkat inflow} \\
 &= 0 + 5 \text{ unit/jam} \\
 &= 5 \text{ Unit} \\
 \\ 
 \text{persediaan jam ke 2} &= \text{persediaan jam ke 0} + \text{tingkat inflow} \\
 &= 5 + 5 \text{ unit/jam} \\
 &= 10 \text{ Unit}
 \end{aligned}$$

Demikian terus sampai jam ke 10

$$\begin{aligned} \text{persediaan jam ke 10} &= \text{persediaan jam ke 0} + \text{tingkat inflow} \\ &= 45 + 5 \text{ unit/jam} \\ &= 50 \text{ Unit} \end{aligned}$$

Dengan demikian dapat diketahui bahwa persediaan akan terus bertambah secara linier dengan percepatan yang konstan. Yang baru saja dilakukan merupakan analisa grafis tanpa sebelumnya menggambar grafik. Apabila kasus tersebut digambarkan pada grafik maka akan berbentuk seperti berikut.



Dapat diperhatikan bahwa slope pada grafik tersebut diatas memiliki nilai yang sama dengan inflow rate.

$$\begin{aligned} \text{Slope} &= \Delta \text{ unit} / \Delta \text{ waktu} \\ &= (40 - 20) / (4 - 2) \\ &= 5 \end{aligned}$$

Nilai 5 merupakan nilai yang sama dengan tingkat produksi yang dimiliki perusahaan untuk setiap jamnya.

#### IV. OUTFLOW RATE

Kemudian diasumsikan bahwa perusahaan tidak lagi memproduksi dan hanya mengirim. Berarti sistem tidak memiliki inflow rate dan hanya memiliki outflow rate. Nilai awal persediaan menjadi 50 unit dan pengiriman dilakukan dengan jumlah yang konstan tiap jamnya yaitu 5 unit/jam. Maka akan diketahui bahwa persediaan akan menyusut dengan nilai penyusutan yang tetap.

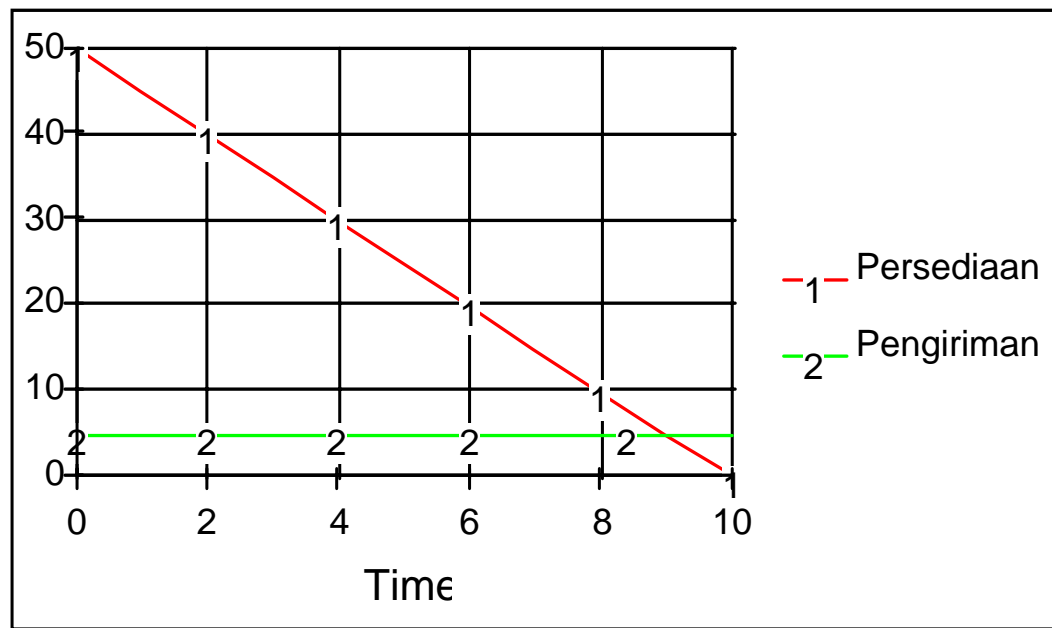
$$\begin{aligned} \text{persediaan jam ke 1} &= \text{persediaan jam ke 0} - \text{tingkat inflow} \\ &= 50 + 5 \text{ unit/jam} \\ &= 45 \text{ Unit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{persediaan jam ke 2} &= \text{persediaan jam ke 0} - \text{tingkat inflow} \\ &= 45 - 5 \text{ unit/jam} \\ &= 40 \text{ Unit} \end{aligned}$$

Demikian terus sampai jam ke 10

$$\begin{aligned} \text{persediaan jam ke 10} &= \text{persediaan jam ke 0} - \text{tingkat inflow} \\ &= 5 - 5 \text{ unit/jam} \\ &= 0 \text{ Unit} \end{aligned}$$

Atau dalam bentuk grafik :



Dengan slope :

$$\begin{aligned}
 \text{Slope} &= \Delta \text{ unit} / \Delta \text{ waktu} \\
 &= (50 - 40) / (2 - 0) \\
 &= 5
 \end{aligned}$$

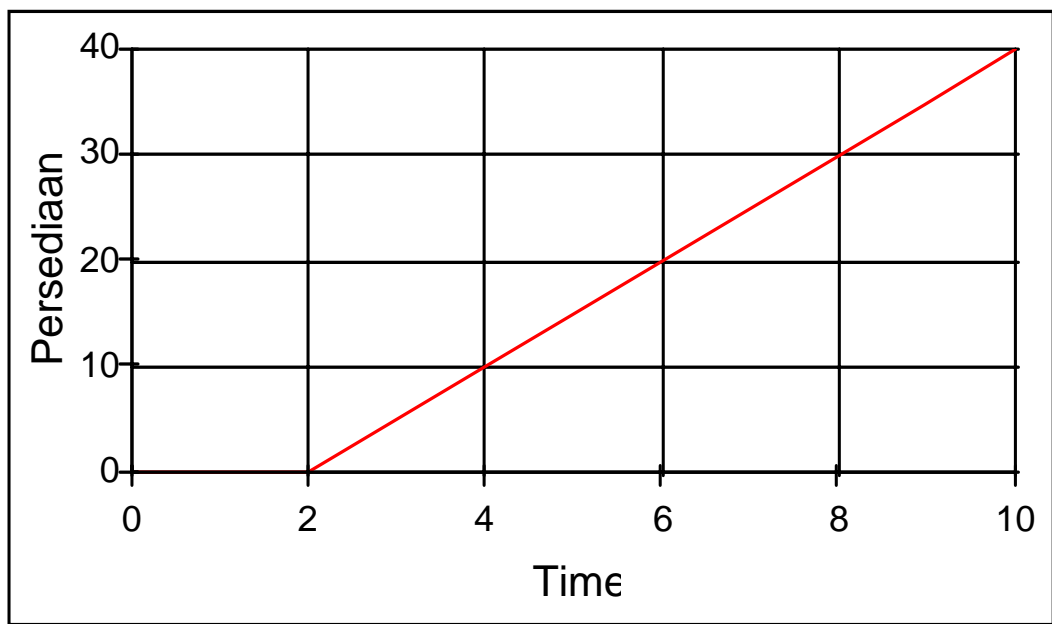
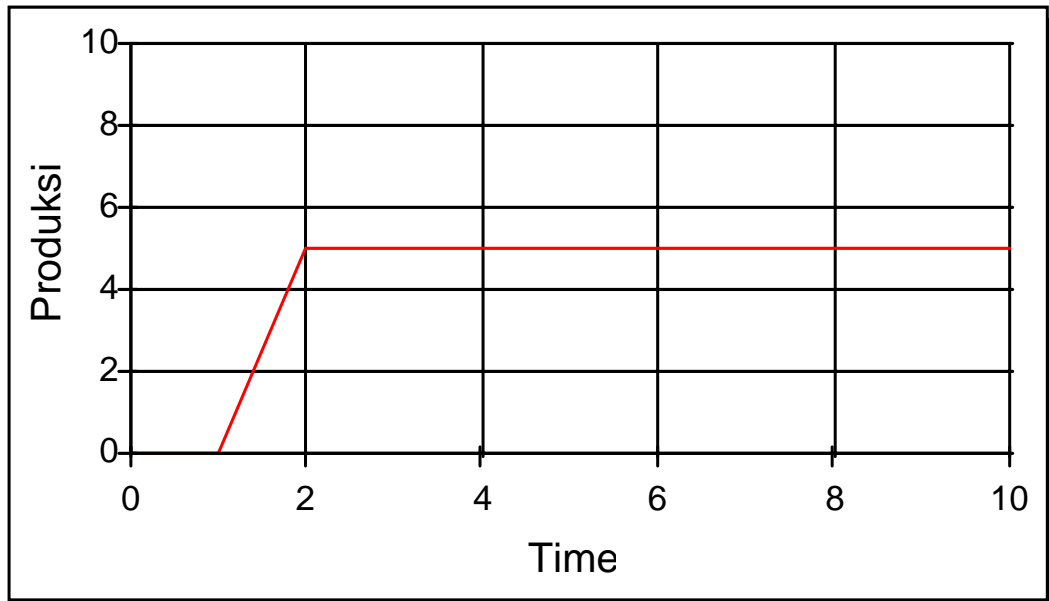
Karena menurun **slope = - 5** (bernilai negatif)

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa sistem dengan peningkatan konstan akan memiliki slope dengan nilai positif, dan sebaliknya sistem dengan penurunan konstan akan memiliki slope dengan nilai negatif.

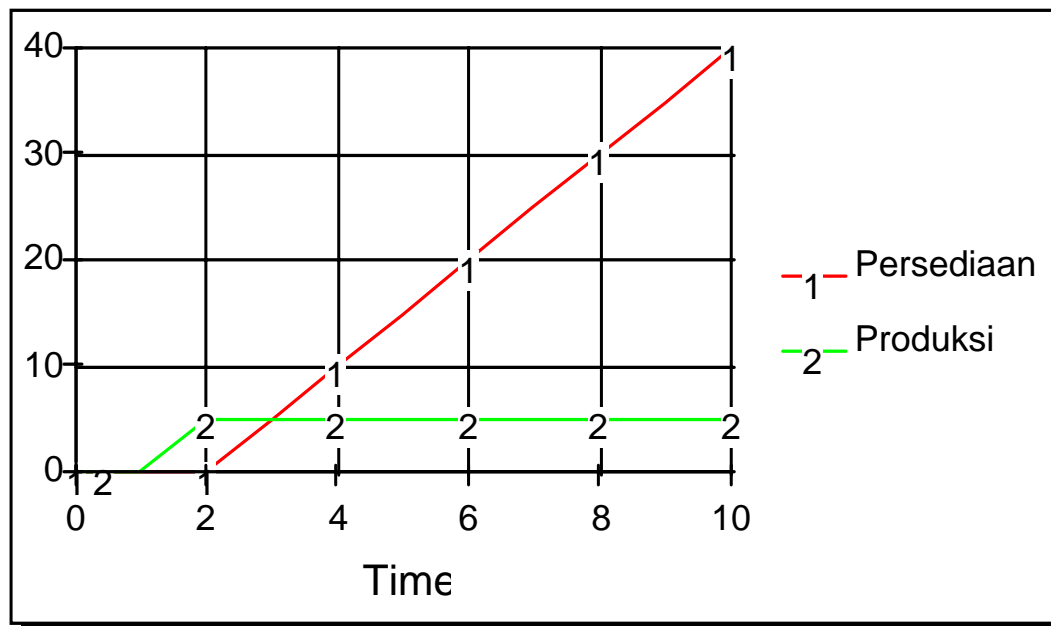
## V. ALIRAN STEP

Perusahaan diatas tidak dapat memproduksi selama beberapa saat awal jadwal produksinya dan pada jam ke 2 perusahaan sudah dapat memproduksi 5 unit produk/jam seperti biasa. Pada kondisi tersebut, sistem mengalami perilaku step, artinya nilai konstan diperoleh setelah sebelumnya mengalami penundaan selama beberapa waktu. Atau, sistem mengalami step up +5 pada waktu (time) = 2.

Bila digambarkan dalam grafik maka akan tampak seperti berikut ini:

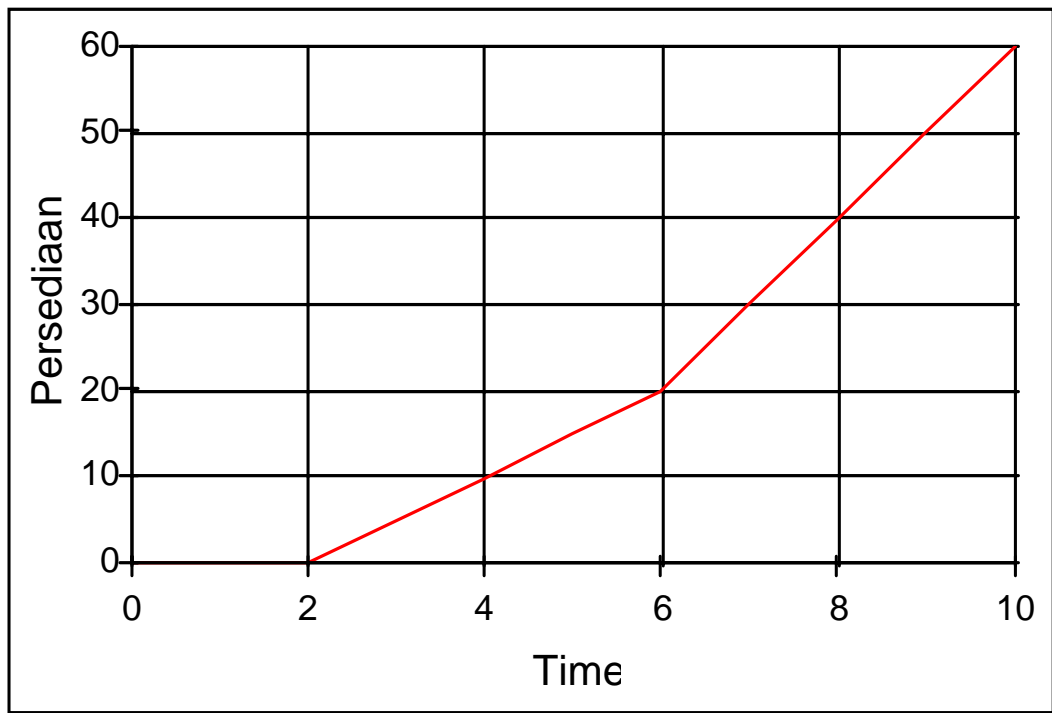
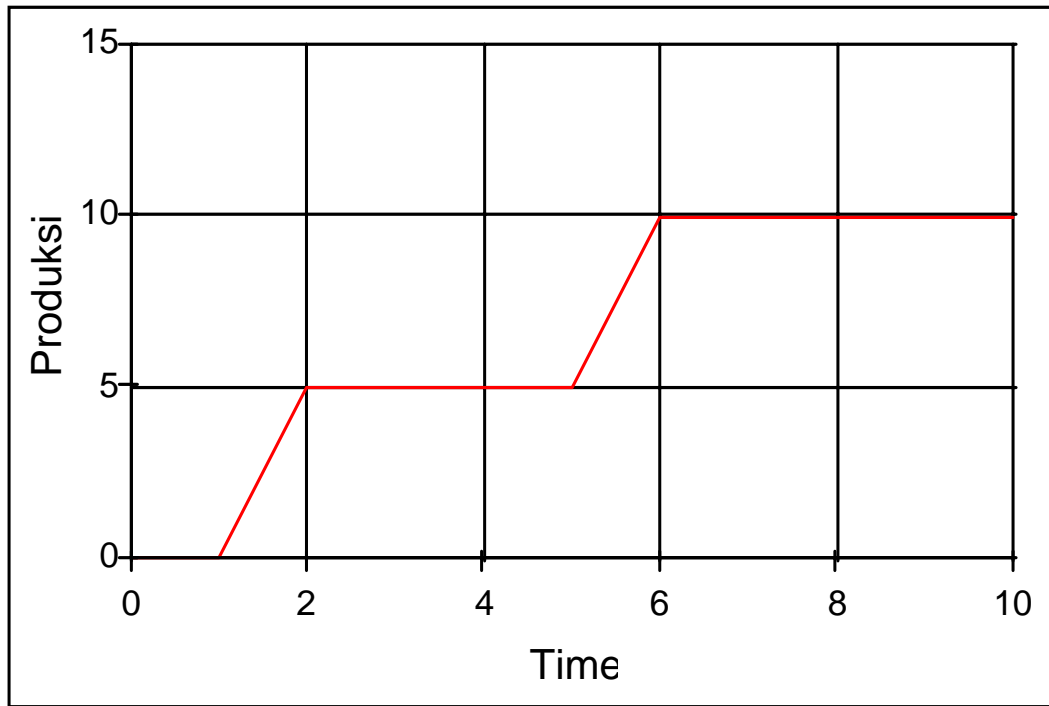


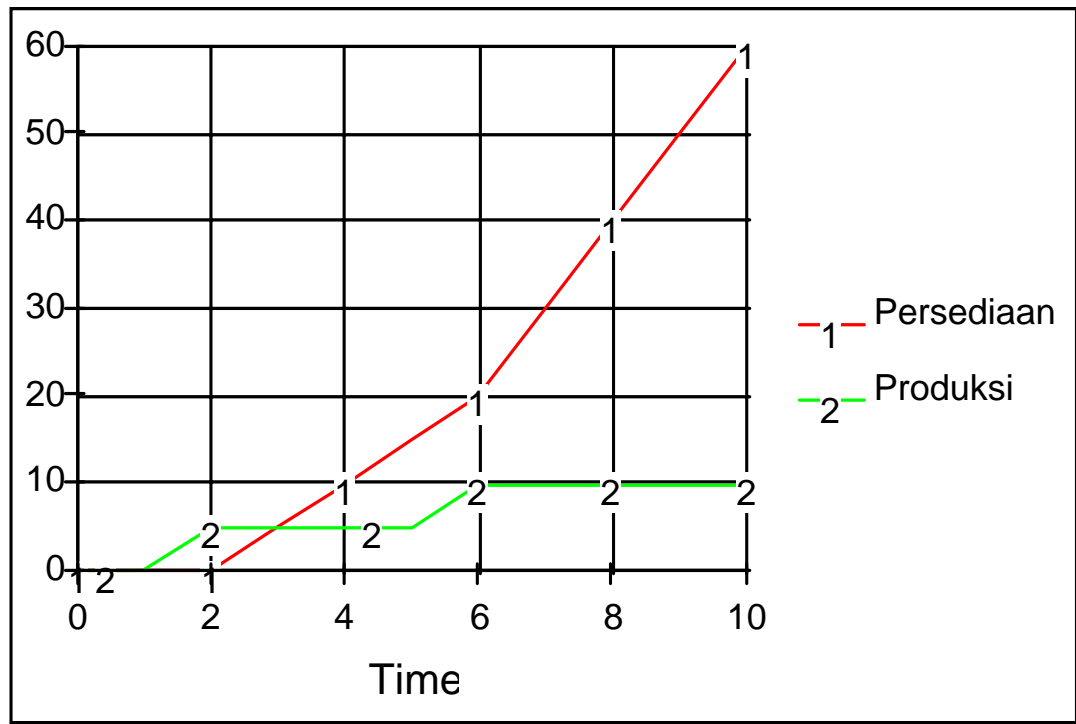




Dapat dilihat bahwa persediaan tidak mengalami perubahan (0) sampai pada waktu jam ke 2 (5 unit).

Contoh lain ialah bila perusahaan pada jam ke 5 menaikkan kapasitas produksinya menjadi 2 kali lipat maka sistem akan mengalami 2 kali step, yaitu yang pertama terjadi pada jam ke 2 dan yang kedua terjadi pada jam ke 5. Bila digambarkan dalam grafik akan tampak sebagai berikut :





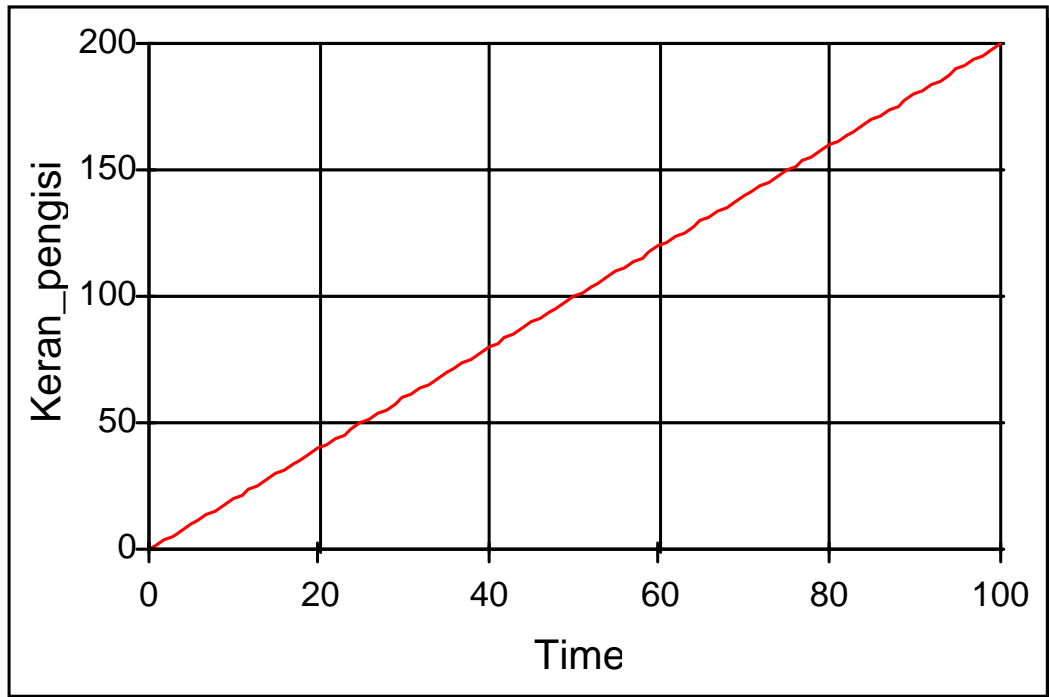
## VI. ALIRAN RAMP

Pada aliran konstan, level mengalami perubahan dengan kecepatan yang konstan. Kecepatan konstan tersebut dinyatakan dengan nilai slope yang sama dengan nilai rate.

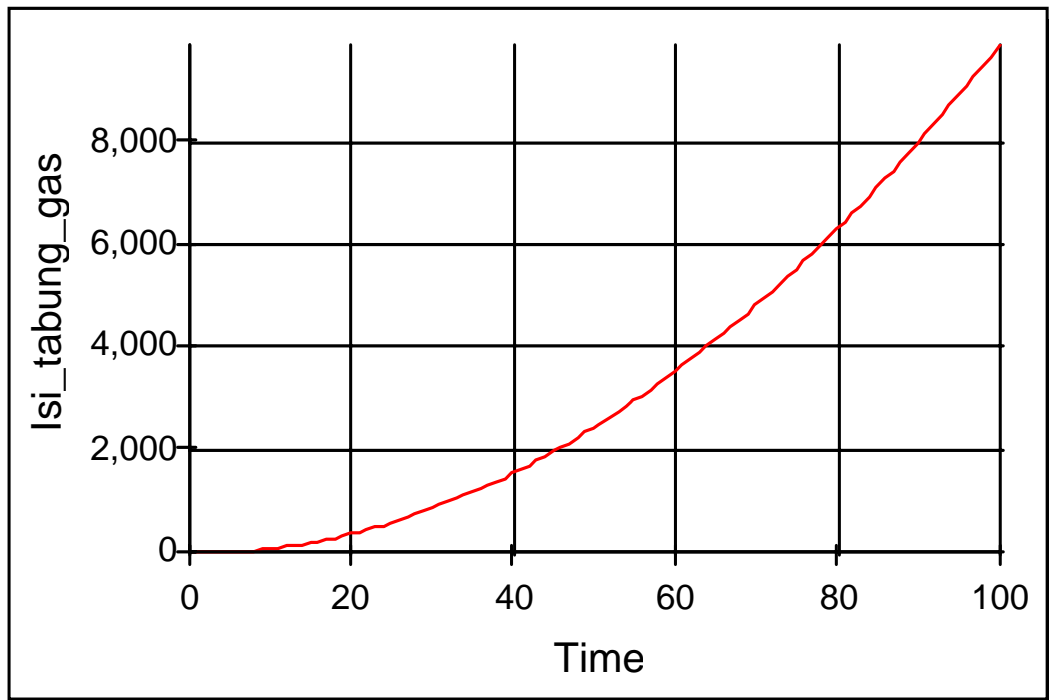
Sebuah tabung gas, diisi dengan membuka keran pengisian (inflow rate). Keran tersebut dibuka secara bertahap, pada 2 menit pertama keran dapat mensuplai dengan kecepatan 10 liter/menit, kemudian keran terus dibuka sehingga pada menit ke 4 keran dapat mensuplai gas sebanyak 20 liter/menit, demikian seterusnya sehingga keran terbuka maksimum. Bila diperhatikan, terlihat bahwa inflow rate merupakan fungsi linier dengan kemiringan (slope) tertentu.

$$\begin{aligned}
 \text{Slope} &= (20 - 10) / (4 - 2) \\
 &= 10/2 \\
 &= 5
 \end{aligned}$$

Aliran rate dengan perilaku demikian disebut aliran **Ramp**. Bila digambarkan, maka akan terlihat sebagai berikut :



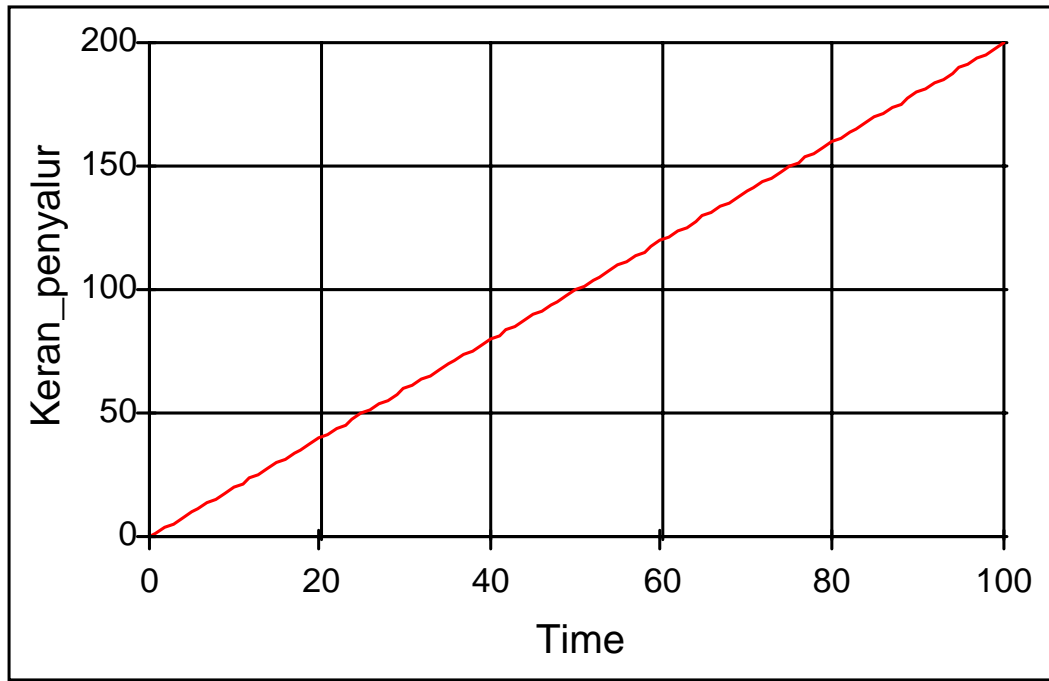
Aliran ramp menunjukkan bahwa aliran gas untuk mengisi tabung gas dipercepat dari menit ke menit yang dalam bahasa fisika biasa disebut percepatannya meningkat. Aliran ini akan membawa perubahan secara eksponensial pada variabel level, seperti yang ditunjukkan oleh grafik dibawah ini.



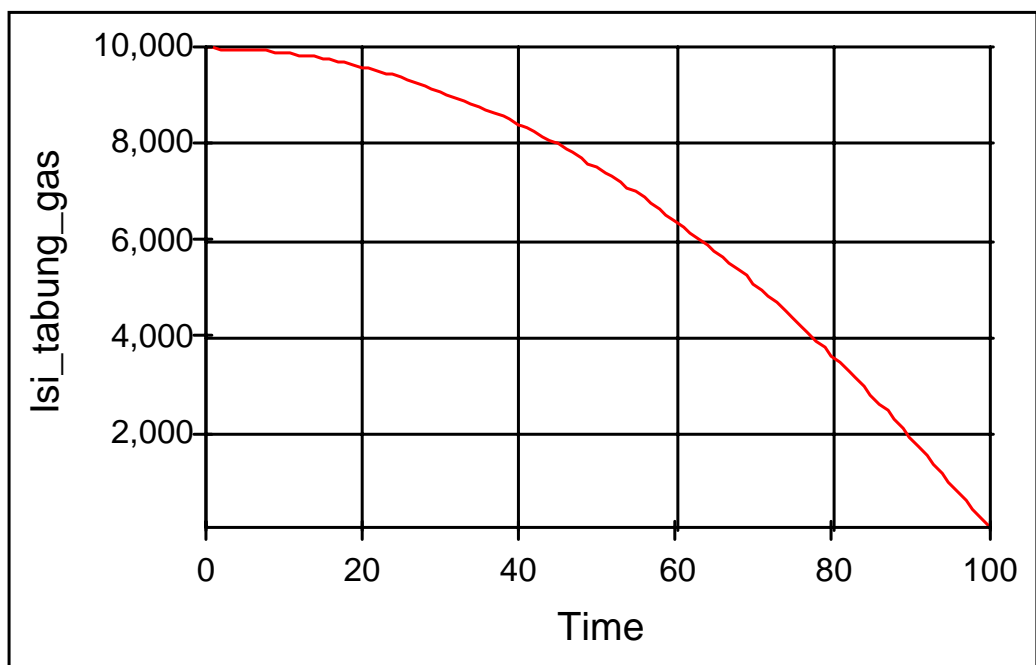
Sebaliknya, apabila tabung gas sudah terisi penuh dengan kapasitas maksimal yaitu 10.000 liter dan keran pengisi ditutup kemudian akan didistribusikan melalui keran penyalur yang juga dibuka secara bertahap, maka sistem memiliki out flow rate dengan perilaku fungsi linier. Pada 4 menit pertama keran dapat menyalurkan 20 liter/menit gas dan pada menit ke 8 keran dapat menyalurkan 40 liter/menit gas. Seperti pada inflow rate, aliran linier pada outflow rate juga memiliki slope.

$$\begin{aligned}
 \text{Slope} &= (40 - 20) / (8 - 4) \\
 &= 20 / 4 \\
 &= 5
 \end{aligned}$$

Aliran outflow dapat digambarkan dalam grafik sebagai berikut .



Dan aliran ramp pada outflow akan menghasilkan penurunan nilai pada variabel level dengan bentuk grafik seperti berikut ini.



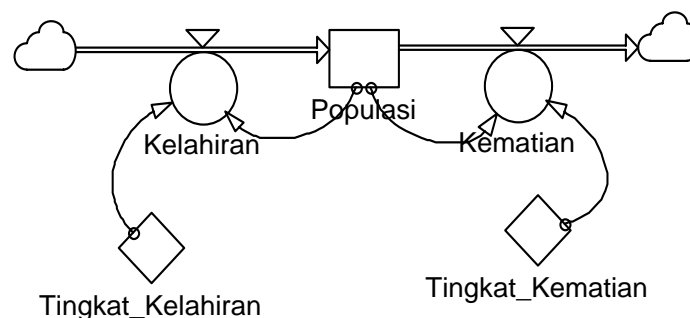
## BAB. VI. DIAGRAM ALIR ( FLOW DIAGRAM ) SISTEM DINAMIS

### I. PENDAHULUAN FLOW DIAGRAM

Flow Diagram merupakan bentuk rinci dari penggambaran sebuah sistem. Dalam flow diagram ditunjukkan jenis variabel dan jenis hubungan antar variabel. Tujuan utama dari flow diagram adalah untuk merepresentasikan aliran dan struktur sistem secara merinci agar dapat memfasilitasi pemodelan matematis.

Flow diagram mempunyai karakteristik sebagai berikut:

- Membedakan antara subsistem fisik dan subsistem informasi
- Membedakan antara tipe-tipe variabel seperti, level, rate dan auxiliary
- Mempunyai korespondensi satu-satu dengan persamaan matematis
- Menunjukkan berbagai delay/penundaan dalam system
- Menunjukkan rata-rata/pemulusan dari variabel
- Menunjukkan secara jelas fungsi-fungsi khusus yang digunakan dalam rumus persamaan matematis
- Membedakan simbol yang digunakan dalam penggambaran tiap variabel yang berbeda

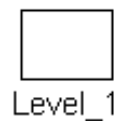


**Gambar 6.1** Diagram Alir Untuk Sistem Populasi Sederhana

Variabel dalam flow diagram secara dapat diklasifikasikan sebagai berikut

### 1. Level ( stocks )

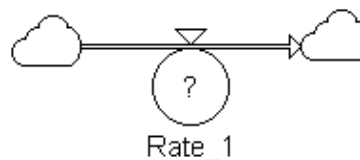
Tipe variabel yang mana merupakan perubahan akumulasinya. Level akan dipengaruhi oleh rate (flow).



*Gambar 6.2 Simbol Level*

### 2. Rate (Flow)

Tipe variabel yang akan mempengaruhi variabel level.



*Gambar 6.3 Simbol Rate*

### 3. Auxillary

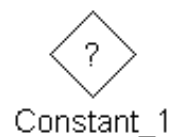
Tipe variabel yang mana memuat perhitungan dasar pada variabel lain.



*Gambar 6.4 Simbol Auxillary*

### 4. Constant

Tipe variabel yang mana memuat nilai tetap yang akan digunakan dalam perhitungan variabel auxillary atau variabel flow.

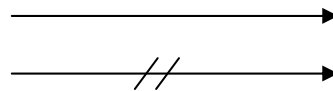


*Gambar 6.5 Simbol Constant*



## 5. Link

Sebuah alat yang menghubungkan antara satu variabel dengan variabel lainnya. Dalam Powersim V 2.5.c link dapat dibedakan menjadi link dan delayed link.



*Gambar 6.6 Simbol Link dan Delayed Link*

## II. LEVEL DAN RATE

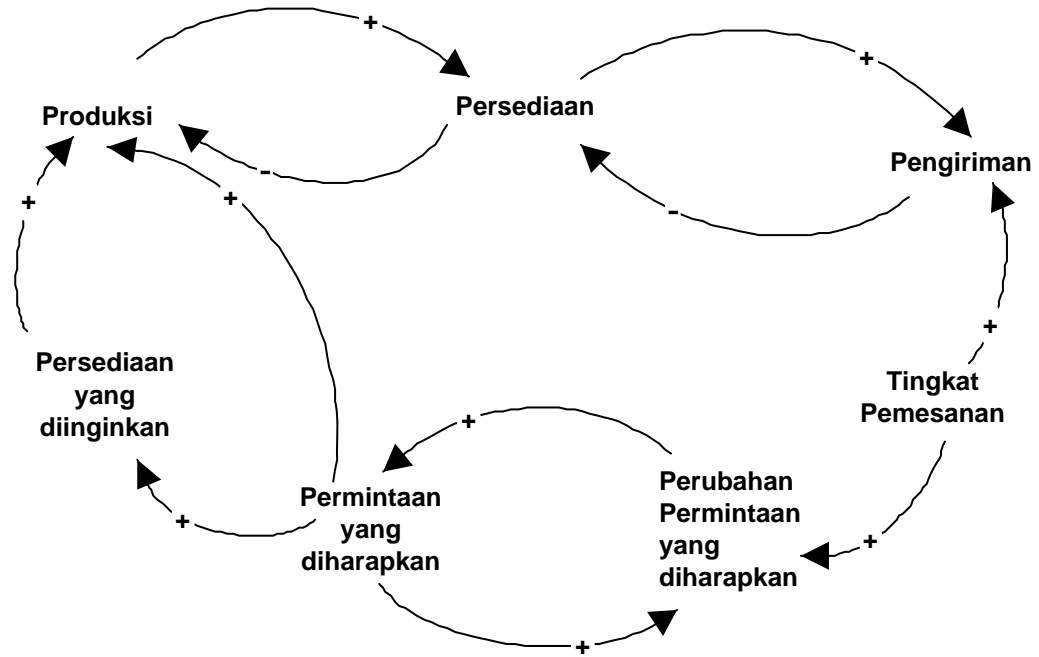
Dari sejumlah variabel yang menyusun flow diagram, menentukan apakah variabel tersebut rate ataukah level merupakan pekerjaan yang cukup menyulitkan pemodel. Untuk menjelaskan hal tersebut maka berikut ini adalah contoh-contoh variabel rate dan level.

In Rate (menambah level)	Level	Out Rate (mengurangi level)
Kelahiran	Populasi Penduduk	Kematian
Pemasukan	Kas Organisasi	Pengeluaran
Penanaman	Jumlah Pohon di hutan	Penebangan
Pengembalian	Jml Buku di Perpustakaan	Peminjaman
Memanjang	Hidung Pinokio	Memendek
Debit	Tabungan di bank	Kredit
Pembuangan	Banyak sampah di TPA	Pengolahan
Customer Realization	Customer Value	Customer Sacrifice
Pendapatan Kotor	Profit	Biaya
Produksi	Inventory	Pengiriman

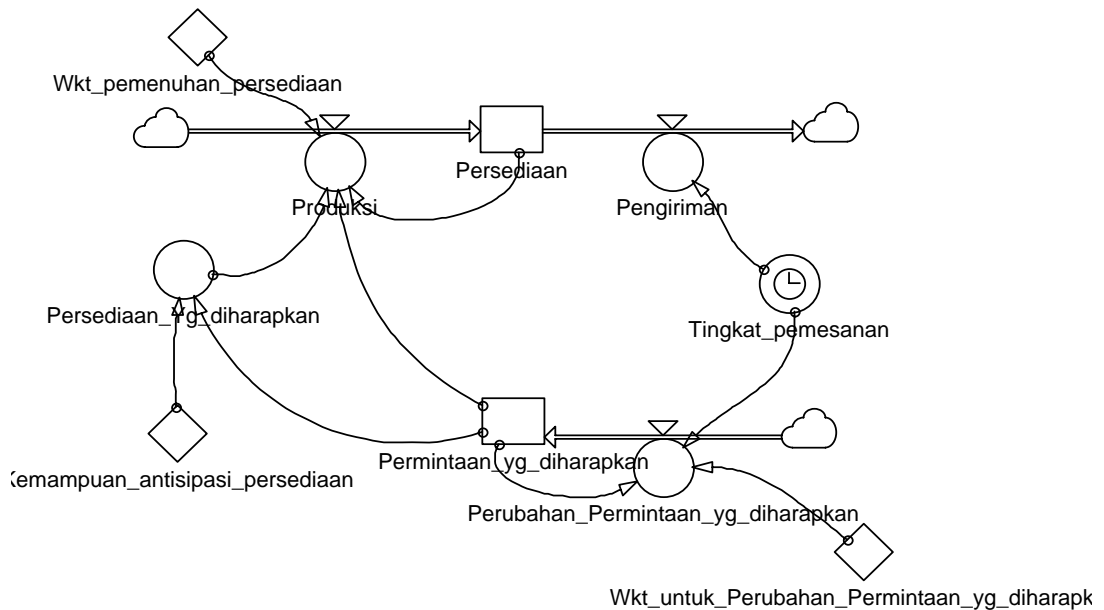
*Tabel 6.1. Contoh Rate dan Level*

Level dapat digambarkan sebagai sebuah bak mandi dan in rate adalah keran dan out rate adalah sumbat, penggambaran semacam itu selalu dapat digunakan sebagai pedoman untuk menentukan rate dan

level. Pemodelan flow diagram tidak dapat dipisahkan dari pemodelan causal loop diagram sebagai tahap konseptualisasi sistem karena dari causal loop dapat diketahui variabel dan hubungannya, sehingga dalam pemodelan flow diagram pemodel hanya mengembangkan model dari model causal loop diagram.



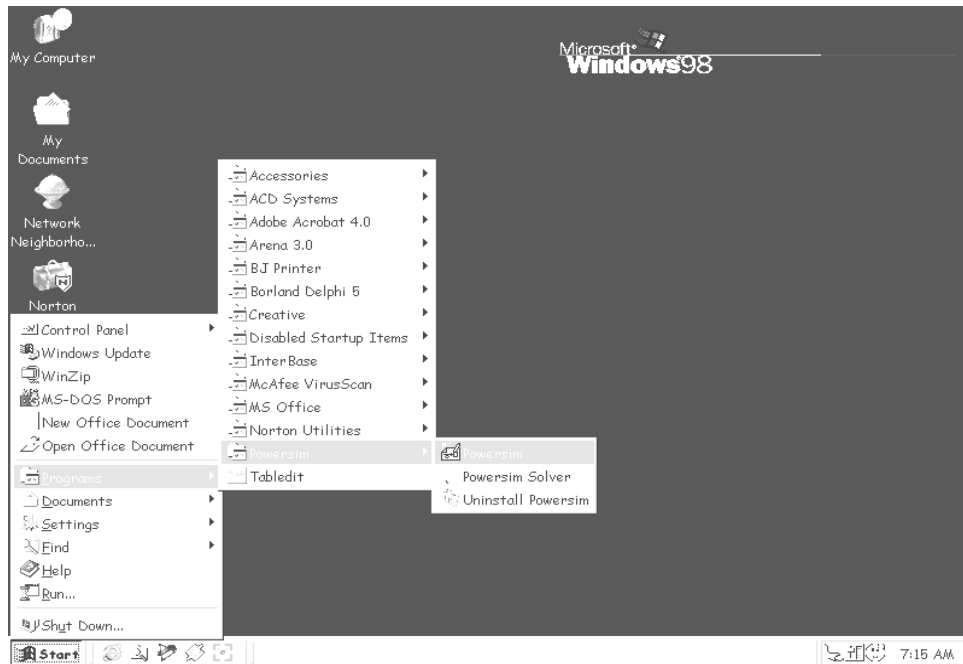
**Gambar 6.7** Contoh Pengembangan Causal Loop Diagram Ke Flow Diagram



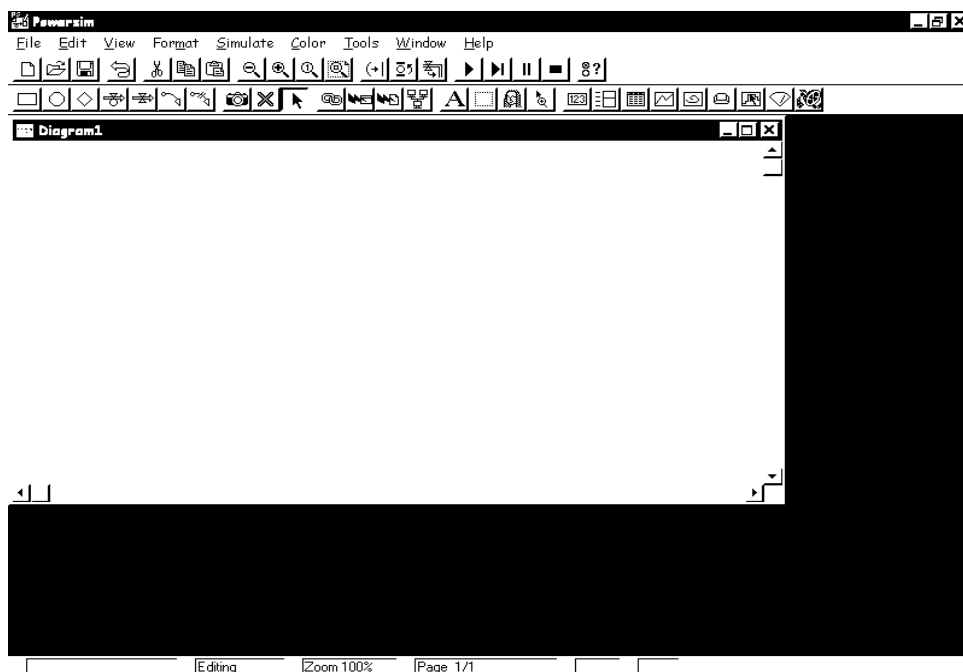
### III. PEMODELAN DENGAN POWERSIM

Sekarang akan ditunjukkan pemodelan dengan menggunakan Powesim V2.5c. Menjalankan Aplikasi Powersim

1. Pilih **Start** menu kemudian **Programs** lalu **Powersim** lalu pilih **Powersim**.



2. Kemudian akan tampil tampilan sebagai berikut :



#### IV. PENGENALAN REFERENCE GUIDE

##### □ File Menu

Menu-menu yang ada pada toolbar **File** adalah :

- New** – Membuat dokumen baru
- Open** – Membuka dokumen Powersim yang sudah ada
- Close** – Menutup semua jendela dokumen yang aktif
- Save** – Menyimpan semua perubahan dari dokumen yang aktif
- Save As** – Menyimpan dan memberi nama dokumen aktif
- Save All** – Menyimpan semua dokumen yang aktif dan mengganti dokumen
- Page Setup** – Mendefinisikan setup halaman dari dokumen yang aktif
- Print** – Mencetak jendela aktif berdasarkan parameter yang kita tentukan
- Print Setup** – mengkonfigurasi printer yang akan digunakan
- Properties** – Menampilkan property dari dokumen yang aktif
- Exit** - Keluar dari Powersim

##### □ Edit Menu

Menu-menu yang ada dalam **Edit** menu adalah :

- Undo/Redo** – Menukar kegiatan sebelumnya
- Cut** – Memindahkan bagian dan menempatkannya pada clipboard
- Copy** – Mengkopi bagian dan menempatkannya pada clipboard
- Paste** – Menempatkan isi clipboard pada diagram aktif
- Select All** – Memilih semua objek nyata dalam jendela yang aktif
- Clear** – Memindahkan objek terpilih dari diagram aktif
- Reverse Flow** – Mengembalikan arah dari aliran terpilih
- Define object** – Mendefinisikan objek terpilih
- Define Range** – Membuat atau merubah skala array
- Define Unit** – Membuat atau merubah unit variabel
- Scale** – Merubah setting skala min dan max variabel

**Rescale Now** – Merubah skala semua variabel dengan skala dinamis

**Find** – Mencari semua variabel dari diagram aktif

□ **View Menu**

Menu-menu yang terdapat dalam **View** menu adalah :

**Diagram** – Menukar ke view diagram

**Equations** – Menukar ke view equations

**Commandbar** – Tombol untuk commandbar on/off

**Toolbar** – Tombol untuk toolbar on/off

**Statusbar** – Tombol untuk statusbar on/off

**Simplified User Interface**

– Tombol untuk simplified user interface on/off

**Show What** – Menentukan tipe objek yang nampak

**Pages** – Tombol untuk batas halaman on/off

**Rulers** – Tombol rulers on/off

**Zoom** – Memperbesar atau memperkecil isi jendela aktif

□ **Format Menu**

Menu-menu yang ada dalam **Format** menu adalah :

**Align** – Mengatur garis objek terpilih secara vertical atau horizontal

**Even Spacing** – Memberi jarak dari objek atau grup terpilih

**Same Size** – Memberi objek terpilih dengan lebar atau tinggi yang sama

**Straighten** – Meluruskan link terpilih

**Rotate Name** – Memindahkan nama objek terpilih

**Move Valve** – Memindahkan katup pada aliran terpilih jika aliran kosong

**Size** – Merubah ukuran dari variabel atau tool terpilih

**Bring to Front** – Membawa objek terpilih ke depan

**Send to Back** – Membawa objek terpilih kebelakang

- Bring Forward** – Membawa objek terpilih selangkah kedepan
- Send Backward** – Membawa objek terpilih selangkah kebelakang
- Options** – Mengganti pilihan pengguna

□ **Simulate Menu #**

Menu-menu yang ada dalam **Simulate** menu adalah :

- Run** – Menjalankan simulasi
- Run Step** – Menjalankan simulasi pertahap
- Pause** – Tombol pause on/off
- Stop** – Menghentikan simulasi
- Clear Results** – Membersihkan hasil simulasi sebelumnya
- Run Setup** – Mendefinisikan parameter jalannya simulasi
- Simulation Setup** – Mendefinisikan parameter simulasi seperti (start,stop,etc)

□ **Color Menu**

Menu ini digunakan untuk mengganti warna dari objek terpilih atau background dari diagram aktif, caranya :

- Buka atau pilih model objek yang ada
- Buka **Color** menu
- Pilih warna yang diinginkan

□ **Tools Menu #**

Menu-menu yang ada dalam **Tools** menu adalah :

**a. Tool untuk membuat komponen model**

- Level tool** – Membuat level variabel baru
- Auxiliary tool** – Tool untuk membuat variabel auxiliary baru
- Constant tool** – Membuat constant baru
- Flow tool** – Membuat tool baru
- Flow-with-rate tool** – Membuat flow dengan rate baru
- Link tool** – Membuat link baru
- Delayed Link tool** – Membuat link tertunda yang baru

***b. Tool untuk mengedit model***

- Pointer tool** – Memilih pointer untuk membuat pilihan,
- Eraser tool** – Memilih tool untuk menghapus objek
- Camera tool** – Memilih tool untuk mengambil snapshot sebuah variabel

***c. Tool untuk membuat transfer objek***

- Chain tool** – Memilih tool untuk membuat rantai objek baru
- DDE tool** – Memilih tool untuk membuat objek DDE baru
- Archive tool** – Memilih tool untuk membuat objek arsip baru
- Network Game tool** – Memilih tool untuk permainan objek dalam jaringan

***d. Tool untuk membuat objek statis***

- Text tool** – Memilih tool untuk membuat objek teks
- Frame tool** – Memilih tool untuk membuat objek frame
- Picture tool** – Memilih tool untuk membuat objek/gambar
- Line tool** – Memilih tool untuk membuat objek garis

***e. Tool untuk membuat objek dinamis***

- Number tool** – Memilih tool untuk membuat sejumlah objek
- Slider/Bar tool** – Memilih tool untuk membuat objek slider/bar
- Time Table tool** – Memilih tool untuk membuat waktu objek
- Time Graph tool** – Memilih tool untuk membuat waktu grafik objek
- Scatter Graph tool** – Memilih tool untuk membuat objek sebaran grafik
- Button tool** – Memilih tool untuk membuat tombol objek
- Gauge tool** – Memilih tool untuk membuat objek terukur/gauge
- Array Graph tool** – Memilih tool untuk membuat objek array grafik
- Multimedia tool** – Memilih tool untuk membuat objek multimedia

### □ Window Menu

Menu-menu yang ada dalam Window menu adalah :


- New Window** – Membuka jendela tambahan untuk dokumen aktif
- Cascade** – Mengatur tampilan jendela dalam pola menumpuk
- Tile** – Mengatur tampilan jendela dalam pola bersisian
- Arrange Icons** – Mengatur semua tanda dalam baris
- Close All** – Menutup semua jendela Powersim
- <list of windows>** - Berisi nama jendela yang terpilih

### □ Help Menu

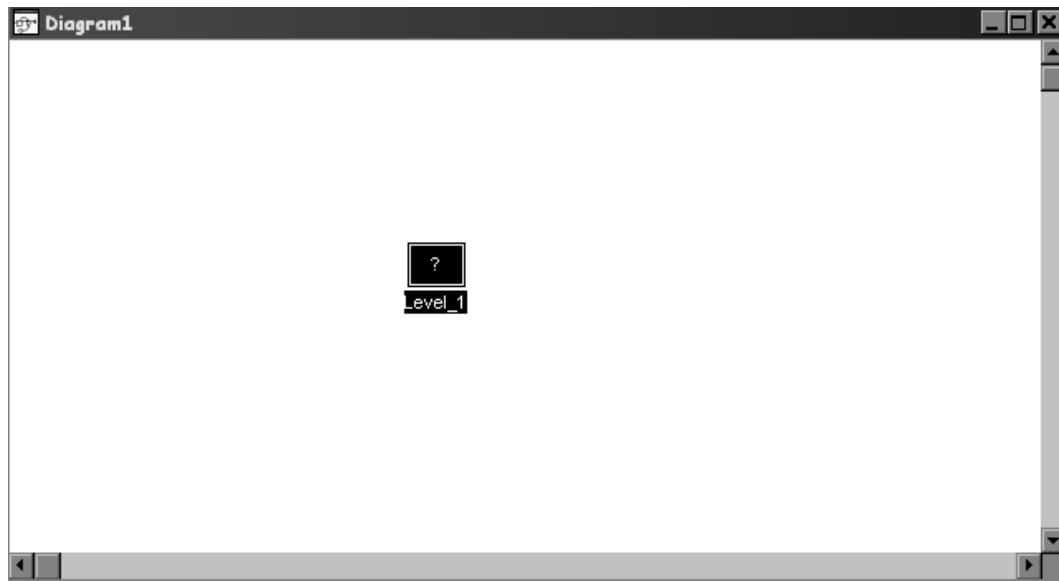
Menu-menu yang ada dalam **Help** menu adalah :

- Contents** – Menampilkan semua layar Help yang terbuka
- Getting Started** – Menampilkan layar Help dari awal
- Current Document** – Membuka help file tertentu sesuai dokumen yang aktif
- About Powersim** – Menampilkan nomor versi, hak cipta, lisensi dll

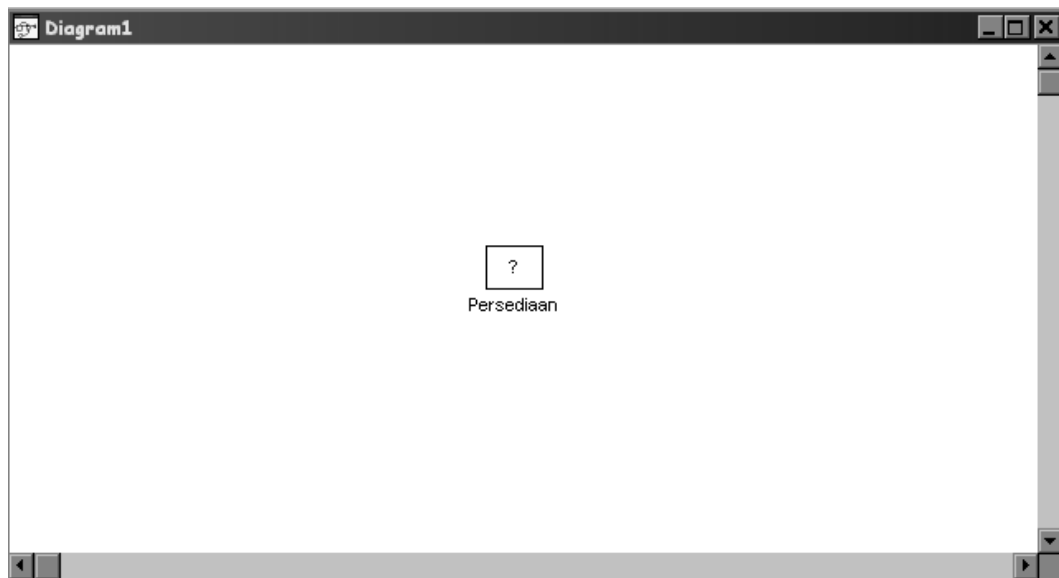
### 3. Contoh : Sistem persediaan sederhana


Klik  pada toolbar untuk merepresentasikan persediaan sebagai level sistem. Kemudian arahkan kursor ke bidang putih ditengah layar dan klik. Maka akan tampil seperti berikut :

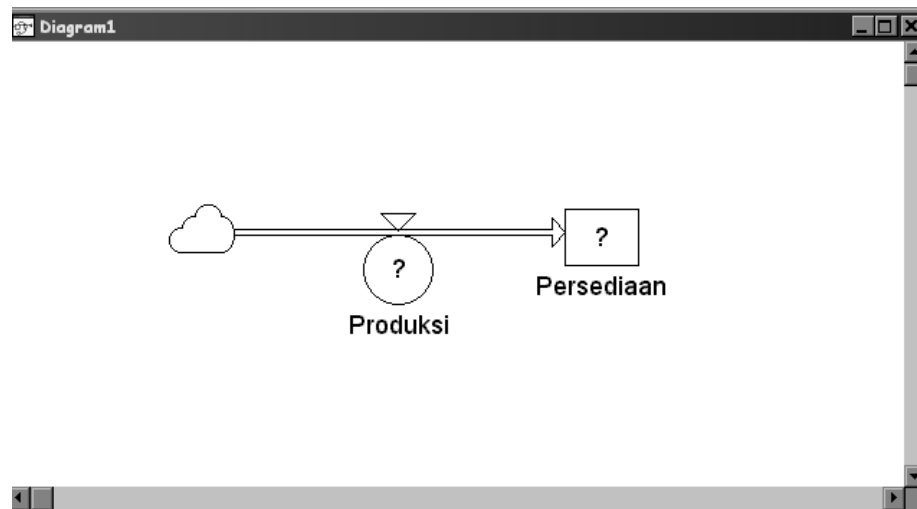




Kemudian ketikkan persediaan maka level akan menjadi :



4. Setelah menampilkan level pada bidang garap, maka langkah selanjutnya adalah menampilkan rate. Dalam hal ini yang menjadi in rate adalah produksi. Pertama klik  pada toolbar kemudian arahkan kursor pada bidang garap disamping kiri level, lalu klik dan tahan, dalam posisi menahan arahkan kursor ke level dan lepaskan setelah kursor menyentuh level. Lalu ketikkan produksi, maka akan didapat hasil sebagai berikut :

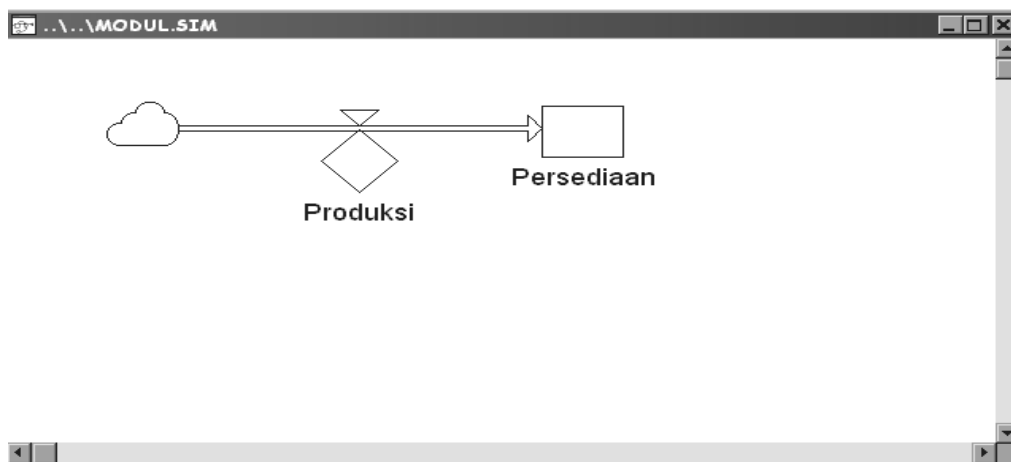


5. Setelah itu baru kita dapat mengisikan nilai dari variabel-variabel tersebut . Arahkan kursor ke level kemudian double klik. Maka akan tampil :


Isikan nilai initial pada kotak **Definition**. Sebagai contoh isikan 0 dengan satuan unit yang dketikan pada kotak **Unit of measure**. Tekan

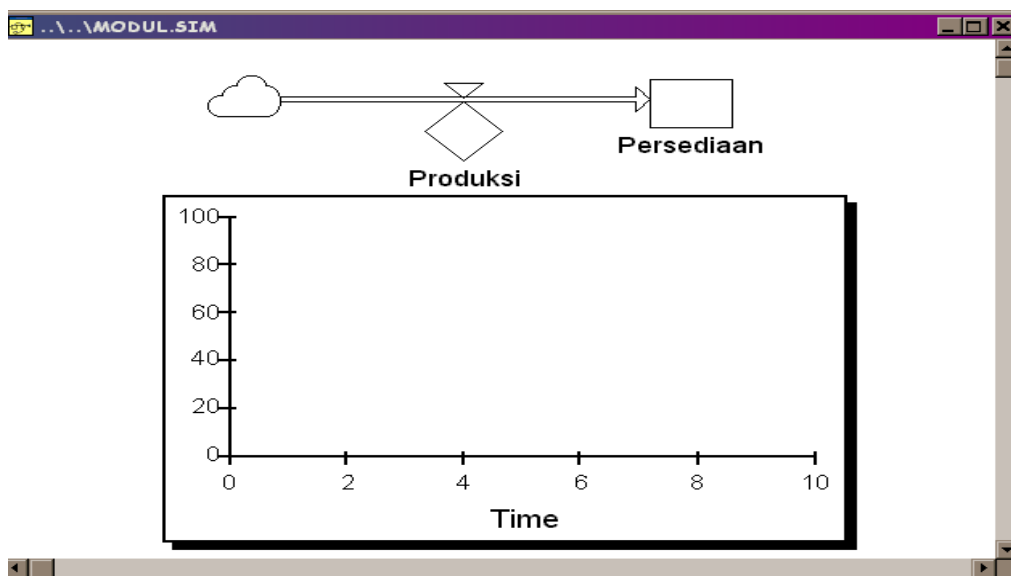
tombol Set lalu OK, maka pemodel akan keluar dari kotak dialog pengisian nilai variabel.

6. Kemudian double klik pada rate, dan isikan initial value sebanyak 100 pada kotak **D**efinition dan ketikan unit/minggu pada **U**nit of measure. **S**et kemudian OK.
7. Setelah melakukan langkah 5 dan 6, maka model akan berbentuk seperti :

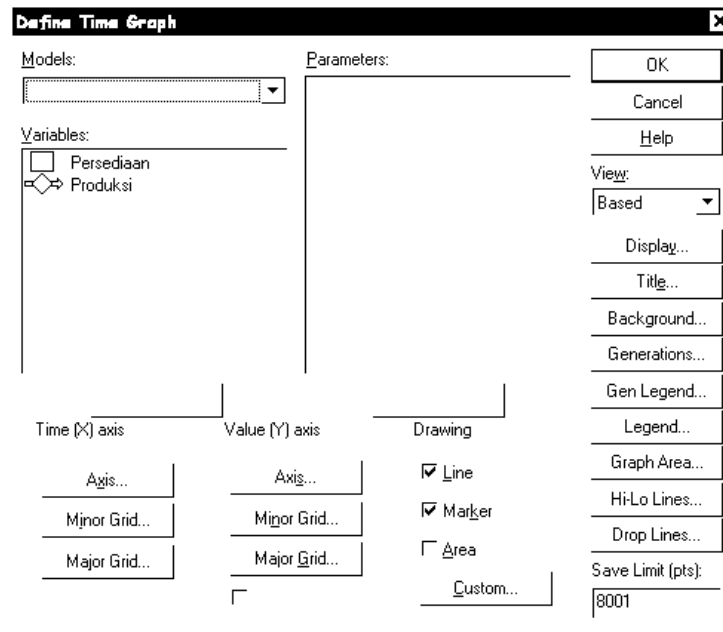


8. Langkah selanjutnya adalah memasukkan alat analisa berupa grafik.

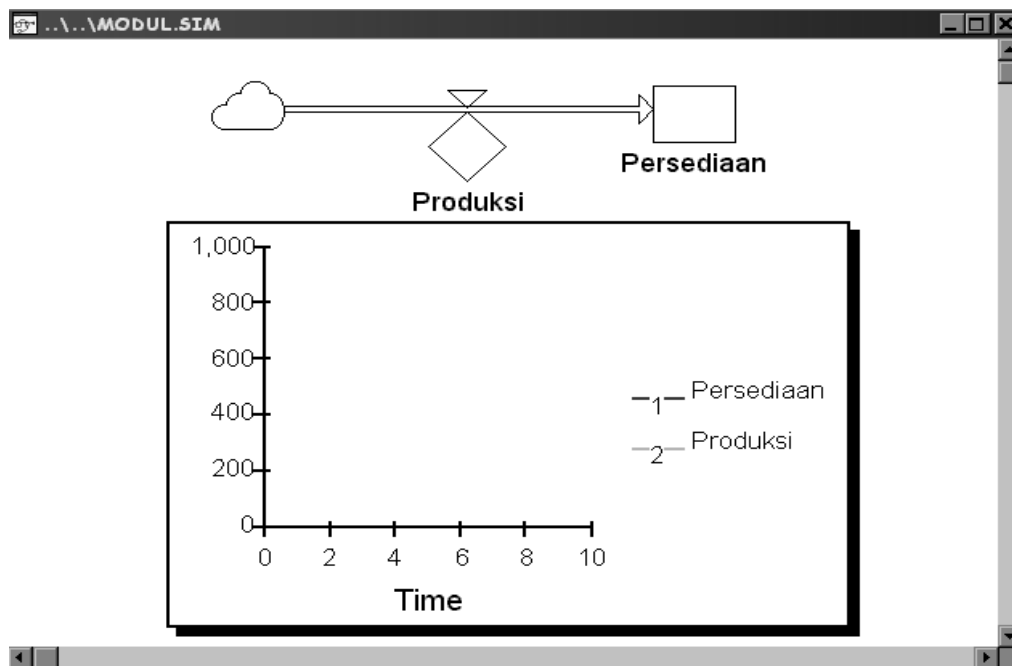
Untuk itu klik pada  di toolbar. Lalu arahkan kursor ke bidang garap yang kosong dan klik. Maka akan tampil tampilan sebagai berikut.



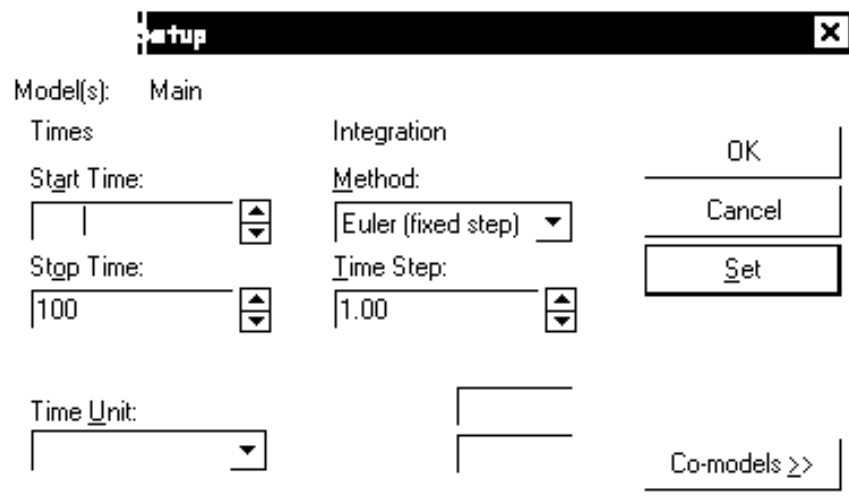
9. Kemudian kita double klik gambar grafik yang ada. Maka akan tampil kotak dialog sebagai berikut :



10. Pilih Persediaan pada kotak **Variables** lalu **Add**, kemudian pilih Produksi lalu **Add** dilanjutkan dengan **OK** maka pemodel akan keluar dari kotak dialog pengisian parameter grafik dan tampilan model akan menjadi seperti berikut :





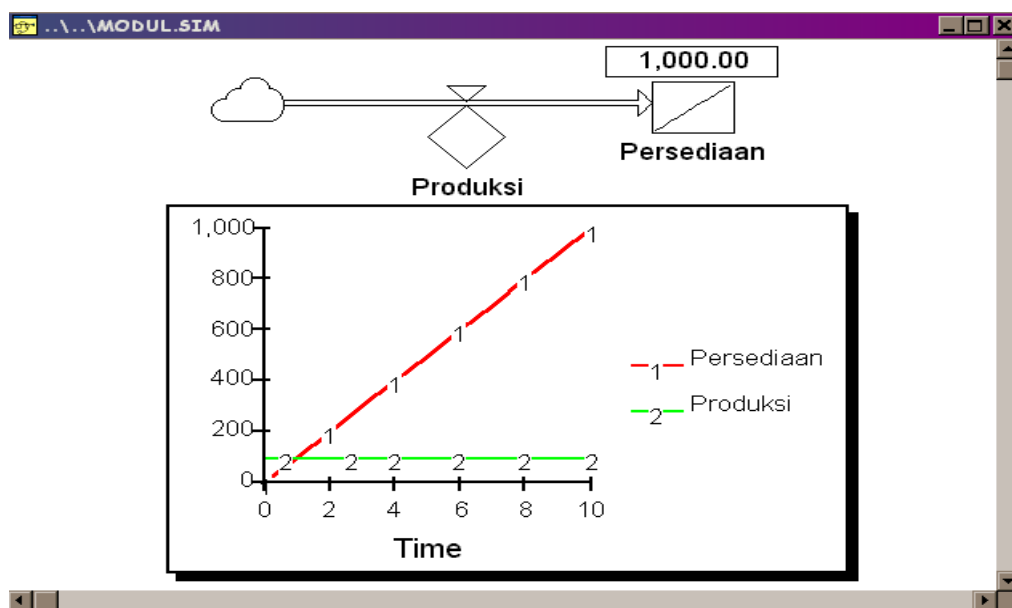
11. Langkah berikutnya adalah menset aturan simulasi. Hal ini dilakukan dengan memilih **Simulation** pada toolbar kemudian **Simulation setup**, maka akan tampil kotak dialog sebagai berikut :



Isikan 10 pada kotak **Stop Time** lalu **Set** dilanjutkan dengan **OK**.

12. Dengan demikian maka model telah siap untuk dijalankan

(disimulasikan). Langkah ini dilakukan dengan meklik  pada toolbar . Setelah simulasi selesai maka akan didapatkan hasil sebagai berikut.





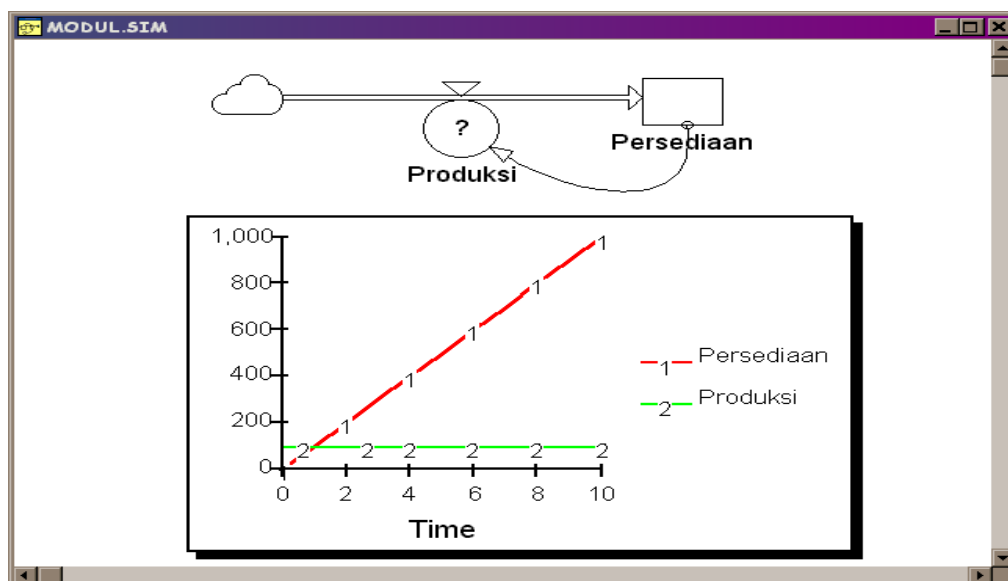
13. Dari hasil tersebut pemodel dapat melakukan analisa dengan menggunakan grafik yang merepresentasikan perilaku sistem terhadap waktu.


## V. PEMODELAN SISTEM DENGAN FEEDBACK

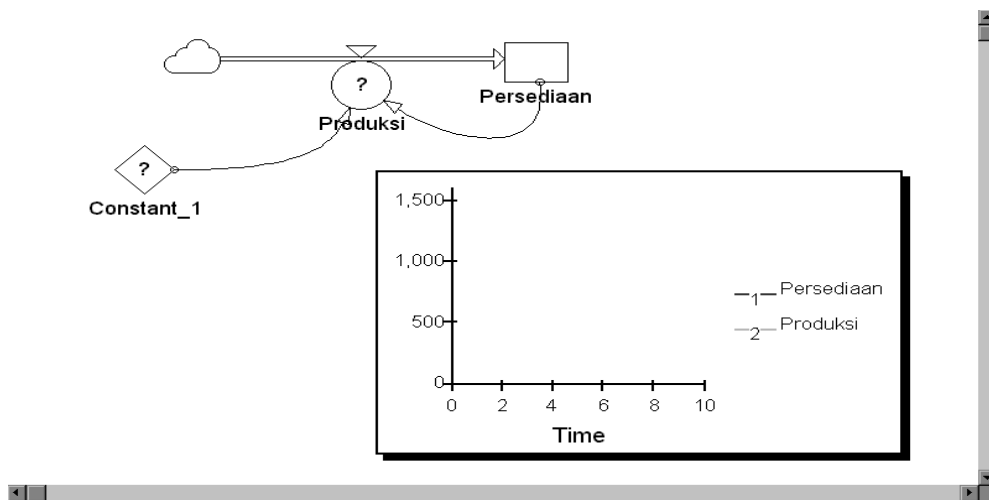
Seperti yang telah disampaikan pada modul sebelumnya, SD sangat berkaitan dengan apa yang disebut umpan balik (feedback). Misalkan, pada contoh sistem persediaan diatas, level (persediaan) akan memiliki dampak atau pengaruh kepada rate (produksi). Perilaku demikian dapat dimodelkan sebagai berikut :

1. **Perilaku sistem tersebut diatas membutuhkan pemodel untuk membuat sebuah hubungan (link) dari level menuju rate.** Hal ini


dapat dilakukan dengan menklik simbol  pada deretan simbol  lalu mengarahkan kursor ke level, klik kursor di level dan tahan. Bawa kursor menuju rate, dan lepaskan kursor apabila sudah menyentuh rate. Dengan demikian sudah terhubung antara level dengan rate, dan model akan menjadi seperti :



2. **Variabel rate melaju dengan kecepatan yang konstan.** Untuk memodelkan perilaku tersebut maka diperlukan penambahan variabel konstan yang terhubung dengan variabel rate. Klik ikon  kemudian arahkan kursor kebidang garap lalu klik. Langkah tersebut diteruskan dengan menghubungkan konstan dengan rate (menggunakan link). Maka model akan menjadi seperti berikut :



3. **Definisikan konstan sebagai laju\_produksi dan isikan nilainya dengan 0.1 (10%).** Dan dengan satuan unit/minggu :

Variable	
Variable:	<input type="checkbox"/> Selected Only      Unit of Measure:
 Laju_Produksi	unit/minggu
Dimensions:	
Definition:	
Documentation:	
Linked Variables:	Functions:
	ABS ABSC ADD ADDRC ADDRC
OK	Cancel      Locate      Graph...      More >>

4. Kemudian definisikan ulang nilai rate sebagai  $100 + (\text{Laju\_Produksi} * \text{Persediaan})$  maka model akan menjadi seperti berikut :

**Define Variable**

Variable:  Selected Only Unit of Measure: unit/minggu

Dimensions:

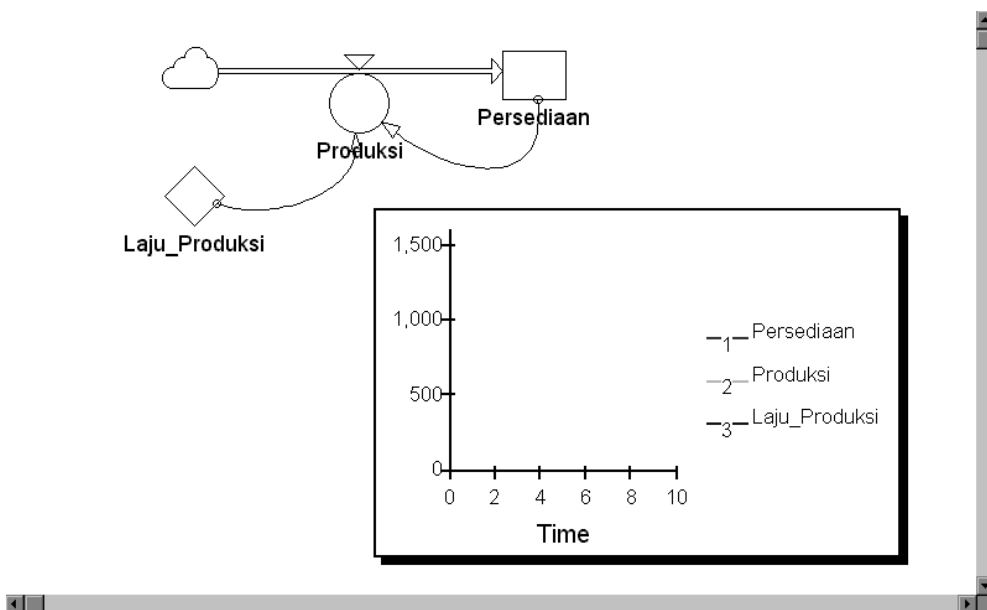
Definition:  $100 + (\text{Laju\_Produksi} * \text{Persediaan})$

Documentation:

Linked Variables:  Persediaan  Laju\_Produksi

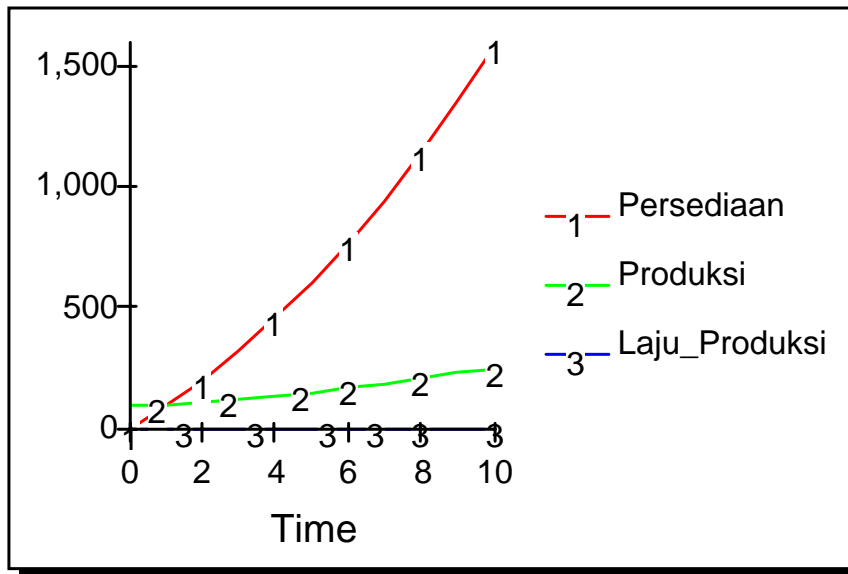
Functions: ABS, ABSC, ADD, ADDCR, ADDRC

OK Cancel Set Logate Graph... More >>



5. Setelah selesai maka simulasi dapat dijalankan. Setelah menjalankan simulasi maka akan didapatkan hasil seperti berikut :





6. Dengan demikian model dapat dianalisa dan dicari alternatif pemecahan masalahnya.

## **BAB. VII**

# **BANGUN MODEL SISTEM DINAMIS DAN NOTASI YANG DIGUNAKAN**

### **TUJUAN INSTRUKSIONAL KHUSUS**

Memberikan Pemahaman tentang stuktur model simulasi sistem dinamis dan notasi yang digunakan

### **MATERI**

- Causal Loop Negatif
- Causal Loop Positif
- Flow Diagram
- Variabel Rate, Level, dan auxiliary
- Contoh sederhana

### **I.PENGANTAR**

Setelah melakukan pengidentifikasian masalah dan menentukan variabel-variabel yang signifikan, selanjutnya kita dapat menyelidiki interelasi antar variabel tersebut. Untuk mendapatkan struktur umpan balik, maka kita mencari hubungan sebab akibat antar variabel tersebut sampai terbentuk sengkeliit umpan balik. Diagram yang dipergunakan untuk mempresentasikan struktur sengkeliit umpan balik ini adalah diagram sengkeliit sebab akibat (causal loop diagram). Selanjutnya diagram ini akan digunakan sebagai dasar penyusunan diagram air atau diagram rate/level. Bentuk model Sistem Dinamis yang merepresentasikan struktur sengkeliit umpan balik adalah diagram sengkeliit sebab-akibat atau yang biasa dikenal dengan **Causal Loop Diagram** . Diagram ini menunjukkan arah aliran perubahan variabel dan polaritasnya. Polaritas aliran sebagaimana diungkapkan di atas dibagi menjadi positif dan negatif. Bentuk diagram lain yang juga menggambarkan struktur model sistem dinamis adalah Diagram Aliran atau **Flow Diagram**. Diagram aliran

merepresentasikan hubungan antar variabel yang telah dibuat dalam diagram sebab-akibat dengan lebih jelas, dengan menggunakan berbagai simbol tertentu untuk berbagai variabel yang terlibat.

**Variabel Level** atau Variabel *State* menggambarkan suatu kondisi sistem pada setiap saat. Variabel ini dinyatakan dengan sebuah besaran kuantitas terakumulasi sebagai akibat aktivitas aliran sepanjang waktu.

**Variabel Rate** menggambarkan suatu aktivitas, pergerakan (movement), dan aliran yang berkontribusi terhadap perubahan per satuan waktu dalam suatu level yang dinyatakan dalam suatu besaran laju perubahan.

**Variabel Auxilliary** merupakan variabel tambahan untuk menyederhanakan hubungan informasi antara level dan rate. Variabel ini dinyatakan dalam persamaan matematik yang pada dasarnya merupakan bagian dari persamaan rate.

**Variabel eksogen** merupakan pernyataan dari variabel luar sistem yang mempengaruhi sistem. Variabel ini dinyatakan dalam bentuk fungsi dari waktu.

**Parameter** atau konstanta merupakan input informasi untuk rate secara langsung maupun melalui variabel auxilliary. Parameter dinyatakan dalam persamaan parameter dan nilainya dapat diubah dalam periode simulasi lainnya sesuai dengan skenario eksperimen.

**Sumber** (source) menyatakan asal aliran yang harganya tidak berpengaruh terhadap sistem dan endapan (sink) menyatakan tujuan dari suatu aliran yang tidak mempengaruhi sistem.

## 2. CAUSAL LOOP DIAGRAM

Causal loop diagram (Diagram Sebab Akibat) atau disebut juga influence diagram, digunakan untuk membantu pemodel memahami sistem dengan memberikan gambaran umum melalui hubungan sebab dan akibat dalam sistem tersebut. Dengan menggunakan Causal Loop Diagram pemodel dapat dengan cepat menyusun struktur model berdasarkan asumsi-asumsi yang digunakan.

Causal Loop Diagram menggambarkan bagaimana sebuah sistem bekerja. Dalam memodelkan sistem dengan Causal Loop Diagram ada beberapa hal yang perlu diperhatikan. Causal Loop Diagram berkaitan erat dengan konsep feedback (umpan balik) dalam sebuah sistem, oleh karena itu perlu dijelaskan hierarki konsep feedback tersebut.

### Variabel

Hal pertama yang harus ditentukan adalah variabel dari sistem yang akan kita modelkan. Variabel merupakan tingkatan terendah dalam hierarki konsep umpan balik (feedback). Pada tingkatan ini perlu ditentukan variabel yang berpengaruh secara signifikan pada sistem nyata. Perlu diingat bahwa kesalahan terbesar daari memodelkan sebuah sistem adalah menentukan variabel yang tidak sesuai dengan tujuan pemodelan. Hal ini berlaku relatif pada setiap pemodel, variabel yang dianggap penting bagi seorang pemodel belum dapat dikatakan benar oleh pemodel yang lain.

Variabel yang ditentukan dapat berupa keputusan yang diambil atau efek dari keputusan tersebut.

Contoh variabel : *Inventory, Pengiriman, Gaji Karyawan, tingkat Penjualan dan lain sebagainya.*

### Hubungan Kausal

Setelah menetapkan variabel yang digunakan, langkah selanjutnya adalah menentukan hubungan yang terjadi antar variabel. Penentuan ini dapat dilakukan dengan memberikan anak panah pada variabel sebab ke variabel akibat. Arah anak panah tersebut menggambarkan hubungan sebab dan akibat pada 2 variabel.

**Variabel Sebab**  $\longrightarrow$  **Variabel Akibat**

Sebagai contoh, *jumlah permintaan akan mempengaruhi persediaan, jumlah karyawan akan mempengaruhi biaya tenaga kerja, promosi mempengaruhi penjualan.*

**Permintaan**  $\longrightarrow$  **Persediaan**

**Jumlah Karyawan**  $\longrightarrow$  **Biaya Tenaga Kerja**

Setelah menentukan arah sebab dan akibat, langkah selanjutnya adalah menentukan efek yang diakibatkan apabila nilai variabel tersebut berubah. Ada 2 macam hubungan yang dikenal dalam langkah ini yaitu :

- Hubungan Positif, dinyatakan dengan tanda positif pada variabel akibat. Hubungan ini menyatakan kedua variabel adalah berbanding lurus. Perubahan yang terjadi pada variabel sebab akan membawa perubahan pada variabel akibat dengan arah yang sama.

Sebagai Contoh : Bila jumlah karyawan semakin bertambah maka biaya tenaga kerja yang dikeluarkan perusahaan akan bertambah pula demikian juga sebaliknya, bila jumlah karyawan berkurang maka biaya tenaga kerja juga akan berkurang.

**Jumlah Karyawan**  $\xrightarrow{+}$  **Biaya Tenaga Kerja**

- Hubungan Negatif, berlawanan dengan hubungan positif, hubungan negatif memiliki efek yang berlawanan, atau dengan kata lain kedua variabel yang berhubungan adalah berbanding terbalik. Bila nilai pada variabel sebab berubah, maka variabel akibat akan berubah dengan arah yang berlawanan.

Sebagai Contoh : Jumlah permintaan akan menyebabkan jumlah inventory yang ada berubah dengan arah yang berlawanan. Apabila jumlah permintaan meningkat, maka jumlah inventori akan berkurang, demikian pula sebaliknya bila jumlah permintaan berkurang maka akan menyebabkan jumlah inventory bertambah.

**Permintaan**  $\xrightarrow{-}$  **Persediaan**

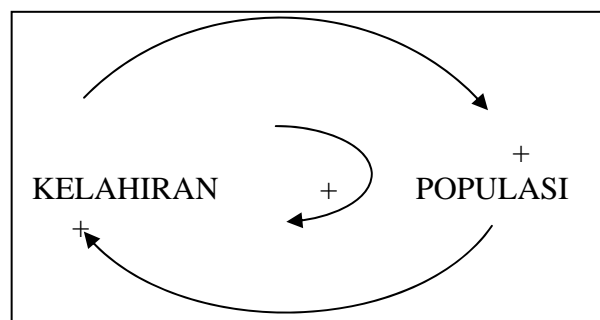
### 3. FLOW DIAGRAM

- Tujuan utama dari flow diagram adalah untuk merepresentasikan struktur aliran Membedakan antara subsistem fisik dan subsistem informasi
- Membedakan antara tipe-tipe variable
- Mempunyai korespondensi satu-satu dengan persamaan matematis
- Menunjukkan berbagai delay/penundaan dalam system
- Menunjukkan rata-rata/pemulusan dari variable
- Menunjukkan secara jelas fungsi-fungsi khusus yang digunakan dalam rumus persamaan matematis
- Membedakan symbol dalam tiap variable yang berbeda

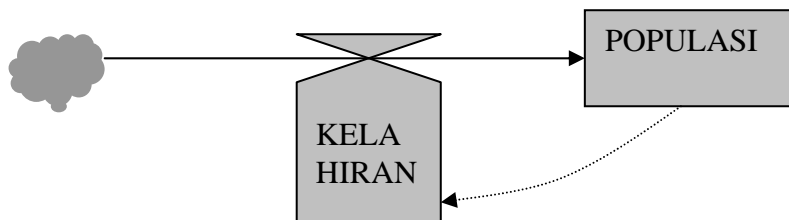
system diterjemahkan dalam bentuk yang detail agar dapat memfasilitasi pembangunan model matematisnya. Diagram ini adalah yang lebih detail dari diagram yang ada dan dapat mengatasi hambatan diagram yang ada. Diagram ini dapat membedakan informasi fisik dari subsistem dan dapat mengklasifikasikan semua jenis variable dan fungsi.

Selain itu flow diagram juga menjadi alat yang utama dalam merepresentasikan struktur umpan balik/feed-back dalam segi fisik dan aliran informasi dan barang. Menurut *Salient* flow diagram mempunyai karakteristik sebagai berikut:

#### 4. BERPINDAH DARI CAUSAL LOOPS KE FLOW DIAGRAM



Bentuk flow diagramnya adalah :



Untuk berpindah dari causal loop diagram ke dalam flow diagram memerlukan beberapa tambahan symbol. Gambar diatas merupakan salah satu contoh sederhananya. Level dari contoh diatas adalah populasi dan diindikasikan oleh persegi panjang dan kelahiran di golongan kepada rate dan diindikasikan dengan symbol katup. Link positif dari kelahiran ke populasi dalam causal-loop diagram digambarkan dalam flow diagram sebagai aliran dari kelahiran ke populasi. Arah dari panah dalam causal-loop diagram menunjukkan bahwa kelahiran bersifat menambah (+) pada populasi. Link positif dari populasi pada causal loop diagram ditunjukkan

dengan garis putus-putus yang menunjukkan bahwa banyaknya populasi dipengaruhi oleh tingkat kelahiran.

Symbol awan yang ada pada ujung panah mewakili “sumber” penduduk. Sumber ini mewakili level dan rate system yang berada diluar lingkaran atau cakupan model.

Flow diagram lebih detail dalam menunjukkan umpan balik positif daripada causal-loop diagram. Diagram ini mengidentifikasi populasi sebagai jumlah yang semakin bertambah banyak dan menunjukkan bahwa kelahiran sebagai jumlah yang mempengaruhi bagaimana cepatnya sebuah populasi bertambah.

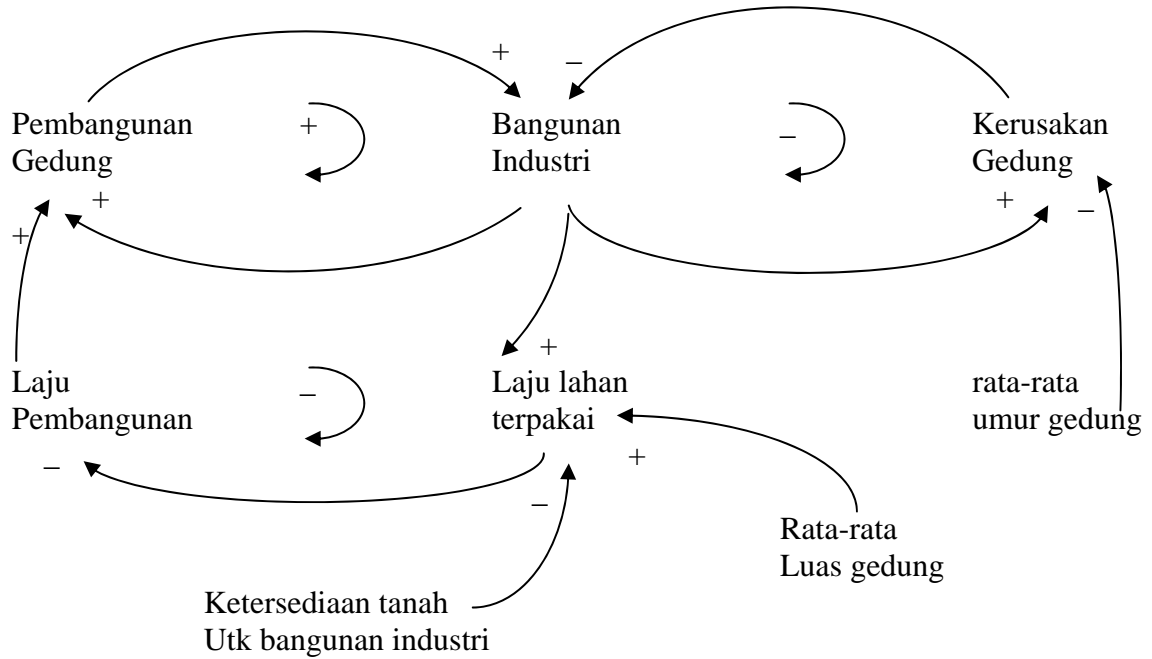
### **Contoh Kasus : Konstruksi Bangunan**

Adanya pembangunan lokasi industri yang menempati areal bersama sangat menarik para pelaku bisnis untuk melakukan investasi. Untuk melakukan investasi atau melakukan pembangunan industri baru para manajer dihadapkan pada posisi sulit dimana harga tanah dan bahan baku bangunan yang berasal dari sumber daya alam, harganya semakin meningkat dan semakin terbatas. Dalam membantu para manajer dalam melakukan analisis investasi dalam konstruksi bangunan berikut, perlu diidentifikasi beberapa variable-variabel dari suatu system konstruksi bangunan. Antara lain :

- Pembangunan gedung
- Bangunan indsutri
- Kerusakan bangunan
- Laju lahan terpakai
- Laju kosntruksi
- Ketersediaan lahan untuk bangunan industri
- Rata-rata luas gedung

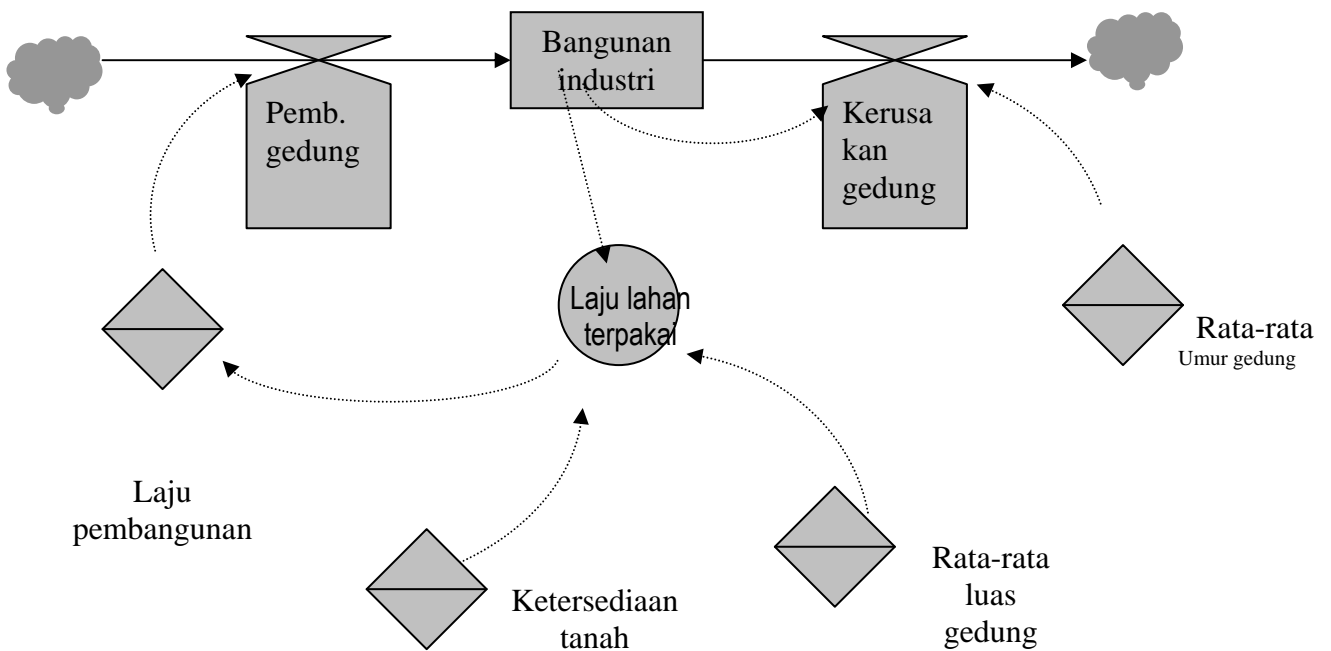


Bentuk Causal Loop diagram



Bentuk Causal Loop Diagram dari sistem Laju pertumbuhan bangunan.

bentuk Flow diagramnya :



## 5. PERSAMAAN PERSAMAAN VARIABEL

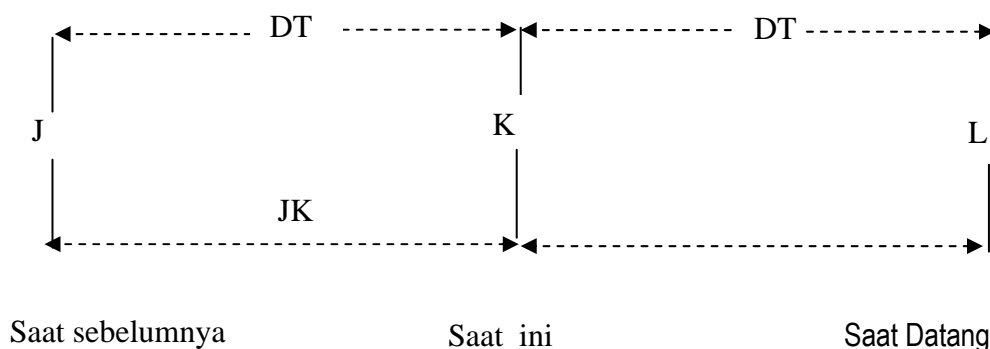
Dynamo adalah bahasa simulasi komputer yang khusus dirancang untuk sistem dinamik. DYNAMO merupakan singkatan dari “dynamik modelling” yang menunjukkan bahwa sistem nyata dapat dimodelkan agar perilaku dinamisnya sepanjang waktu dapat disimulasikan dengan komputer. Persamaan – persamaan model yang disusun berdasarkan format bahasa DYNAMO tersebut diterjemahkan dalam sebuah perangkat lunak POWERSIM ver 2.5.

Berikut ini akan diuraikan pokok-pokok mengenai format bahasa DYNAMO, yang meliputi selang waktu simulasi, persamaan level, rate, auxilliary, tabel dan fungsi-fungsi khusus.

### Selang Waktu Simulasi

Dalam proses simulasi, perhitungan persamaan dilakukan setahap-demi setahap terhadap waktu. Pertambahan waktu yang kontinyu, dipecah-pecah menjadi interval pendek yang sama besar, yaitu DT. Persamaan-persamaan sistem mempunyai urutan penyelesaian tertentu berdasarkan urutan waktu pada variabelnya yang ditandai dengan simbol huruf J,K,L JK, KL. Simbol tersebut diberikan di belakang variabel-variabel persamaan.

Dalam DYNAMO semua kuantitas yang muncul bisa digolongkan menjadi dua, yaitu konstanta yang nialinya tetap, sepanjang variabel mempunyai simbol waktu, sedangkan konstanta tidak. Konversi untuk simbol tersebut bisa dilihat di bawah ini :



Pencantuman simbol tersebut berdasarkan urutan waktu pengerjaan variabel, sedangkan arti simbol tersebut :

K : untuk menyatakan nilai variabel saat ini, yaitu saat dimana perhitungan simulasi sedang dilakukan.

J : untuk menyatakan nilai variabel saat yang akan datang, yaitu saat suatu interval waktu DT sesudah saat K.

JK : untuk menyatakan harga variabel selama interval waktu dari saat K sampai saat L.

Simbol waktu untuk variabel Level dan Auxilliary adalah J,k<dan L. sedangkan untuk variabel Rate adalah JK ata KL.

### **Persamaan Konstanta**

Suatu konstanta mempunyai nilai yang tetap sepanjang periode simulasi, sehingga tidak diperlukan simbol waktu. contoh persamaan konstanta :

### **Persamaan Level**

Variabel level mempunyai ciri sepanjang waktu mengakumulasikan aliran yang keluar dan masuk ke dalamnya. Nilai level saat sekarang tergantung pada nilai level saat sebelumnya. Nilai level tergantung pada rate yang keluar dan masuk ke dalamnya serta selang waktu terjadinya aliran.

Bentuk persamaan level adalah :

$$L \text{ LEVEL. } K = \text{LEVEL. } J + DT * (\text{RATE 1. JK} - \text{RATE2. JK})$$

Dimana :

LEVEL K : level pada saat K (unit)

LEVEL.J : level pada saat J (unit)

DT : selang waktu perhitungan (satuan waktu)

RATE1.JK : Rate yang masuk ke level selama selang JK (unit/satuan waktu)

RATE2.JK : rate yang keluar dari level L selama selang JK (unit./satuan waktu)

### Persamaan Rate

Variabel rate menunjukkan aliran yang keluar dan masuk ke dalam level, dan dihitung dalam persamaan rate. Diasumsikan bahwa rate besarnya konstan sepanjang selang waktu DT. Ini merupakan pendekatan dari keadaan sebenarnya dimana rate berubah terhadap waktu secara kontinyu. Persamaan rate dapat berbentuk :

$$R \text{ RATE.KL} = \text{KONSTANTA} * \text{LEVEL.K} \text{ atau } \text{LEVEL.K}/\text{KONSTANTA}$$

$$R. \text{ RATE.KL} = (\text{LEVEL1.K} - \text{LEVEL2.K})/\text{KONSTANTA}$$

$$R. \text{ RATE.KL} = \text{AUX.K} * \text{LEVEL.K} \text{ atau } \text{LEVEL.K}/\text{AUX.K}$$

$$R. \text{ RATE.KL} = \text{LEVEL1.K} + \text{LEVEL2.K}$$

### Persamaan Auxilliary

Seringkali dirasakan sulit untuk menuliskan persamaan rate untuk suatu level tanpa lebih dahulu mengadakan penyederhanaan bentuk aljabar persamaan rate tersebut. Maka persamaan aljabar tersebut “disimpan” dahulu dalam persamaan auxilliary untuk penyederhanaan. Harga variabel auxilliary dihitung pada saat K, setelah perhitungan level dan sebelum perhitungan rate. Bentuk persamaan auxilliary adalah sebagai berikut :

$$A. \text{ AUX.K} = \text{LEVEL.K} * \text{KONSTANTA}$$

$$B. \text{ AUX.K} = \text{KONSTANTA} + \text{LEVELK}$$

$$C. \text{ AUX.K} = (\text{LEVEL1.K} - \text{LEVEL2.K}) / \text{LEVEL3.K}$$

Kita bisa mengganti variabel level pada persamaan diatas dengan variabel auxillairy atau variabel rate.

### Persamaan Kondisi Mula

Persamaan ini berfungsi untuk memberikan harga awal, pada variabel level pada saat permulaan simulasi. Semua variabel level harus mempunyai harga awal, sehingga kita perlu membuat persamaan kondisi mula setiap kita mendefinisikan variabel level. Variabel pada persamaan kondisi mula ini tidak mempunyai simbol waktu karena hanya dipergunakan pada permulaan saja. Contoh persamaan kondisi mula :

$$L. LEVEL.K = LEVEL.J + (DT) * (RATE1. JK - RATE2.JK)$$

$$N.LEVEL = 1000$$

Dimana 1000 menunjukkan harga awal variabel level.

### **Persamaan Fungsi-fungsi Khusus**

Tungsi-fungsi khusus digunakan untuk membantu menjelaskan proses yang terjadi pada sistem nyata yang tidakdiuraikan secara rinci dalam model.

Ada lima macam fungsi yang dimiliki oleh DYNAMO, yaitu fungsi delay, fungsi tabel, fungsi logika, fungsi matematika, fungsi test masukan. Tiap jenis fungsi tadi masih terdiri lagi dari beberapa fungsi tertentu yang akan diuraikan di bawah ini.

#### ***a. Fungsi Delay***

Delay merupaka penundaan atau hambatan waktu yang terjadi pada aliran informasi atau aliran fisik. Delay ini mengakibatkan aliran keluar level hanya dipengaruhi oleh harga level itu sendiri. Fungsi delay sebenarnya merupakan serangkaian persamaan level, auxillary, dan rate yang digabungkan. MICRODYNAMO mempunyai lima fungsi delay, yaitu DELAY1, DELAY3, dan DELAYP untuk aliran fisik, serta SMOOTH dan DLINF3 untuk aliran informasi.

#### **DELAY1**

Delay 1 merupakan aliran dari suatu sengkaliit umpan balik orde satu untuk menghasilkan delay eksponensial orde satu pemindahan suatu kuantitas dari masukan ke keluaran.

Bentuk persamaannya dituliskan sebagai berikut :

$$R RATEO.KL = DELAY1 (RATE1.KL, DEL)$$

Dimana :

RATEO.KL = rate keluaran setelah delay

RATE1.KL = rate masukan ke dalam delay

DEL = waktu delay antara RATE1 dan RATEO

**DELAY3**

DELAY3 merupakan aliran dari tiga sengkaliit umpan balik orde tiga untuk menghasilkan delay eksponensial orde tiga pemindahan suatu kuantitas dari masukan ke keluaran. Bentuk persamaannya dituliskan sebagai berikut :

$$R. \text{RATEO.KL} = \text{DELAY3} (\text{RATE1.KL}, \text{DEL})$$

Di dalam fungsi ini terdapat tiga level internal (masing-masing seperti pada DELAY1), dan tiga rate internal yang besarnya masing-masing adalah : $\text{LEVEL/DEL/3}$ )

**DELAYP**

Fungsi DELAYP adalah perluasan fungsi DELAY3 yang memungkinkan kita bisa mengetahui akumulasi tiga level internal yang terdapat di dalam DELAY3. Bentuk persamaannya :

$$R \text{ RATEO.KL} = \text{DELAYP} (\text{RATE1.JK}, \text{DEL}, \text{LEVEL.K})$$

Simbol yang digunakan untuk fungsi DELAY adalah :

	D	
	E	
Rate masukan	L	Rate keluaran
	A	
Waktu delay	Y	

*simbol fungsi DELAY untuk aliran fisik.*

**SMOOTH**

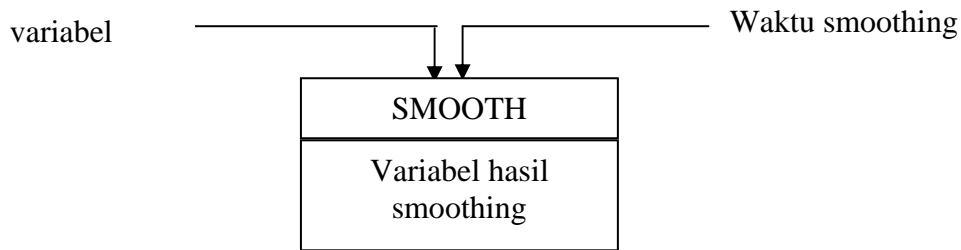
SMOOTH merupakan delay informasi orde satu yang digunakan untuk merata-ratakan suatu variabel. Variabel yang diratakan bisa berbentuk level, rate, atau auxilliary. Bentuk persamaannya adalah :

$$A \text{ SVAR.K} = \text{SMOOTH} (\text{VAR.K}, \text{STIME})$$

Dimana : SVAR.K : variabel hasil rata-rata

STIME : waktu untuk merata-ratakan

VAR : variabel yang dirata-ratakan

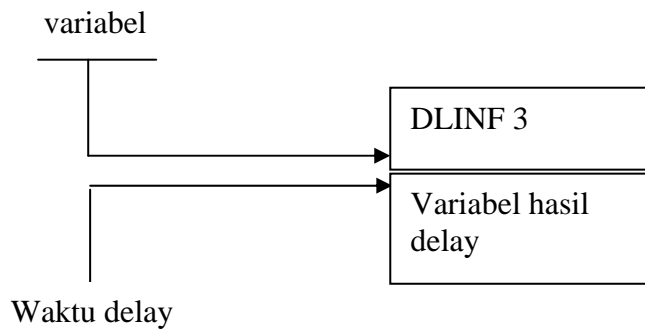


**DLINF3**

DLINF3 merupakan delay informasi orde 3. Yang merupakan gabungan dari tiga buah SMOTHING. Bentuk persamaannya adalah :

A.  $SV3.K = DLINF3 (VAR.K , STIME)$

Simbol untuk DLINF3 :



*Fungsi DLINF3.*

**b. Fungsi Tabel**

Fungsi tabel menyatakan hubungan antara dua variabel. Fungsi ini dinyatakan oleh suatu tabel yang menunjukkan pengaruh suatu variabel terhadap variabel lainnya. Ada tiga macam fungsi tabel, yaitu TABLE, TABHL, dan TABXT.

Bentuk persamaannya adalah :

A.  $TOUT.K \text{ TABLE } (TNAMA, INPUT.K, MIN, MAX, INCR )$

T.  $TNAMA = Y1/Y2/Y3/...../Yn$

Dimana :

TOUT.K : variabel output yang nilai-nilainya tergantung pada variabel input dan terletak pada sumbu Y tabel.

TNAMA : nama tabel

INPUT.K: variabel input, nilainya terletak pada sumbu X tabel.

MIN : nilai terkecil input

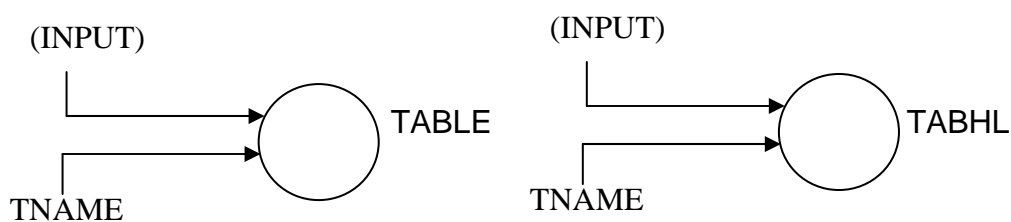
MAX : nilai terbesar input

INCR : Interval tiap nilai INPUT dari MIN sampai MAX

Y1 sd Yn : nilai variabel TOUTH.

Persamaan diatas adalah fungsi TABLE. Untuk fungsi TABHL, kita tinggal mengganti TABLE dengan TABHL. Perbedaan keduanya adalah dalam menangani harga variabel input (INPUT.K) yang lebih besar dari MAX dan lebih kecil dari MIN. Pada TABLE, nilai yang diambil adalah nilai paling kecil dan nilai paling besarnya saja. Sedangkan pada TABHL, nilai-nilai tersebut diinterpolasikan juga. Dan pada TABXT nilai tersebut diextrapolasikan.

Simbol fungsi table :



: Fungsi TABLE dan TABHL

### c. Fungsi Logika

Fungsi ini berkaitan dengan pemilihan sesuatu berdasarkan persyaratan tertentu. Ada empat macam fungsi , yaitu MAX, MIN, CLIP, dan SWITCH.

#### **MAX**

Fungsi ini dipakai untuk memilih nilai yang lebih besar diantara dua nilai input. Bentuknya adalah :

MAX (P . Q) dimana MAX = P jika P >Q

MAX = Q jika F < Q



**MIN**

Fungsi ini akan dipakai untuk memilih yang terkecil diantara dua input.

Bentuknya adalah :

MIN (P,Q ) dimana MIN = P jika  $P < Q$

MIN = Q jika  $P > Q$

**CLIP**

Fungsi ini melakukan pemilihan antara dua kuantitas, P dan Q berdasarkan nilai relatif dua kuantitas, R dan S. Bentuknya adalah :

CLIP (P,Q,R,S ) dimana CLIP =P jika  $R \geq S$

CLIP = Q jika  $R < S$

**SWITCH**

Fungsi ini melakukan pilihan antarav dua kuantitasberdasarkan kriteria nol dan tidak nol. Bentuk fungsinya adalah :

SWITCH (P,Q,R) dimana SWITCH = P jika  $R = 0$

SWITCH = Q jika  $R < > 0$

Simbol keempat fungsi tersebut adalah :

**d. Fungsi Matematika**

*Fungsi ini merupakan fungsi - fungsi matematik yang built in pada DYNAMO. Terdiri dari fungsi COS, SIN, EXPN, LOGN, dan SQRT. Bentuk masing – masing adalah :*

COS (X) merupakan cosinus X

SIN (X) merupakan sinus X

EXPN (X) merupakan e ( 2, 718...) pangkat X

LOGN (X) merupakan logaritma natural X

SQRT (X) merupakan akar positif X

**e. Fungsi Test Input**

Fungsi ini digunakan untuk mendapatkan informasi tentang perilaku model akibat munculnya berbagai macam gangguan. Ada lima macam fungsi

yang tersedia dalam DYNAMO, yaitu STEP, RAMP, PULSE, SIN, dan NOISE.

- fungsi STEP

Fungsi ini dipakai untuk mengubah kuantitas dengan cepat dan mendadak pada waktu – waktu tertentu. Bentuknya adalah : STEP (A,B) dimana

A : kemiringan fungsi linier

B : waktu mulainya fungsi RAMP. Sebelum TIME B, nilai RAMP = 0 dan

setelah TIME B, harga RAMP adalah =  $A * (TIME.K - B)$

- Fungsi PULSE

Fungsi ini memberikan kejutan – kejutan terbatas pada model. Digunakan untuk memberikan perubahan terbatas pada variabel, dan mengembalikannya pada nilai semula setelah perubahan dilaksanakan. Bentuknya adalah :

PULSE (A, B, C)

Dimana A : tinggi pulse

B : waktu terjadinya pulse pertama

C : interval waktu antara pulse yang berurutan

- Fungsi SINUS

Fungsi ini dipakai untuk mengetahui tanggapan model terhadap suatu variabel yang berosilasi (sinusoida). Sudut sinusnya dinyatakan dalam radian. Bentuk fungsinya adalah :

$A * SIN (6.283 * TIME. K/B)$

Dimana : A : amplitudo osilasi

B : periode simulasi

6.283 : pendekatan nilai 2 phi

- Fungsi NOISE

Merupakan pembangkit bilangan acak. Bentuknya singkat saja, yaitu :  
NOISE ( )

## 6. REFERENSI

1. **Forrester, Jay W** ; *Industrial Dynamics: An Introduction to Dynamics System Approach for industrial Engineering and Management* ; M.I.T. Press 1973
2. **Sushil** ; *System Dynamics: A Practical Approach for managerial Problems* ; Indian Institute of Technology ; 1993
3. **Simatupang, Togar** ; *Teori Sistem* ; Andi Offset 1995

## 7. MAKALAH

Dalam bab ini dilampirkan makalah tambahan tentang pembuatan Cusal Loop Sederhana yang berjudul "Introducing To Feedback" yang ditulis oleh Jay. W. Forresster

## **BAB. VIII.**

### **CONTOH STUDI KASUS 1**

#### **PEMODELAN PENDAPATAN ASLI DAERAH DENGAN PENDEKATAN SYSTEM DYNAMICS SEBAGAI PENDUKUNG KEPUTUSAN DALAM MENENTUKAN PERTUMBUHAN MODAL PEMBANGUNAN DAERAH<sup>1</sup>**

##### **ABSTRAKSI**

*Penelitian ini dimaksudkan untuk memodelkan berbagai skenario yang akan diterapkan pada pendapatan asli daerah yang tersusun dari interaksi antar sektor dan hubungan sebab akibat yang terjadi didalamnya.*

*Studi kasus yang diambil dilakukan di pemda kulon progo, analisa yang dilakukan berdasarkan skenario – skenario pengembangan model yang telah dibuat dan divalidasi.*

*Dengan melakukan simulasi terhadap model pendapatan asli daerah diharapkan akan dapat menjadi pendukung keputusan dalam menentukan berapa besar modal pembangunan daerah yang dapat digunakan.*

*Kata kunci : Pendapatan Asli Daerah, Sektor Pajak Daerah, Sektor Retribusi Daerah, Sektor Perusahaan dan Hasil Kekayaan Daerah, Pendapatan Asli Daerah, Validasi Rata-rata dan Amplitudo*

##### **1. PENDAHULUAN**

Di era otonomi khusus sekarang ini pembangunan daerah sepenuhnya ditangani oleh pemerintah daerah. Tidak seperti sebelumnya yang serba sentralistik lagi, pemerintah daerah sepenuhnya diberi keleluasaan dalam mencari dan memperoleh pendapatan daerah mereka sendiri untuk membangun dan mengelola daerah mereka. Pemerintah pusat hanya mengatur masalah pertahanan keamanan dan masalah sosial politik.

Dengan adanya UU No. 25 tahun 1999, mengenai penyelenggaraan pemerintah daerah dan pengaturan keuangan daerah. Pemerintah pusat mulai mengurangi peran sentralistik yang selama ini dianut, termasuk

---

<sup>1</sup> Karya : Herry Ahmadi dan Elisa Kusrini

dalam pengembangan dan pengadaan modal untuk pembangunan daerah. Pemerintah pusat tidak lagi mengurus masalah internal daerah, hal ini sepenuhnya ditangani oleh daerah sendiri dengan otonomi daerahnya masing – masing .

Jika sampai saat ini pemetaan dan penataan modal daerah ini tidak bisa dilakukan akan banyak kesulitan yang dihadapi, karena pemerintah daerah tidak mempunyai anggaran belanja dan anggaran pembangunan, apalagi rencana pembangunan baru, pembangunan fisik dan non fisik yang tidak bisa dilakukan, belum lagi pembangunan yang sifatnya sangat penting dan langsung terkait langsung dengan masyarakat.

Pemetaan dan penataan sumber daya ini mutlak dilakukan mengingat kondisi di Kabupaten Kulon Progo tergolong masih minus dan miskin. Dengan adanya pemetaan dan penataan sumber daya ini akan bermanfaat untuk menghitung modal yang dimiliki daerah sekaligus untuk menyusun rencana pembangunan baik fasilitas umum dan fasilitas khusus yang langsung berhubungan dan bisa dinikmati masyarakat.

## **2. TUJUAN PENELITIAN**

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa beberapa skenario pengembangan model untuk meningkatkan pendapatan asli daerah yang berguna dalam menentukan besar modal pembangunan daerah

## **3. PERUMUSAN MASALAH**

Untuk menjaga agar pembahasan penelitian ini tidak melebar maka perlu dirumuskan batasan – batasan permasalahan sebagai berikut :

1. Sektor - sektor yang akan dibahas dalam pembahasan adalah sektor yang termasuk dalam Undang – Undang Nomor 25 Tahun 1999 pasal 3 poin A mengenai Pendapatan Asli Daerah, dan dijelaskan dalam pasal 4 yang terdiri dari, Hasil Pajak Daerah, Hasil Retribusi Daerah,

Hasil Perusahaan Daerah dan Kekayaan Daerah, Dan Pendapatan Lain yang Syah.

2. Waktu initial yang digunakan sebagai awal waktu simulasi adalah tahun anggaran 1996/1997 dan rentang waktunya ditetapkan 10 tahun sampai 2010/2011.
3. Penelitian dilakukan pada Pemerintah Daerah Kulon Progo, dan instansi terkait masalah pembangunan daerah.
4. Faktor – faktor non teknis yang tidak berhubungan langsung dengan model tidak diperhitungkan.

#### **4. LANDASAN TEORI**

##### **4.1 Metodologi Sistem Dinamis**

Sistem Dinamik merupakan suatu metodologi untuk memahami berbagai masalah kompleks. Metode ini dikembangkan oleh Jay W. Forrester dari MIT dengan nama Industrial Dynamics pada tahun 1960, dengan menempatkan masalah – masalah dalam sistem usaha sebagai topik utama. Pada perkembangan selanjutnya, topik bahasannya meluas meliputi berbagai masalah sosial, dan namanya disesuaikan menjadi Sistem Dinamik.

Metode Sistem Dinamik mempelajari masalah dengan sudut pandang sistem, dimana elemen – elemen sistem tersebut saling berinteraksi dalam suatu hubungan umpan balik sehingga menghasilkan suatu perilaku tertentu. Interaksi dalam struktur ini diterjemahkan ke dalam model – model matematik yang selanjutnya dengan bantuan komputer disimulasikan untuk memperoleh perilaku historisnya. Untuk menggunakan metode ini, sebelum dimulai langkah – langkah pemecahan masalah, ada dua hal yang perlu diperhatikan, yaitu :

1. Bahwa masalah yang dihadapi menunjukkan adanya tanda – tanda dinamik, artinya permasalahan tersebut berkenan dengan suatu

besaran yang berubah terhadap waktu yang dapat dituangkan kedalam bentuk grafik dengan variabelnya yang berupa deret waktu.

2. Bahwa masalah yang dihadapi bisa digambarkan dalam bentuk hubungan umpan balik.

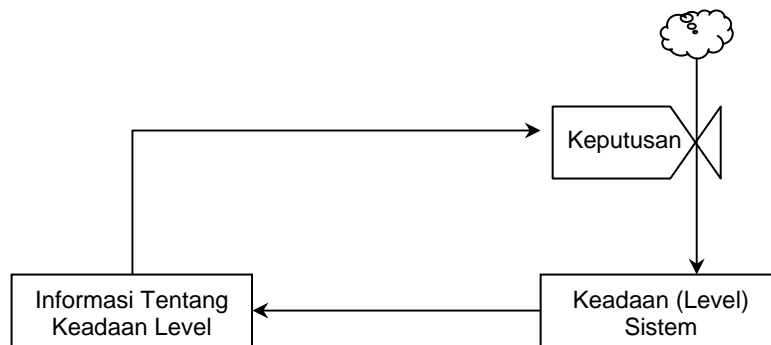
Faktor – faktor dalam metode sistem dinamik yaitu konsep umpan balik informasi dari perilaku sistem, model matematik dari interaksi dinamik, dan komputer untuk melakukan simulasi akan memungkinkan kita untuk melakukan serangkaian eksperimen terkontrol mengenai keadaan sistem didalam sebuah “Laboratorium” [1]. Disini kita bisa menguji berbagai skenario kebijaksanaan yang akan diterapkan pada sistem, sehingga kita bisa mendapatkan gambaran mengenai perilaku dan performansi sistem.

#### **4.3 Konsep Sistem dalam Metode Sistem Dinamik**

Sistem dapat diartikan sebagai kumpulan elemen yang saling berinteraksi untuk mencapai tujuan yang telah ditentukan dalam lingkungan yang kompleks. Sehingga sistem memiliki ciri – ciri sebagai berikut :

1. Dibangun elemen – elemen yang saling berkaitan
2. Memiliki tujuan sebagai dasar keberadaan sistem
3. Memiliki proses transformasi input menjadi output
4. Adanya mekanisme pengendali operasi terutama yang berhubungan dengan perubahan yang terjadi dimana sistem itu berada.

Dalam metode Sistem Dinamik konsep sistem mengacu pada sistem tertutup atau sistem yang mempunyai umpan balik. Struktur sengkeliit umpan balik tersebut menghubungkan keluaran pada periode sebelumnya menjadi masukan pada periode yang akan datang. Jadi sistem umpan balik mempunyai kemampuan untuk mengontrol tindakan, level ( status ) dari suatu sistem, dan informasi mengenai level sistem. Informasi inilah yang merupakan umpan balik. Struktur tersebut dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



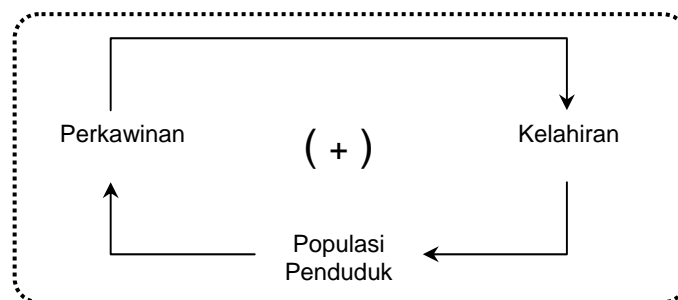
**Gambar4.1** Struktur sengkeli umpan balik sistem tertutup

Informasi yang tersedia merupakan dasar pengambilan keputusan yang merubah keadaan sistem. Informasi ini berasal dari keadaan ( level ) sebenarnya dari sistem, tetapi informasi itu dapat salah atau lambat, karena informasi tersebut merupakan keadaan dari sistem yang teramati oleh kita, dan bukannya keadaan sistem yang sebenarnya. Jadi dasar dari proses pengambilan keputusan adalah keadaan sistem yang teramati atau dirasakan bukan keadaan yang sebenarnya.

Proses umpan balik dapat dibedakan menjadi dua bagian, yaitu umpan balik positif dan umpan balik negatif.

a. Umpan balik positif ( Reinforcing Loop )

Umpan balik positif menciptakan proses pertumbuhan, dimana suatu kejadian menimbulkan akibat yang memperbesar kejadian berikutnya secara terus menerus. Umpan balik ini mempunyai ciri adanya ketidakstabilan, ketidakseimbangan, dan pertumbuhan. Contoh umpan balik positif adalah pada sistem pertumbuhan penduduk.

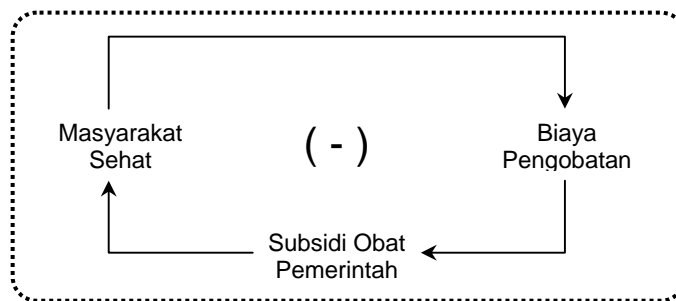


**Gambar .2** Populasi penduduk sebagai umpan balik positif



b. Umpan balik negatif ( Balancing Loop )

Umpan balik negatif selalu berusaha untuk mencapai tujuan tertentu ( goal seeking ) atau keseimbangan, dan berusaha memberikan koreksi sebagai tindakan mengatasi kegagalan dalam mencapai tujuan atau keseimbangan tersebut. Sebagai contoh umpan balik negatif adalah masyarakat sehat, seperti ditunjukkan pada gambar berikut :



**Gambar 3** Masyarakat sehat sebagai umpan balik negatif

Sistem Dinamik mendekati permasalahan dengan mengatasi proses umpan baliknya. Dapat dikatakan bahwa struktur umpan balik berada di belakang semua perubahan yang teramati oleh kita. Premis utama dari Sistem Dinamik adalah “ Perilaku dinamik merupakan konsekuensi dari struktur sistem “

#### 4.4 Batasan Tertutup

Batas sistem secara implisit menyatakan bahwa tidak ada pengaruh dari luar batas tersebut yang diperlukan untuk membangkitkan perilaku dari sistem yang diamati [2].

Batasan sistem merupakan garis imajiner yang memisahkan antara apa yang dianggap berada di dalam dan diluar dari sistem yang kita amati. Di dalam batas tersebut terletak semua konsep dan kuantitas yang menurut pembuat model berpengaruh pada dinamika sistem yang sedang diamati.

Kriteria utama untuk menarik batas sistem dengan benar adalah membuat sengkeliit umpan balik tertutup. Sengkeliit ini dibuat berdasarkan perilaku tertentu dari sistem yang kita anggap paling menarik dan merupakan titik awal dari pengamatan kita, dan gejala-gejala yang teramati.

Selanjutnya untuk menentukan apakah yang berada di dalam dan diluar batas sistem, kita harus membedakan antara yang secara eksplisit ada di dalam. Perbedaan ini dilakukan dengan cara agregasi dan interpretasi variabel, dan juga hubungannya dengan tujuan penelitian yang diinginkan.

#### **4.5 Bangun Model Sistem Dinamik Dan Notasi Yang Dipergunakan**

Setelah melakukan pengidentifikasian masalah dan menentukan variabel – variabel yang signifikan, selanjutnya kita dapat menyelidiki interelasi antar variabel tersebut. Untuk mendapatkan struktur umpan balik, maka kita mencari hubungan sebab akibat antar variabel tersebut sampai terbentuk sengkeliit umpan balik. Diagram yang dipergunakan untuk merepresentasikan struktur sengkeliit umpan balik ini adalah diagram sengkeliit sebab akibat ( causal loop diagram ). Selanjutnya diagram ini akan digunakan sebagai dasar penyusunan diagram alir ( flow diagram ). Bentuk model Sistem Dinamis yang merepresentasikan struktur sengkeliit umpan balik adalah sengkeliit sebab akibat atau yang biasa dikenal dengan Causal Loop Diagram. Diagram ini menunjukkan arah aliran perubahan variabel dan polaritasnya. Polaritas aliran sebagaimana diungkapkan diatas dibagi menjadi positif dan negatif. Bentuk diagram lain yang juga menggambarkan struktur model dinamis adalah Diagram Aliran atau dikenal dengan *Flow Diagram*. Diagram aliran merepresentasikan hubungan antar variabel yang telah dibuat dalam diagram sebab akibat dengan lebih jelas, dengan menggunakan berbagai simbol tertentu untuk berbagai variabel yang terlibat.

Variabel dalam flow diagram secara dapat diklasifikasikan sebagai berikut

### **1. Level ( stocks )**

Variabel level atau state menggambarkan suatu kondisi sistem pada setiap saat. Variabel ini dinyatakan dengan sebuah besaran kuantitas terakumulasi sebagai akibat aktivitas aliran sepanjang waktu.. Level akan dipengaruhi oleh rate (flow).

### **2. Rate (Flow)**

Variabel rate menggambarkan suatu aktivitas pergerakan ( movement ), dan aliran yang berkontribusi terhadap perubahan persatuan waktu dalam suatu level yang dinyatakan dalam suatu besaran laju perubahan. Tipe variabel yang akan mempengaruhi variabel level.

### **3. Auxillary**

Variabel auxillary merupakan variabel tambahan untuk menyederhanakan hubungan informasi antara level dan rate. Variabel ini dinyatakan dalam bentuk fungsi dan waktu. Tipe variabel yang mana memuat perhitungan dasar pada variabel lain.

### **4. Constant**

Merupakan input informasi untuk rate secara langsung maupun melalui variabel auxillary. Tipe variabel yang mana memuat nilai tetap yang akan digunakan dalam perhitungan variabel auxillary atau variabel flow.

### **5. Link**

Sebuah alat yang menghubungkan antara satu variabel dengan variabel lainnya. Dalam Powersim V 2.5.c link dapat dibedakan menjadi link dan delayed link.

### **6. Exogenous**

Merupakan pernyataan dari variabel luar sistem yang mempengaruhi sistem. Variabel ini dinyatakan dalam bentuk fungsi waktu.

## 7. Source

Sumber atau source menyatakan asal aliran yang harganya tidak berpengaruh terhadap sistem dan endapan ( sink ) menyatakan tujuan dari suatu aliran yang tidak mempengaruhi sistem.

## 4.6 SIMULASI

Simulasi merupakan alat analisis numeris terhadap model untuk melihat sejauh mana input mempengaruhi pengukuran output atas performansi sistem. Pemahaman yang utama adalah bahwa simulasi bukan merupakan alat optimasi yang memberi suatu keputusan hasil namun hanya merupakan alat pendukung keputusan (*decision support system*) dengan demikian interpretasi hasil sangat tergantung kepada si pemodel.

Dalam melakukan studi sistem bahwa sebenarnya simulasi merupakan turunan dari model matematik dimana sistem, berdasarkan sifat perubahannya sendiri dikategorikan menjadi 2 yaitu sistem diskrit dan sistem kontinyu. Sistem diskrit mempunyai maksud bahwa jika keadaan variabel-variabel dan sistem berubah seketika itu juga pada poin waktu terpisah. Sedangkan Sistem kontinyu mempunyai arti jika keadaan variabel-variabel dalam sistem berubah secara terus-menerus (kontinyu) mengikuti jalannya waktu.

Dari penjelasan diatas dapat dapat diambil suatu konklusi bahwa simulasi pada dasarnya merupakan suatu model dari suatu keadaan, dimana dalam model tersebut elemen-elemen dari keadaan direpresentasikan dengan bantuan komputer untuk meramalkan sifat-sifat dinamik dari keadaan itu [3]. Model-model simulasi dapat dibuat untuk hampir semua keadaan asalkan si pembuat model mampu mengidentifikasi hubungan yang terjadi antar variabel-variabelnya. Meskipun suatu model simulasi secara penting tidak dapat dikatakan valid, tetapi minimal dengan simulasi

suatu model dapat disajikan secara tertulis, konsekuensi-konsekuensinya dapat dipelajari, dan hasilnya dapat dikomunikasikan kepada orang lain.

## **5. STUDI KASUS**

Studi kasus dalam makalah ini adalah memodelkan Pendapatan Asli Daerah (PAD) Kabupaten Kulon Progo, seperti diatur dalam UU No.25 Tahun 1999 Pasal 3 poin a yang diuraikan dalam pasal 4.

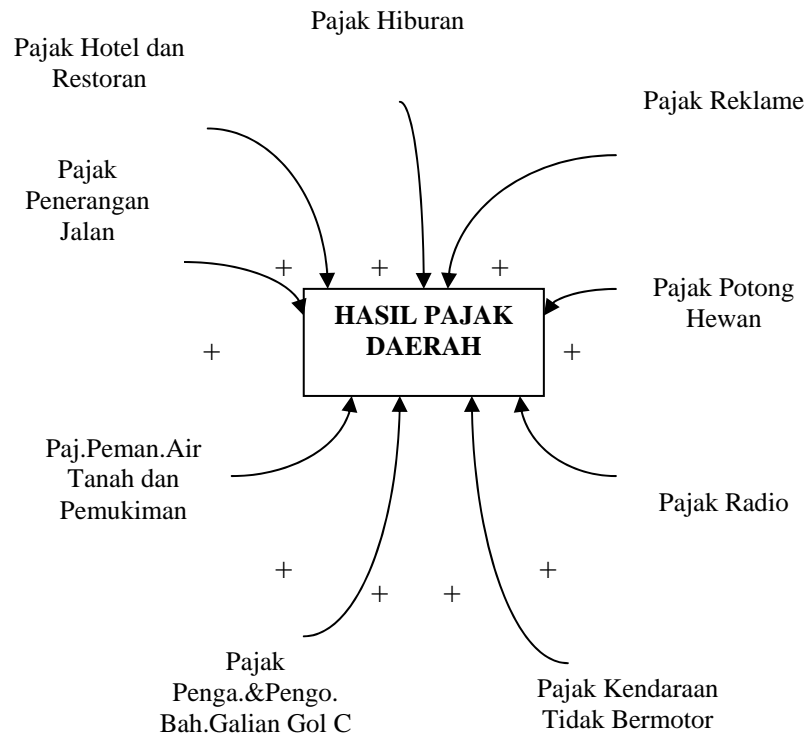
Pengembangan yang dilakukan penulis adalah menambahkan skenario – skenario pengembangan dengan menggunakan fungsi – fungsi tes input yang terdapat dalam program Powersim 2.5. Diharapkan dengan penggunaan fungsi – fungsi tes input dapat diketahui skenario – skenario pengembangan terhadap PAD yang tersusun atas Hasil Pajak Daerah, Hasil Retribusi Daerah, Hasil Perusahaan Daerah dan Hasil kekayaan daerah yang dipisahkan dan Pendapatan lain yang sah.

Dalam makalah ini akan disusun sebuah model simulasi dinamis untuk memodelkan sistem tersebut dan dilakukan analisis mengenai besarnya pengaruh fungsi – fungsi tes input tersebut terhadap PAD secara keseluruhan yang akan digunakan untuk modal pembangunan daerah dalam rentang waktu tertentu tahun anggaran 1996/1997 sampai tahun anggaran 2010/2011 (15 tahun).

## **6. DIAGRAM SEBAB AKIBAT SISTEM**

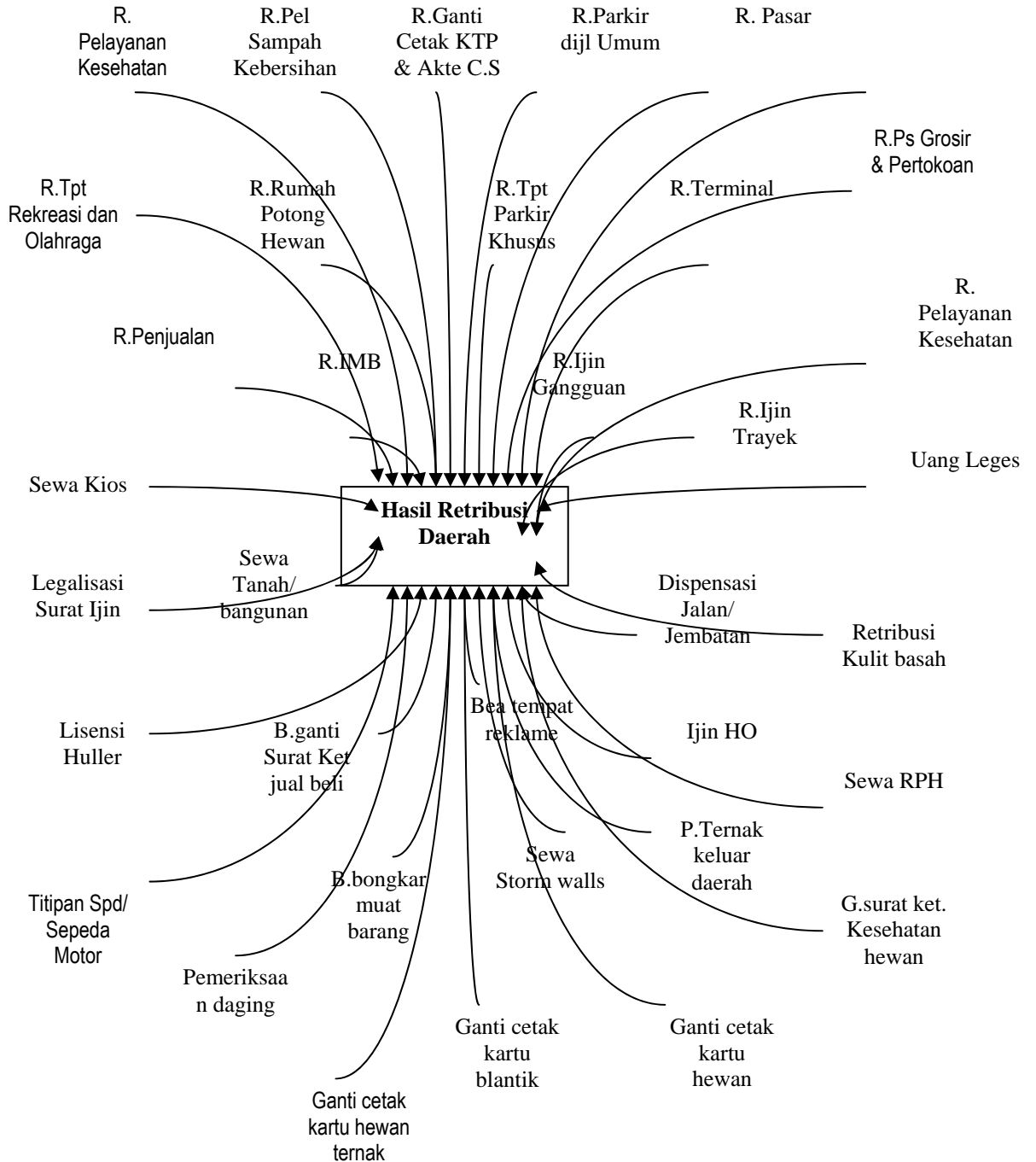
Pada bagian ini akan ditampilkan diagram sebab akibat sistem yang menyusun komponen PAD per sektornya.

### 6.1 Diagram Sebab Akibat Sektor Hasil Pajak Daerah



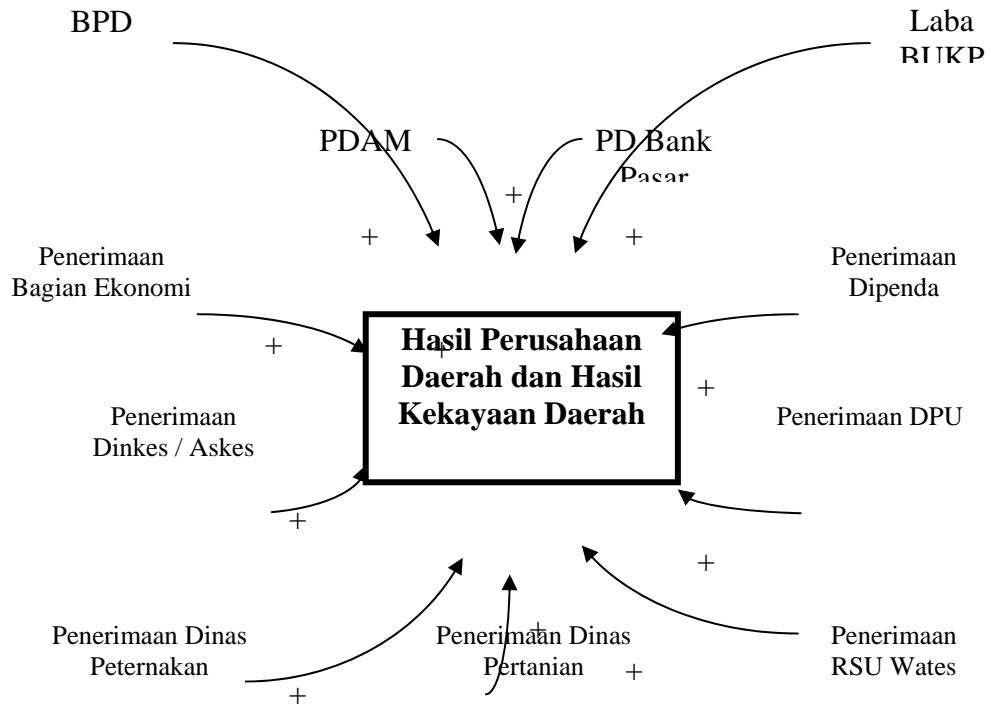
Gambar 4. Diagram Sebab Akibat Hasil Pajak Daerah

### 6.2 Diagram Sebab Akibat Sektor Hasil Retribusi Daerah



Gambar 5 Diagram Sebab Akibat Sektor Hasil Retribusi Daerah

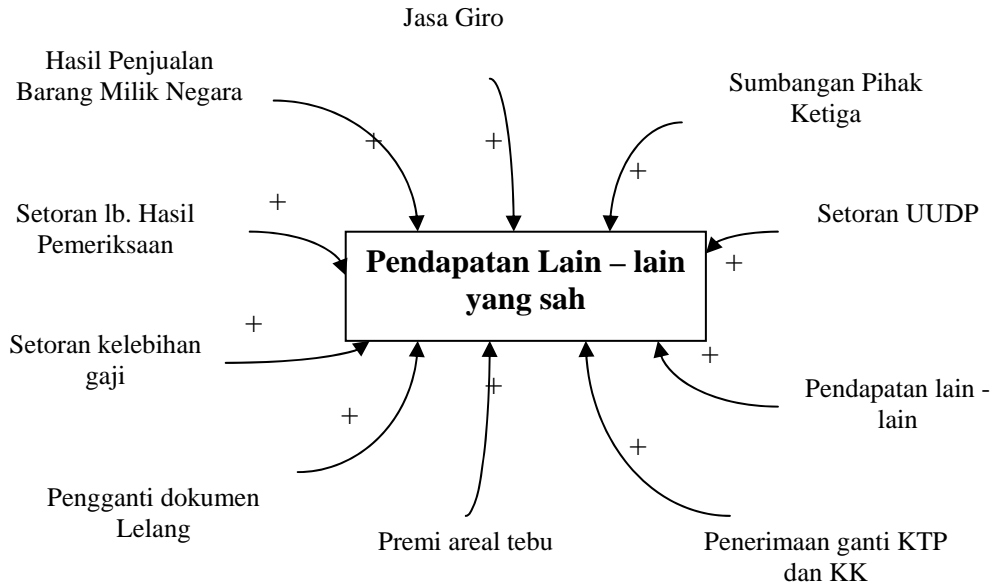
### 6.3 Diagram Sebab Akibat Sektor Hasil Perusahaan Milik Daerah dan Hasil Pengelolaan Kekayaan Daerah Yang Dipisahkan



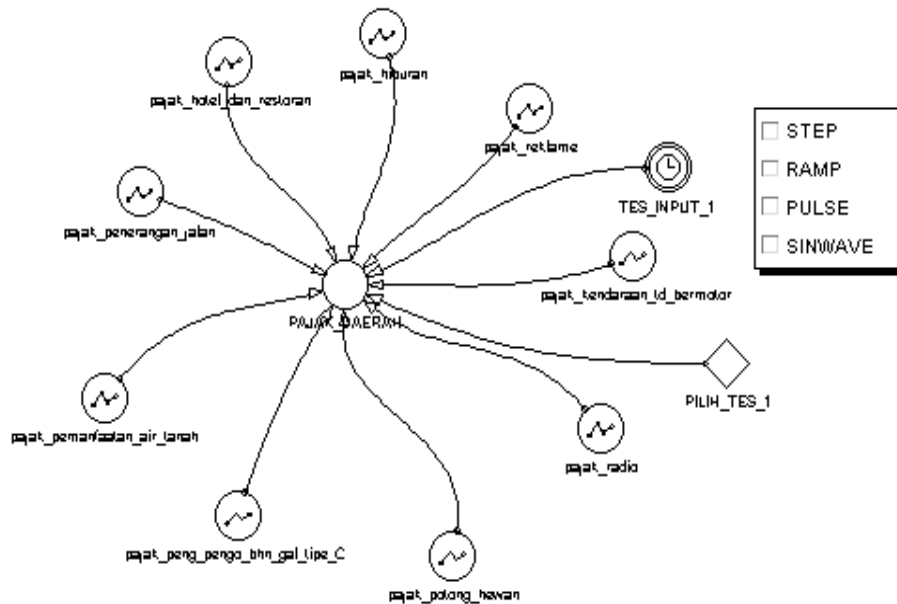
Gambar 6. Diagram Sebab Akibat Sektor Hasil Perusahaan Milik Daerah dan Hasil Pengelolaan Kekayaan Daerah



### 6.4 Diagram Sebab Akibat Sektor Lain – lain Pendapatan Asli Daerah yang Sah

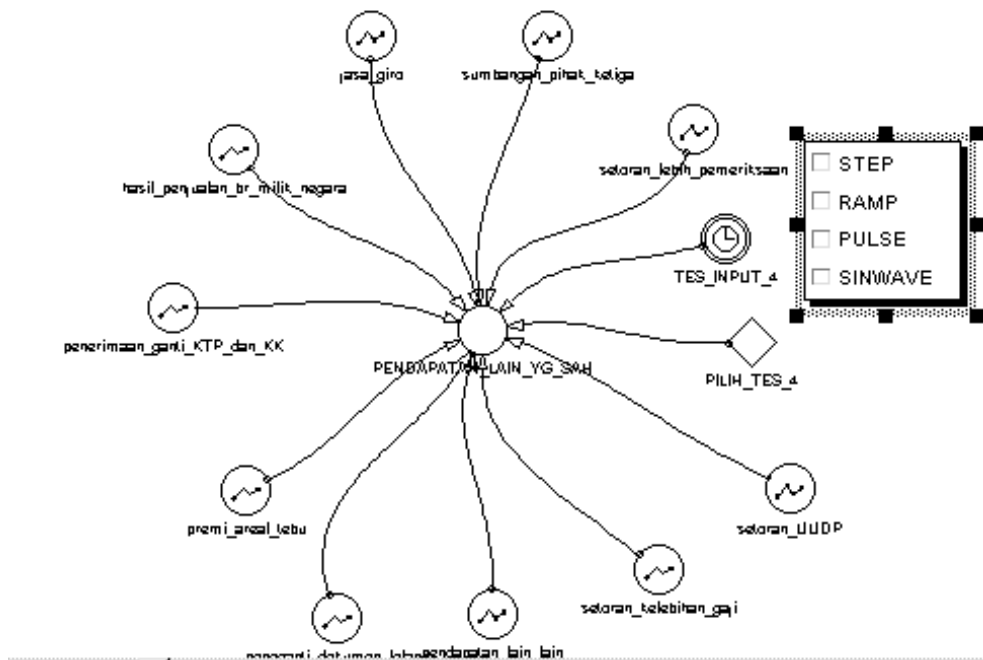


Langkah selanjutnya adalah pembuatan Diagram Alir atau **Flow Diagram** dari masing – masing Diagram Sebab Akibat atau **Causal Loop Diagram** yang telah ada. Adapun Diagram Alir atau **Flow Diagram** untuk masing masing sektor adalah sebagai berikut :



Gambar 8 Diagram Alir Sektor Hasil Pajak Daerah





Gambar 11. Diagram Alir Hasil Pendapatan Lain yang Sah

## 7. Proses Simulasi Model Sistem Dinamis

Untuk mengetahui perilaku dan karakteristik model sistem yang diamati, cara yang paling baik adalah melakukan simulasi dari model yang telah disusun untuk suatu periode waktu tertentu. Dengan proses tersebut kita dapat mengetahui perubahan nilai-nilai variabel yang terjadi.

Dari gambar dan diatas terlihat bahwa untuk setiap sektor terdapat variabel *Pilih\_Test\_Input* yang merupakan bentuk dari sebuah fungsi. Fungsi tersebut diperlukan untuk merepresentasikan fluktuasi dan perkembangan pada setiap sektor yang terjadi.

Dalam makalah ini penulis memilih untuk menggambarkan fluktuasi dan perkembangan Pendapatan Asli Daerah dengan fungsi gabungan yang menunjukkan perkembangan nilai setiap sektor dengan faktor trend, siklus, musiman, dan lompatan. Faktor tren yang terjadi pada setiap sektor dimodelkan dengan fungsi **RAMP**, siklus dengan fungsi **SINWAVE**,

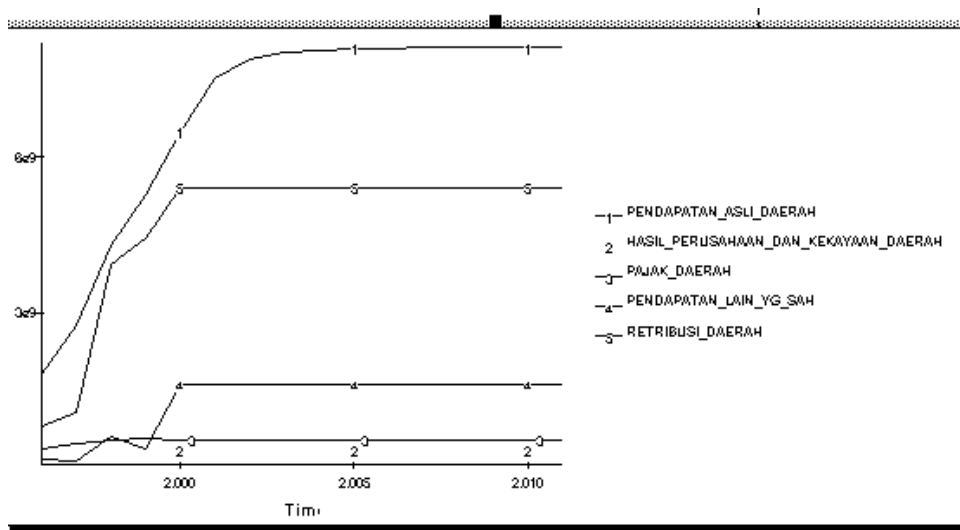
musiman dengan fungsi **PULSE**, dan lompatan jumlah pada setiap sektor dengan fungsi **STEP**. Fungsi-fungsi tersebut merupakan fungsi-fungsi standar yang ada pada format bahasa pemrograman yang digunakan.

### 8. HASIL SIMULASI DAN VALIDASI

Pada bagian ini akan ditampilkan hasil simulasi dari penggunaan fungsi – fungsi sebagai skenario pengembangan PAD.

#### 1. Skenario I

Pada Skenario pertama ini diasumsikan pada model terjadi fungsi STEP. Fungsi Step ini digunakan untuk mengubah model secara kasar dalam beberapa poin selama periode simulasi, dalam hal ini setiap sektor diasumsikan berubah sebesar 5 % setiap 2 tahun



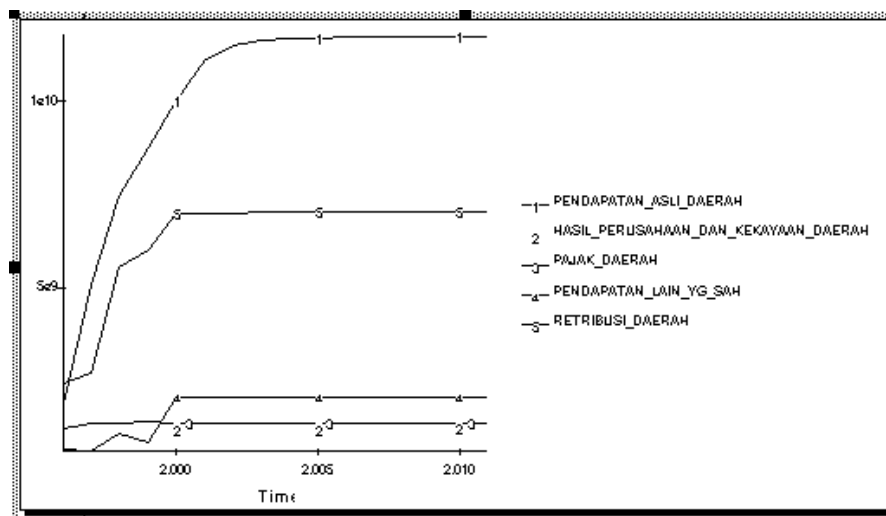
Gambar 12. Hasil simulasi dengan skenario I (fungsi STEP)

Tahun	Aktual	Simulasi	Perbandingan rata-rata	Perbandingan amplitudo	Keterangan
1996	1864882955	1958127099	0.0499	0.05	Valid
1997	4220405807	4313769956	0.0221	0.003	Valid
1998	5708214394	5869264542	0.0282	0.00023	Valid
1999	5909383216	5908757025	-0.00011	-0.0017	Valid
2000	6777744112	6828085827	0.007	0.0032	Valid

Tabel .1 Validasi model skenario I

## 2. Skenario II

Pada skenario II ini diasumsikan pada model terjadi fungsi RAMP. Fungsi RAMP ini digunakan untuk menambahkan atau mengurangi secara berkala model dalam beberapa poin selama periode simulasi, dalam hal ini setiap sektor diasumsikan berubah sebesar 0,1 % setiap 2 tahun.



Gambar 13. Hasil simulasi dengan skenario II (fungsi RAMP)

### Validasi skenario II

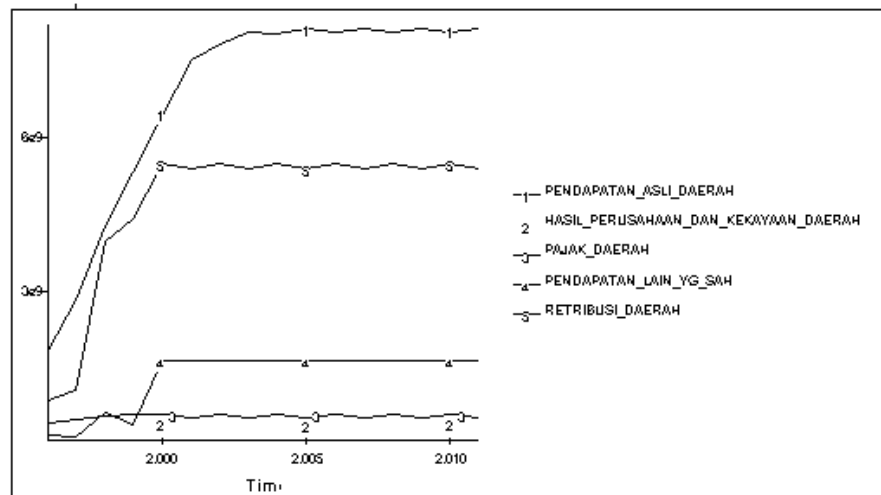
Tahun	Aktual	Simulasi	Perbandingan rata-rata	Perbandingan amplitudo	Keterangan
1996	1864882954	2236740610	0.199	0.199	Tidak Valid
1997	4220405807	4626333067	0.096	0.003	Tidak Valid
1998	5708214394	6148251030	0.076	0.021	Tidak Valid
1999	5909383216	6207930002	0.051	-0.006	Tidak Valid
2000	6777744112	8407526598	0.246	0.385	Tidak Valid

Tabel .2 Validasi model skenario II

## 3. Skenario III

Pada skenario III ini diasumsikan pada model terjadi fungsi PULSE. Fungsi PULSE ini digunakan untuk memberikan kejutan - kejutan sementara pada model dalam beberapa poin selama periode simulasi,

dalam hal ini setiap sektor diasumsikan mendapat kejutan sebesar 10 % selama 2 tahun, dengan interval waktu setiap 2 tahun sekali



Gambar 14. Hasil simulasi dengan skenario III (fungsi PULSE)

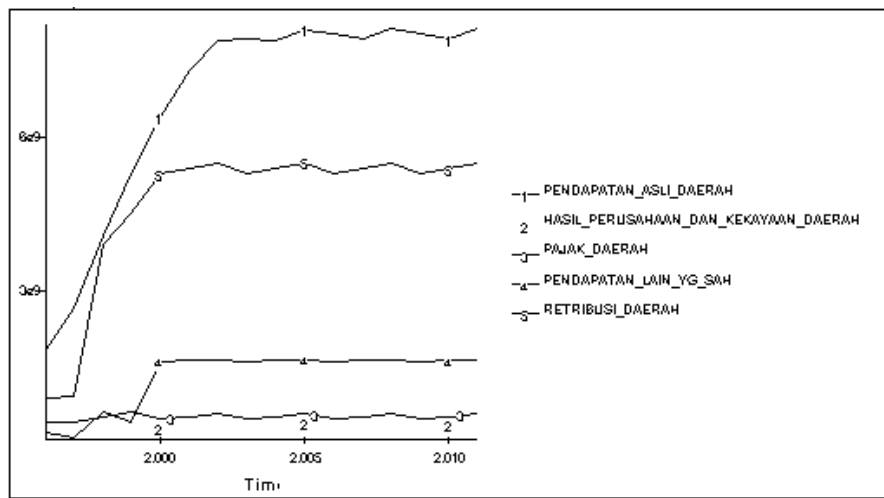
Validasi skenario III

Tahun	Aktual	Simulasi	Perbandingan rata-rata	Perbandingan amplitudo	Keterangan
1996	1864882955	1950397889	0.045	0.062	Valid
1997	4220405807	4220525808	2.83 e-5	1.37 e-6	Valid
1998	5708214394	5941535333	0.041	0.0097	Valid
1999	5909383216	5815512877	-0.016	-0.023	Valid
2000	6777744112	5709356671	-0.175	0.193	Valid

Tabel 3. Validasi model skenario III

#### 4. Skenario IV

Pada skenario IV ini diasumsikan pada model terjadi fungsi SINWAVE. Fungsi SINWAVE ini digunakan untuk menguji respon model terhadap fungsi sinusoidal atau osilasi dalam beberapa poin selama periode simulasi, dalam hal ini setiap sektor diasumsikan mempunyai amplitudo 15 % selama 3 tahun sekali.



Gambar 15. Hasil simulasi dengan skenario IV (fungsi SINWAVE)

## Validasi skenario IV

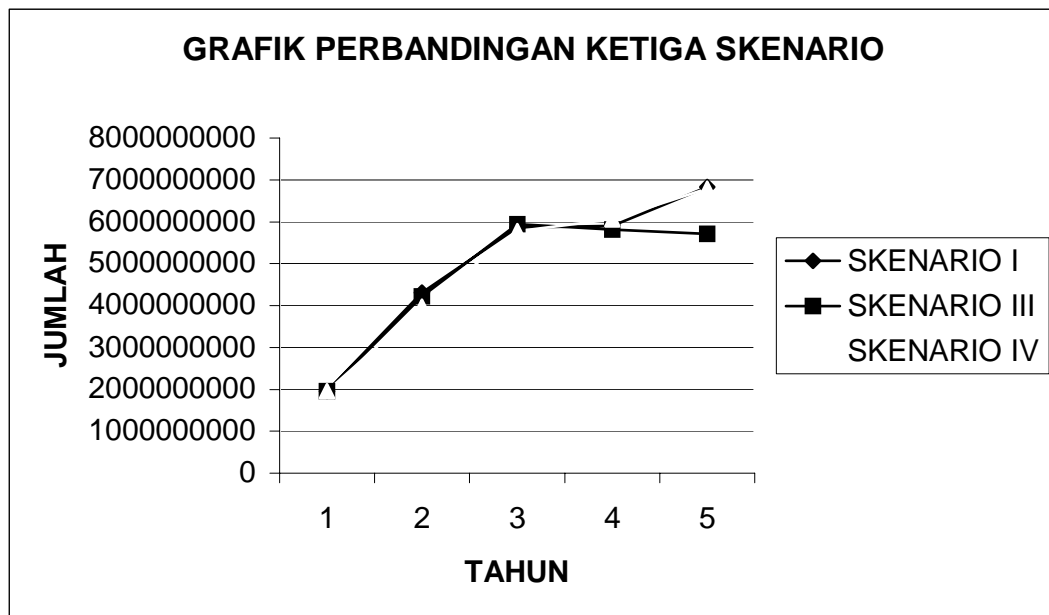
Tahun	Aktual	Simulasi	Perbandingan rata-rata	Perbandingan amplitudo	Keterangan
1996	1864882955	1957138350	0.049	-0.033	Valid
1997	4220405807	3978270406	-0.057	-0.0081	Valid
1998	5708214394	5776020394	0.011	-0.006	Valid
1999	5909383216	6057768278	0.025	-0.008	Valid
2000	6777744112	6792486337	0.0021	0.0061	Valid

Tabel 4 Validasi model skenario IV

## 9. ANALISA DAN STRATEGI KEBIJAKAN

Dari hasil simulasi dapat dilihat bahwa hampir semua skenario menambah hasil Pendapatan Asli Daerah secara total, tetapi dalam validasi terlihat bahwa skenario II tidak lolos dalam uji validasi, yang artinya tidak bisa diajukan sebagai model pengembangan selanjutnya.

Berikut adalah grafik perbandingan ketiga skenario pengembangan



Gambar 16. Grafik Perbandingan Ketiga Skenario Terbaik

Atau untuk lebih jelasnya dapat dilihat tabel berikut :

TAHUN	SKENARIO I	SKENARIO III	SKENARIO IV
1996	1958127099	1950397889	1957138350
1997	4313769956	4220525808	3978270406
1998	5869264542	5941535333	5776020394
1999	5908757025	5815512877	6057768278
2000	6828085827	5709356671	6792486337

Dari tabel terlihat bahwa Skenario I lah yang merupakan skenario terbaik, skenario I menggunakan fungsi STEP dengan yaitu fungsi yang digunakan untuk mengubah model secara kasar dalam beberapa poin selama periode simulasi, dalam hal ini setiap sektor diasumsikan berubah sebesar 5 % setiap 2 tahun.

Sesuai uji validasi dan tingkat pertumbuhan PAD secara total maka Skenario I dipilih sebagai skenario yang terbaik diantara tiga skenario yang lolos uji validasi.



## **10. STRATEGI UNTUK MENGIMPLEMENTASIKAN SKENARIO – SKENARIO PENGEMBANGAN**

Dalam usaha mencapai hasil yang optimal untuk Pendapatan Asli Daerah maka berikut ini penulis menyusun rencana strategi jangka pendek untuk meningkatkan Pendapatan Asli Daerah. Mengingat kondisi umum Kabupaten Kulon Progo yang kaya akan kekayaan alam dan suburnya sektor informal atau industri rumah tangga dengan kategori UKM ( Usaha Kecil Menengah ) yang notabene tahan akan serbuan dan pengaruh krisis moneter maka Pemerintah Daerah Kabupaten Kulon Progo perlu melakukan hal – hal berikut :

1. Menggalakkan sektor UKM ( Usaha Kecil Menengah ) dan menjalin kerjasama atas prinsip saling mengayomi dan saling menguntungkan dengan masyarakat Kulon Progo.
2. Meningkatkan profesionalisme aparatur pemerintahan agar hal – hal yang berbau KKN ( Korupsi, Kolusi, Nepotisme ) bisa terkikis bahkan habis dalam menggali potensi baik sumber daya alam maupun sumber daya manusia diharapkan Pemebrintah Daerah mengeluarkan peraturan yang tidak menguntungkan salah satu pihak dari sebagian masyarakat Kulon Progo.
3. Menggiatkan kembali sadar kewajiban masyarakat dan aparatur pemerintahan untuk mematuhi Undang – Undang yang berlaku di Negara Kesatuan Republik Indonesia, agar tercipta iklim kerja yang kondusif dan aman, nyaman dan tentram.
4. Meningkatkan pengawasan melekat ( waskat ) terhadap objek – objek penting dalam penarikan sektor – sektor yang terkait dengan Pendapatan Asli Daerah, dan membuat pengecekan silang terhadap laporan dari masing – masing bagian yang menarik sektor – sektor tersebut setiap tahunnya.

5. Meningkatkan Sumber Daya Manusia ( SDM ) aparatur pemerintahan agar mampu bersaing dengan daerah lain dan mampu melakukan terobosan – terobosan dalam mencari dan menggali sektor – sektor yang belum terjamah dalam rangka peningkatan Pendapatan Asli Daerah ditahun – tahun mendatang

## **10. KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan mulai dari simulasi awal sampai skenario pengembangan I – skenario pengembangan IV maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Secara keseluruhan Pendapatan Asli Daerah mengalami peningkatan dalam perode simulasi, peningkatan paling tajam terjadi pada tahun anggaran 1996/1997 sampai tahun anggaran 2001/2002, karena pada tahun tersebut lah input – input persektor dilakukan. Peningkatan pada tahun berikutnya merupakan akibat dari simulasi yang dijalankan oleh program komputer.
2. Sektor retribusi daerah adalah sektor terbesar penyumbang Pendapatan Asli Daerah.
3. Kenaikan per sektor dalam penyumbang Pendapatan Asli Daerah secara otomatis meningkatkan jumlah Pendapatan Asli Daerah total
4. Perubahan fungsi – fungsi input dalam skenario meningkatkan Pendapatan Asli Daerah total, kecuali terjadi penurunan pada skenario IV pada tahun 1997, 1998, 2001, 2004, 2007 dan 2010 pada tahun – tahun ini perbandingan bernilai negatif, artinya hasil simulasi awal lebih tinggi dari hasil skenario pada tahun – tahun tersebut.
5. Skenario I dengan fungsi STEP adalah skenario terbaik dari ketiga skenario yang lolos uji validasi , skenario I ini berhasil meningkatkan Pendapatan Asli Daerah total dengan rata – rata terjadi kenaikan berkisar dari 1,2 % sampai 2,1 % pertahunnya.
6. Rekomendasi strategi untuk meningkatkan Pendapatan Asli Daerah di Kabupaten Kulon Progo adalah menggalakkan UKM, meningkatkan

profesionalisme aparatur pemerintahan, menggiatkan sadar kewajiban seperti taat pajak, meningkatkan pengawasan melekat terhadap aparatur pemerintahan agar bersih KKN, dan meningkatkan SDM aparatur pemerintah.

## **PUSTAKA**

- [1] **Forrester, Jay W, *Principles Of System***, Second Preliminary Edition, Wright-Allen Press Inc., Cambridge Massachusetts, 1976
- [2] **Richardson, George P., and Pugh III, Alexander L., *Introduction to System Dynamics Modelling with DYNAMO***, The MIT Press, Massachusetts, 1981
- [3] **Emshoff, James R., and Sisson, Roger L., *Design and Use of Computer Models***, Macmillan Publishing Co., New York, 1970