

## **PERAN PEMODELAN SISTEM DALAM PENGAMBILAN KEPUTUSAN UNTUK APLIKASI MANUFAKTUR DAN ENERGI**

**ALIQ ZUHDI**

*Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir- BATAN  
Jl. Babarsari Kotak Pos 6101 YKBB  
Yogyakarta 55281 Telp (0274) 488435  
E-mail : aliq@sttn-batan.ac.id*

### **Abstrak**

**PERAN PEMODELAN SISTEM DALAM PENGAMBILAN KEPUTUSAN UNTUK APLIKASI ENGINEERING, ENERGI DAN BISNIS.** Makalah ini merupakan kajian untuk memberikan gambaran mengenai peran pemodelan sistem sebagai bagian dari sistem pengambilan keputusan yang semakin banyak diaplikasikan untuk mendukung kegiatan engineering dan bisnis. Dalam makalah ini ditunjukkan bahwa pengambilan keputusan langsung secara intuitif tidak lagi dapat diandalkan untuk mendapatkan good decision karena banyaknya data dan parameter yang saling dependent. Kompleksitas permasalahan ini membutuhkan dukungan data processing yang kemudian disistematisasi menjadi model baik konseptual (soft model) maupun matematik (hard model) dengan beragam pendekatan antara lain pendekatan preskriptif versus deskriptif, aggregate versus structural, statis sampai dinamis. Beberapa contoh aplikasi menunjukkan bahwa pemodelan ini memberikan kontribusi yang signifikan dengan membantu beberapa perusahaan menaikkan kinerja sampai 48 %, menghemat modal sama 20 juta dollar, menekkan produktivitas 2 kali dan meningkatkan pendapatan sampai 180 juta dollar. Kecenderungan ke depan adalah bergesernya peran pemodelan pada level strategis untuk analisis disain kebijakan melalui pendekatan system dynamics .

*Kata kunci : system modeling, managerial decision making, engineering, energy and buisness.*

### **Abstract**

**THE ROLE OF SYSTEM MODELING FOR MANAGERIAL DECISION MAKING IN MANUFACTURING AND ENERGY APPLICATIONS.** This article is a review on the role of modeling system in managerial decision making and the trend of applications in manufacturing and energy domains to support engineering and business activities. The review is started with the model definition both in technical and everyday senses. Two types of managerial decision modeling are summarized include the intuitive and systematic decision flows. This systematic approach combines the real-world model and the symbolic model which is interconnected by mathematical formulation and interpretation of the results in order to achieve good decision. The other approaches are also reviewed and compared including the aggregate and structural approaches using system dynamics, prescriptive and descriptive approaches especially discrete-event model. The applications include scheduling, optimization, inventory and warehouse location, new procedures implementation. The examples of applications shows that the system modeling contributes the significant role which improve performance up to 48 %, save the capital up to 20 million US dollars, increases productivity two times, and increase revenue 180 million US dollars. The trend using system dynamics approach in energy applications shows that the role of modeling system has a trend to be applied at the level of strategic.

*Keywords : system modeling, managerial decision making, engineering, energy and buisness.*

## PENDAHULUAN

Pengambilan keputusan merupakan aktivitas yang terletak di dalam jantung manajemen<sup>[1]</sup> untuk menghasilkan *good decision*. *Good decision* akan memberikan pilihan dengan kemungkinan terbaik untuk diikuti oleh sebuah organisasi. *Good decision* ini diharapkan akan membawa organisasi ke tingkat performansi yang lebih tinggi. Persoalan yang dihadapi adalah bahwa pengambilan keputusan selain harus memperhitungkan sejumlah data yang banyak dan *interrelated* juga harus berpacu dengan waktu. Keterbatasan waktu dalam pengambilan keputusan ini akan mengurangi pertimbangan-pertimbangan dan hal ini akan meningkatkan risiko pengambilan keputusan yang tidak tepat. Dengan kata lain, pengambilan keputusan ini membutuhkan pemahaman system yang komprehensif berdasarkan data yang tersedia sehingga diperoleh gambaran karakteristik organisasi atau sistem tersebut.

Mengingat *problem situation* yang dihadapi organisasi bersifat kompleks, maka data dan informasi yang diperlukan untuk mendukung pengambilan keputusan sering sangat banyak sebanding dengan kompleksitas permasalahan yang dihadapi. Dalam hal ini, pengambilan keputusan langsung dengan menggunakan intuisi tidak bisa lagi diandalkan mengingat banyaknya data yang bersifat *interrelated*. Agar banyaknya data dan informasi tidak membuat bingung *decision maker* dengan risiko pengambilan keputusan yang tidak tepat, maka diperlukan pemrosesan data. Data dan informasi tersebut kemudian direpresentasikan ke dalam model-model yang sesuai dengan kebutuhan dan dipilah-pilah ke dalam *critical parameters* sebagai faktor masukan dan *performance measures* sebagai keluarannya<sup>[2]</sup>. Dari sini kemudian peran sains manajemen semakin signifikan dalam representasi model-model matematik berbasis data yang tersedia serta menyajikan alternatif-alternatif solusinya untuk memberikan dukungan kepada manajemen mengambil keputusan-keputusan penting.

Dalam makalah ini dikaji berbagai level *decision making* serta modeling meliputi *level operational, tactical dan strategic*. Dalam makalah ini dijelaskan mengenai definisi model dari berbagai perspektif baik *everyday sense*

maupun *technical sense*. Kemudian model pengambilan keputusan langsung secara intuitif dibandingkan dengan model yang lebih terstruktur melalui proses pemodelan untuk mendapatkan *good decision*. Kajian mengenai pendekatan-pendekatan yang lain juga dijelaskan meliputi preskriptif versus deksriptif, hard maupaun soft model, *aggregate* maupun *structural*. Contoh aplikasi model untuk bidang manufaktur dan energi baik dari aspek engineering maupun bisnis dicoba pula disampaikan.

## PEMODELAN MATEMATIS DAN SISTEM

### Definisi Model Menurut *Everyday Sense* dan *Technical Sense*

Istilah “model” sendiri mempunyai pengertian yang beragam sesuai dengan dunianya mulai dari pengertian sehari-hari (*everyday sense*) sampai *technical sense*<sup>[3]</sup>. Contoh dari *everyday sense*, adalah artis seperti Luna Maya yang merupakan (foto) model yang mendapat peran untuk memamerkan model-model pakaian karya disainer terkenal<sup>[4]</sup>. Model matematik hanya salah satu jenis dari model dalam lingkup *technical sense*. Dalam banyak aplikasi engineering, model didefinisikan sebagai representasi dari sistem<sup>[3]</sup>. Representasi ini pun juga bermacam-macam mulai dari yang bersifat *physical, pictorial, verbal, schematic* dan *symbolic* dimana:

1. *Physical*, yaitu dengan membuat *scaled-down version* dari sistem yang dipelajari (model pesawat, model kereta api),
2. *Pictorial*, yaitu representasi dengan gambar untuk menggambarkan kontur permukaan bumi seperti peta topografi dan bola dunia.
3. *Verbal*, yaitu representasi suatu sistem ke dalam kalimat verbal yang menggambarkan ukuran, bentuk dan karakteristik.
4. *Schematic*, yaitu representasi dalam bentuk skema figurative misalnya model rangkaian listrik, model Atom Bohr dan lain-lain.
5. *Symbolic*, yaitu representasi ke dalam symbol-simbol matematik dimana variable hasil karakterisasi proses atau sistem ke dalam variable formulasi menggunakan simbol-simbol matematik.

More<sup>[2]</sup> menambahkan satu kategori lagi yaitu Model Analog yang merepresentasikan satu himpunan persamaan dalam bentuk medium yang berbeda-beda tetapi analog seperti road map, speedometer dan pie chart. Kelton<sup>[5]</sup> juga menambahkan istilah Model Simulasi untuk model dari sistem (umumnya simbolik dan deksriptif) yang diselesaikan menggunakan teknik simulasi<sup>[5]</sup>. Sejak tahun 1950 dikembangkan pula model *system dynamics* oleh Professor Jay W. Forrester dari Massachusetts Institute of Technology untuk membantu manager korporasi memperbaiki pemahamannya tentang proses-proses industri terutama untuk analisis dan disain kebijakan.. *System dynamics* ini merupakan pendekatan yang *powerful* sekaligus juga sebagai teknik pemodelan simulasi komputer untuk pemetaan, pemahaman, dan *learning* issu-issu dan problem yang complex<sup>[6]</sup>.

#### Decision Modeling : Pendekatan Intuitif Versus Sistematis

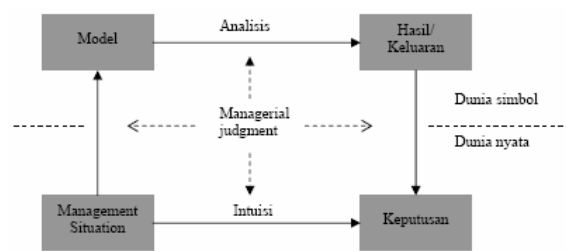
Pengembangan model dilakukan untuk mendukung pengambilan keputusan. Pengambilan keputusan ditingkat manajemen melalui beberapa langkah mulai dari analisis situasi oleh manajemen. Dengan memperhitungkan faktor-faktor yang sering "conflicting" keputusan dibuat untuk menyelesaikan situasi yang "conflicting" tadi. Keputusan kemudian juga diimplementasikan dan lebih lanjut organisasi ini akan menuai konsekuensi dari implementasi keputusan tersebut (*payoff*) yang tidak semuanya berbentuk uang<sup>[2]</sup>.



Gambar 1. Proses Pengambilan Keputusan

Pengambilan keputusan langsung (intuitif) ini yang hanya dengan mengamati situasi manajemen ini tidak dapat menghasilkan *good decision* jika permasalahannya kompleks. Dalam kasus ini, dikembangkan tahapan pengambilan keputusan melalui pemodelan (Gambar 2).

Tahapan menjadi lebih panjang yaitu melalui proses representasi situasi ke dalam model, analisis model untuk menemukan solusi, dan interpretasi berbagai alternatif hasil untuk menentukan keputusan yang optimal.



Gambar 2. Pengambilan Keputusan Melalui Model, Analisis Dan Interpretasi Hasil

*Decision model* adalah model simbolis dimana beberapa variabel merepresentasikan keputusan yang harus dibuat. Keputusan ini dibuat untuk mencapai tujuan tertentu. *Decision model* ini menggunakan suatu ukuran performansi yang eksplisit untuk mengukur pencapaian objektif tertentu. *Decision model* ini umumnya digunakan untuk membuat keputusan berkaitan dengan alokasi sumberdaya (waktu, bahan, tenaga kerja) misalnya alokasi tenaga *sales* di berbagai kota, penjadwalan produksi, *cash-management model* dan lain-lain<sup>[2]</sup>. Model linear programming merupakan contoh model preskriptif yang sudah sangat dikenal. Aplikasi model tersebut pada umumnya diawali dengan terlebih dahulu melakukan *time-series forecasting* untuk memprediksikan parameter parameter tertentu misalnya *order* dan *demand*. Jika ada unsur ketidakpastian, maka risiko akibat ketidakpastian ini juga dimodelkan dengan bantuan pendekatan probabilistik dalam bentuk *risk analysis*. Jika model cukup kompleks, dapat digunakan simulasi Monte-Carlo untuk mendapatkan *overall expectation* berdasarkan nilai probabilistik masing-masing *decision variables*.

#### Pendekatan Pemodelan : Linear Thinking Versus System Thinking

Model di atas secara prinsip masih dikatakan berbasis *linear thinking* dimana causalitas diasumsikan terjadi secara serial sehingga penyebab pertama dari rangkaian sebab-akibat ini sering bukanlah sumber masalahnya. Model-model ini lebih banyak diaplikasikan untuk level operational dan tactical. Beberapa problem engineering dan bisnis dapat diklassifikasikan ke dalam level-level pengambilan keputusan di bawah ini:

*Decision model* adalah model simbolis dimana beberapa variabel merepresentasikan keputusan yang harus dibuat. Keputusan ini

dibuat untuk mencapai tujuan tertentu. *Decision model* ini menggunakan suatu ukuran performansi yang eksplisit untuk mengukur pencapaian objektif tertentu. *Decision model* ini umumnya digunakan untuk membuat keputusan berkaitan dengan alokasi sumberdaya (waktu, bahan, tenaga kerja) misalnya alokasi tenaga *sales* di berbagai kota, penjadwalan produksi, *cash-management model* dan lain-lain<sup>[2]</sup> Model linear programming merupakan contoh model preskriptif yang sudah sangat dikenal. Aplikasi model tersebut pada umumnya diawali dengan terlebih dahulu melakukan *time-series forecasting* untuk memprediksikan parameter parameter tertentu misalnya *order* dan *demand*. Jika ada unsur ketidakpastian, maka risiko akibat ketidakpastian ini juga dimodelkan dengan bantuan pendekatan probabilistik dalam bentuk *risk analysis*. Jika model cukup kompleks, dapat digunakan simulasi Monte-Carlo untuk mendapatkan *overall expectation* berdasarkan nilai probabilistik masing-masing *decision variables*.

**Pendekatan Pemodelan : Linear Thinking Versus System Thinking**

Model di atas secara prinsip masih dikatakan berbasis *linear thinking* dimana causalitas diasumsikan terjadi secara serial sehingga penyebab pertama dari rangkaian sebab-akibat ini sering bukanlah sumber masalahnya. Model-model ini lebih banyak diaplikasikan untuk level *operational* dan *tactical*. Beberapa problem engineering dan bisnis dapat diklasifikasikan ke dalam level-level pengambilan keputusan seperti pada Tabel 1.:

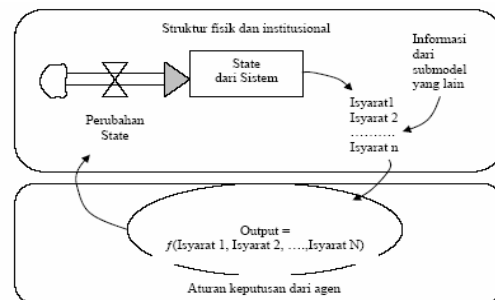
Tabel 1. Level-Level Pengambilan Keputusan

Operational	Tactical	Strategic
Scheduling	Budgeting	Risk
Inventory planning	Risk Management	Investments
Process optimization		
Financial optimization		
Procurement planning		

Kelemahan dari pendekatan ini adalah munculnya *policy resistance* sebagai perlawanan dari penerapan kebijakan. *Policy resistance* ini sering tidak disadari oleh

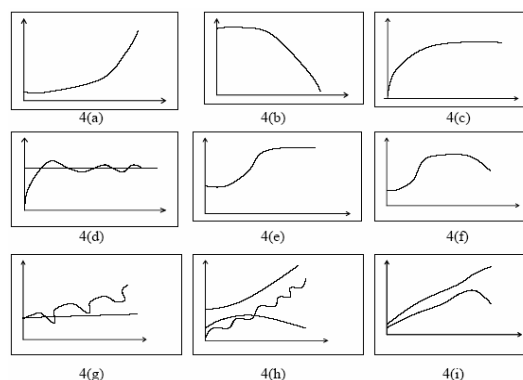
pembuat kebijakan dan dapat menjadi sumber adanya pembatasan pertumbuhan

John Sterman dalam *Business dynamic*<sup>[7]</sup> membuat aliran keputusan dengan pendekatan *system dynamics*. Dengan mengintegrasikan "stock-flow" model, *causal-loop diagram* serta *decision model* berbentuk fungsi matematik, diperoleh sebuah tahapan pengambilan keputusan yang dinamis dengan memperhitungkan reaksi dari lingkungan sebagai *feedback*. Pendekatan *system dynamics modeling* ini merepresentasikan dinamika perubahan state dari sistem dan menghasilkan isyarat-isyarat sebagai keluarannya. Isyarat-isyarat ini diformulasikan ke dalam model keputusan dan kemudian bersama dengan isyarat dari lingkungannya menjadi *feedback* bagi dinamika sistem itu sendiri.



Gambar 3. Aturan Keputusan Dan Dinamika State Dari Sistem Bersifat Umpan Balik

Dengan pendekatan *system dynamics* atau *buisness dynamics* ini, keputusan-keputusan dan kebijakan yang dibuat serta reaksi dari lingkungannya akan direpresentasikan ke dalam *causal-loop diagram*, menggunakan *stock-flow model* sehingga akhirnya dapat disimulasikan dengan komputer.



Gambar 4. Pola-Pola Dasar Dinamika Bisnis : 4(a) sampai 4(i)

Pendekatan yang sering disebut "ilmu sedih baru" ini lebih cocok diaplikasikan untuk level strategik. Selain dengan model simulasi, *decision making* juga dapat menggunakan *system archetype* atau pola-pola dasar yang merepresentasikan dinamik sistem bisnis. Berdasarkan pengamatan atau penelitian terhadap dinamika keadaan di masa lalu dapat digambarkan pola-pola dasar berikut yaitu<sup>[8]</sup> putaran pertumbuhan atau kemerosotan, putaran kesetimbangan (tanpa atau dengan *delay*), batas-batas pertumbuhan, penyelesaian yang memperburuk masalah, menggeser beban dan *tragedy of common*. Penetapan kebijakan-kebijakan dan reaksi dari lingkungan dapat membentuk pola-pola pertumbuhan terus-menerus (4.a) atau kemerosotan terus menerus (4.b), pertumbuhan menuju kesetimbangan baik tanpa *delay* (4.c) atau dengan *delay* (4.d) yang diwarnai oleh osilasi disekitar titik kesetimbangan, pertumbuhan yang stabil (4.e) atau memburuk setelah melawati titik puncak (4.f). Pola yang ketujuh (4.g) menggambarkan adanya peningkatan masalah dan usaha solusi yang memberikan efek membaik tetapi kemudian memburuk lagi secara bergantian. Pola kedelapan merupakan pola kombinasi dimana masalah selalu meningkat kemudian diusahakan solusi insidental yang memperbaiki tetapi juga segera memperburuk seperti pola ke tujuh. Dalam hal ini, ketagihan akan solusi insidental menyebabkan sistem semakin meninggalkan solusi fundamental. Pola kesembilan (4.h) menunjukkan adanya pertumbuhan terus menerus tetapi hal-hal yang diperoleh dari pertumbuhan tersebut malahan menurun.

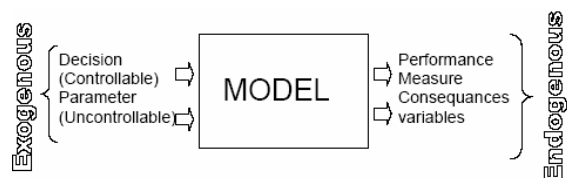
### Model Preskriptif Versus Deskriptif

Model matematik dapat berbentuk preskriptif dimana (1) formulasi model sudah baku untuk jenis permasalahan tertentu, (2) teknik-teknik solusi baik analitik masih mampu menyelesaikan, (3) selalu ada *one-to-one correspondence* antara variable karakterisasi dengan variable formulasi. Contoh dari jenis model matematik ini adalah *linear programming*. Model ini umumnya terdiri dari fungsi objektif umumnya *cost function* dengan beberapa fungsi *constraint*. Nilai optimal diperoleh dengan menemukan *decision variables* yang mengoptimalkan fungsi tujuan. Asumsi bahwa sistem merupakan "single

objek" atau *aggregate* serta diabaikannya unsur waktu menghasilkan model matematik yang statis. Model matematik bertambah kompleks jika digunakan pendekatan dinamis dimana sistem dimodelkan dengan persamaan diferensial dan integral. Transformasi persamaan diferensial menjadi persamaan aljabar yang dikenal dengan Transfer Function akan memudahkan pemahaman karakteristiknya serta penentuan solusinya<sup>[3]</sup>.

Model deskriptif merepresentasikan sistem dengan lebih realistis dan rinci sehingga menghasilkan model yang kompleks dan non-linear sedemikian sulit untuk diselesaikan dengan teknik solusi analitis. Teknik komputasi numeris lebih *powerfull* untuk digunakan. Model simulasi termasuk jenis model yang deksriptif<sup>[9]</sup>. *One-to-one correspondence* menjadi tidak berlaku untuk model simulasi ini. Kemajuan teknik komputasi, visualisasi dan animasi menyebabkan model ini dapat disajikan lebih *user friendly* serta hasil-hasilnya dapat difahami lebih mudah oleh user.

Dengan pendekatan deskriptif ini, diperlukan suatu pemetaan variabel ke dalam endogeneous yaitu faktor-faktor internal yang akan diamati dan juga faktor-faktor eksternal (exogeneous) yang akan berpengaruh pada dinamika sistem.



Gambar 5. Pemetaan Variabel : Model BlackBox

Pemetaan variabel ini sangat bergantung pada objektif dari pemodelan. Pada model interaksi energi-ekonomi<sup>[7]</sup>, GNP bersama *energy prices* dipetakan sebagai faktor *endogeneous* sedangkan pada studi lain menempatkan GNP sebagai faktor *exogeneous*<sup>[10]</sup>.

### Model Peramalan : Pendekatan Aggregate Versus Disaggregate

Peramalan permintaan, *revenue*, *profit* dan *variable performansi* yang lain merupakan basis dalam mengelola bisnis<sup>[11]</sup> baik manufaktur, jasa, maupun energi. Peramalan adalah prediksi, asumsi, atau *viewpoint* tentang beberapa *event* atau kondisi kedepan, umumnya

sebagai basis untuk melakukan tindakan. Penggunaan peramalan dalam bisnis sangat luas dan tak terhindarkan. Keputusan bisnis pada umumnya merupakan jawaban dari pertanyaan-pertanyaan:

1. Berapa tingkat produksi tahun depan?
2. Berapa kapasitas *resources* yang dibutuhkan untuk mendukung tingkat produksi tersebut?
3. Produk baru apa yang harus dikembangkan?
4. Berapa pendanaan yang dibutuhkan untuk bisnis produk tersebut?

Pertanyaan pertama harus dijawab dengan melakukan *forecasting*. Model peramalan yang sering digunakan adalah model *time-series* baik *single* atau *multi-variat*<sup>[7]</sup>. Kedepan, *time-series model* tidak dianjurkan untuk digunakan karena:

1. Peramalan *time-series* cenderung salah (tidak akurat)
2. Peramalan merupakan bagian dari *system decision structures*, sehingga kesalahan peramalan dapat menjadi kontributor dalam perilaku yang problematik dimana peramalan dengan ekstrapolasi menaikkan ketidakstabilan sistem.
3. Ada keinginan untuk menggeser penekanan manajemen untuk pemahaman dan *disain policy*.
4. Peramalan bukan untuk reaksi terhadap problem tetapi untukantisipasi munculnya problem

Peramalan dengan sistem dinamis menggunakan pendekatan *structural* dimana kekuatan hubungan antar elemen dan pribadi sebagai bagian dari sistem ikut diperhitungkan. Peramalan ini dibuat dengan membangun *market model* yang merepresentasikan *supply-chain* sehingga diharapkan akan :

1. Memberikan hasil peramalan yang lebih andal untuk jangka pendek dan menengah.
2. Memberikan *tool* untuk pemahaman penyebab perilaku industri sehingga memungkinkan deteksi dini perubahan struktur internal industri dan menentukan faktor-faktor peramalan mana yang sensitif.
3. Memungkinkan penentuan skenario yang masuk akal sebagai input terhadap keputusan dan *policy*.

*Energy projection* merupakan bagian penting dari perencanaan pembangunan suatu bangsa. Energi *projection* ini membutuhkan model ekonometrik yang *sophisticated*, akan tetapi model ini pun belum mampu memproyeksikan *impak* dari perang, pemutusan *suplai* akibat bencana dan resesi ekonomi. Peramalan konsumsi energi di banyak negara belum berhasil merepresentasikan realitas-realitas baru (seperti usaha implementasi konservasi energi, adanya krisis minyak) yang muncul dalam sistem energi sehingga menghasilkan *overestimate* sampai 75 %<sup>[7]</sup>. Model dan teknik peramalan energi yang digunakan bervariasi dari yang sederhana dengan menggunakan fungsi TREND sampai model yang kompleks yang harus melibatkan variabel *exogeneous* meliputi GDP, populasi, harga energi, dan progres teknologi. Faktor-faktor input yang digunakan untuk simulasi peramalan juga tergantung pada harga parameter input seperti nilai elastisitas *energy demand* dan kurva *suplai*. Perbedaan pendekatan dalam berbagai aspek terutama antara industri dan pemerintah di satu pihak dengan pakar lingkungan menyebabkan perbedaan hasil peramalan antara kedua pihak tersebut dengan faktor dua<sup>[7]</sup>.

## APLIKASI PEMODELAN DALAM DECISION MAKING

### Model Aggregate

Pendekatan *aggregate* merupakan pendekatan yang umum dilakukan dimana sistem yang ditinjau diwakili oleh sebuah *entitas* tunggal atau *single object*. *Decision modeling* untuk aplikasi bisnis banyak menggunakan pendekatan *aggregate*. Model-model yang digunakan dalam pendekatan ini umumnya meliputi model optimasi baik untuk sumberdaya, minimasi *cost* dan maksimasi *profit*, demikian juga model-model peramalan baik *time-series* maupun *causal*. Selain model optimasi dan peramalan, *decision making* juga memerlukan model-model probabilistik untuk analisis risiko dan *multi-criteria decision making* untuk strategi investasi dan *planning*<sup>[13]</sup> seperti ditunjukkan oleh Tabel 2.

Tabel 2. Model-Model Probabilistik Untuk Analisis Risiko dan *Multi-Criteria Decision Making*

Problem	Model Solusi
Optimization problem	Lagrangian relaxation method
Cost minimization, Profit maximization	Mixed-Integer programming Branch-Bound
Stochastic risk analysis	Monte-Carlo simulation
Trading strategy	Multi-criteria decision method
Strategic planning task	Stochastic multi-criteria acceptability analysis

Gambaran tentang profit, risiko, strategi perencanaan dan perdagangan, digunakan berbagai teknik seperti *branch and bound*, Monte-Carlo, *multi-criteria decision method* baik deterministic maupun probabilistic. Model-model tersebut umumnya menggunakan pendekatan statis dan *aggregate*.

#### Model Disaggregate : System Dynamics Model

Disatu pihak, penggunaan *system dynamics modeling* untuk *energy planning* juga telah banyak dikembangkan. Fokus penelitiannya adalah evaluasi kebijakan serta perencanaan strategis. Beberapa penelitian di US dapat ditunjukkan di bawah ini [6]:

Tabel 3. Penelitian di US

Effects of regulatory policy on utility performance	Geraghty and Lyneis (1983)
Effects of external agents on utility performance	Geraghty and Lyneis (1985)
Financial performance of utilities	Lyneis (1985)
Effects of energy conservation practices on utility performance	Ford, Bull and Naill (1989); Ford and Bull (1989); Aslam and Saeed (1995)
Regional strategic electricity/energy planning	Dyner et al. (1990)
National strategic electricity/energy planning	Coyle and Rego (1983); Naill (1977, 1992); Sterman (1981)
Deregulation in the US electric power industry	Lyneis, Bespolka and Tucker (1994)
River use and its impact on hydroelectric power	Ford (1996a)

#### Model Deskriptif : Event-Oriented Model

Di dalam pendekatan *event-oriented*, dinamika output dari model simulasi didasarkan

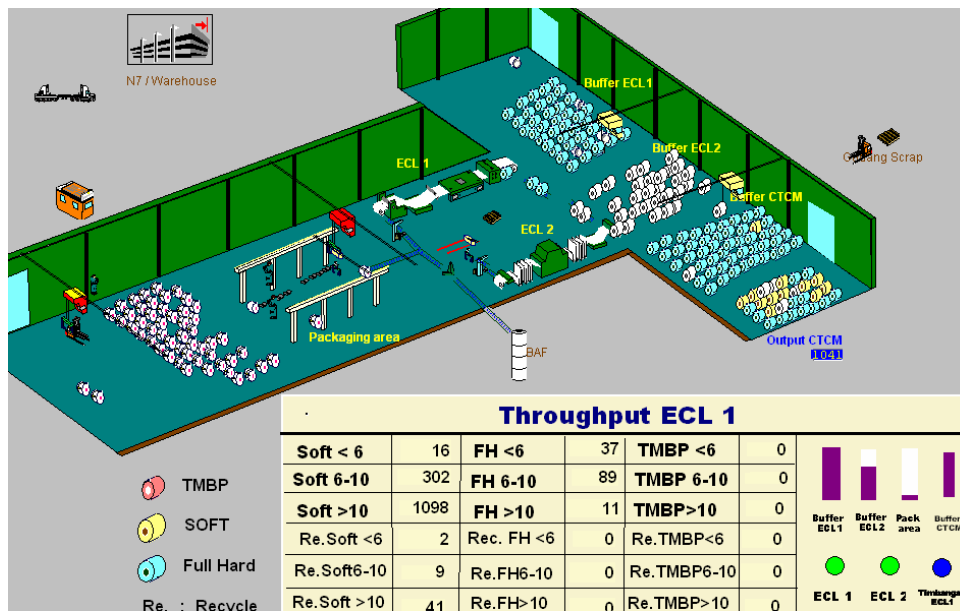
pada kejadian-kejadian (*events*) dan waktu bergerak mengikuti kejadian-kejadian tersebut. Menurut pendekatan ini, sistem dimodelkan sedemikian sehingga variable keadaan berubah hanya pada himpunan diskrit dari titik-titik waktu. Variabel keadaan berubah ketika ada kejadian/event walaupun tidak setiap kejadian mengubah nilai variabel keadaan. Model dianalisis dengan menggunakan metoda numerik dan bukan analitik. Metoda numeris menggunakan prosedur komputasi untuk "solve" model matematik dan bukan dengan solusi analitik. Dengan prosedur komputasi, model lebih cenderung dijalankan (*to be run*) bukan diselesaikan (*to be solved*). Data output hasil "run" model kemudian dikoleksi dan dianalisis untuk dapat mengestimasi ukuran performansi sistem.

Pendekatan *discrete-event* ini cukup *powerfull* diaplikasikan pada sistem produksi yang kompleks., tentu saja dengan bantuan software simulasi. Beberapa perusahaan besar dari luar negeri telah banyak memanfaatkan pendekatan ini untuk perbaikan kinerja sistem seperti ditunjukkan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Perusahaan Besar Dari Luar Negeri Yang Telah Memanfaatkan Pendekatan Discrete-Event

Perusahaan	Topik	Outcome
FIAT	Scheduling & New Procedures	Work-In-Process turun 48 %, dan penghematan > US\$ 1 juta
EXXON MOBIL	Optimasi alat dan proses	Produksi naik 40 %
CYMER	Layout, process, schedule, WIP	Pendapatan naik US \$ 180 juta
VW	Lokasi Warehouse dan jalur distribusi	Penghematan sampai US\$ US 20 juta
WRIGHT	Equipment, process, shchedule	Produksi naik 2 kali, dan penghematan sebesar \$ 10 juta

Untukantisipasi peningkatan permintaan produk baja sampai 30%, engineer di perusahaan tersebut memperkirakan penambahan satu *crane* baru. Dengan model simulasi dapat ditunjukkan bahwa kesibukan *crane* diperkirakan hanya meningkat menjadi 65% dari semula 45% sehingga keputusan untuk tidak menambah *crane* baru merupakan penghematan biaya ratusan ribu dollar.



Gambar 6. Aplikasi Discrete-Event Simulation

Model untuk menguji usulan penambahan *crane* di perusahaan baja nasional. hasilnya adalah perusahaan direkomendasikan untuk tidak membeli *crane* baru<sup>[16]</sup>.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan pengkajian dari berbagai aspek dapat disimpulkan bahwa :

1. Peran pemodelan sistem semakin berkembang dan dalam beberapa contoh aplikasi oleh perusahaan besar menunjukkan bahwa pemodelan sistem menawarkan kontribusi yang signifikan dengan menyelamatkan modal sampai 20 juta dollar, meningkatkan produktivitas sampai 2 kali, meningkatkan kinerja sampai 48% serta meningkatkan pendapatan sampai 180 juta dollar. Penggunaan discrete-event model juga telah menyelamatkan modal sampai ratusan ribu dollar di perusahaan baja nasional karena usulan pembelian *crane* baru dinilai tidak diperlukan setelah *material handling system* yang ada dievaluasi ulang dengan bantuan model sistem tersebut.
2. Kedepan, peran pemodelan mulai bergeser dari level operasional dan tactical ke level strategis dengan berkembangnya *system dynamics model*. Disain strategi dan kebijakan dapat dievaluasi dampaknya

kedepan dengan *system dynamics* ini sehingga dapat diantisipasi kemungkinan terjadinya instabilitas, menurunnya profit, solusi yang memperburuk masalah, ketagihan akan solusi insidental sehingga semakin menjauh dari solusi fundamental termasuk munculnya *tragedy of common*.

3. Masuknya model dalam proses pengambilan keputusan merupakan bukti penjelasan prinsip manajemen bahwa “ masalah dan solusi” pada dasarnya tidak dekat baik dalam jarak maupun waktu. Kajian ini tentu saja masih sangat mendasar yang tentu saja terus dikembangkan dengan tujuan diperolehnya sebuah *road map* riset dan pengembangan di bidang pemodelan sistem yang bermanfaat untuk kepentingan masyarakat.

## DAFTAR PUSTAKA.

1. JENNING D, WATTAM S, 1998, *Decision Making : An Integrated Approach*, Financial Times, Petman Publishing, London.
2. MOORE, WEATHERFORD, 2001, *Decision Modeling With Microsoft Excel*, Prencice-Hall.
3. D.N.P. MURTHY.ET.AL, 1990, *Mathematical Modelling*, Pergamon Press.
4. JAWA POS, Minggu, 27 Oktober 2007

5. KELTON, 1996, *Simulation, Modeling and Analysis*, McGraw-Hill.
6. [WWW.DOE.COM](http://WWW.DOE.COM)
7. JOHN D STERMAN, 2000, *Buisness Dynamics: System Thinking and Modeling for A Complex World*, Irwin-McGraw-Hill.
8. SENGE, PETER, 2002, *Disiplin Kelima : Strategi dan Alat Untuk Membangun Organisasi Pembelajaran*, Penerbit Interaksara.
9. RONALD ASKIN ET.AL., 1993, *Modeling and Analysis of Manufacturing System*, John Wiley and Sons.
10. HARREL, GHOSH & BOWDEN, 2003, *Simulation Using Promodel*, McGraw-Hill.
11. JAMES F LINEIS, 2000, *System dynamics for market forecasting and structural analysis*, system dynamics Review, Spring.
12. TURAN, BASOGLU, OMER, 2002, "A System Dynamics Simulation for Energy Sector of Turkey", Journal of Simualtion Conference.
13. SIMO MAKKONEN, 2005, "Decision Modeling Tools For Energy Utilities In The Deregulated Market":, Thesis dissertation, Helsinki University of Technology.
14. SMITH, GRAIG, 1986, *Energy Management Principles*, Pergamon Press.
15. [www.promodel.com](http://www.promodel.com)
16. MAYA, PRATIWI R, KURNIAWAN I, ZUHDI, ALIQ, 2005, "Analisis Kapasits Product-Mix Menggunakan Discrete-Events Simulation Model", Proceeding Of National Seminar Of Simulation Technology, held by Design, Simulation and Computation Laboratory Mei

## TANYA JAWAB

### Pertanyaan

1. Apa kaitannya modul dengan *prototype* pada pengembangan energi? (Djunaidi)
2. Apakah dengan indeks Hartigan dapat menjawab pertanyaan no 1? (Djunaidi)
3. Dasar pembagian 3 kelompok diatas dengan metode apa? (Lukman Hakim)

### Jawaban

1. Model merupakan tiruan dari sistem tujuannya untuk bisa digunakan untuk karakterisasi sistem. *Prototype* adalah salah satu dari sistem produk. Modul bisa digunakan sebagai soal untuk membantu pengembangan engineering dari mulai disain, protoipe sampai produk jadi.
2. Ya, karena indeks Hartigan bertujuan untuk menentukan berapa kelompok yang sebaiknya dibentuk dari sample pada 11 titik stasiun tersebut.
3. Dengan menggunakan metode Hirarki (*Complete Linkage*) yang didasarkan dari indeks Hartigan. Ternyata kelompok ang sebaiknya dibentuk dengan 3 kelompok, diklompokkan berdasarkan jarak terjauh (*Complete Linkage*) dengan melihat pada *Euclidean distance* dan dendagram.