

# Pengantar Model dan Simulasi

# Definisi Model

- Adalah suatu representasi sederhana dari sebuah sistem (atau proses atau teori), → bukan sistem itu sendiri.
- Tidak harus memiliki seluruh atribut → disederhanakan, dikontrol, digeneralisasi atau diidealkan.
- Harus di validasi.

# Simulasi

- Adalah peniruan operasi, menurut waktu, sebuah proses atau sistem dunia nyata.
- Adalah upaya melakukan pendekatan thd sistem yang nyata dengan menggunakan model.
- Dapat dilakukan secara manual maupun dengan bantuan komputer.
- Digunakan sebagai gambaran karakteristik suatu sistem dari model yang telah dikembangkan.

# Keuntungan menggunakan model

- Hemat Biaya
- Hemat waktu
- Fokus pada karakteristik yang penting, simplifikasi sesuatu yang terlalu detil dan rumit.
- Mudah melakukan perubahan, update, revisi, ataupun penambahan fitur/fungsi/peranan.

# Mengapa melakukan simulasi?



Pendekatan *trial-and-error* mahal, menghabiskan waktu, dan mengganggu

# Mengapa melakukan simulasi?

- Flight simulator: untuk meminimalisasi resiko kerugian yang besar dan kesalahan yang fatal dalam kehidupan nyata.
- Aplikasi lain (produksi dan transportasi minyak): mengetahui perilaku produksi dan aliran minyak

# Mengapa melakukan simulasi?

- Menyediakan metoda analisis: meramalkan kinerja sistem.
- Mendukung pengambilan keputusan: prediksi harga saham.
- Terhindar dari risiko.
- Menggunakan cara try-it and see-it
- Menghilangkan faktor emosi(kira-kira) dari pengambilan keputusan dengan menyediakan bukti objektif.

# Karakteristik Simulasi

- Karakteristik simulasi sebagai alat perencanaan dan pengambilan keputusan yang tangguh:
  - Mencakup saling ketergantungan sistem (sistem independencies)
  - Memperhitungkan variabilitas sistem
  - Sanggup membuat model untuk sistem apapun
  - Memperlihatkan perilaku sistem setiap saat.
  - Lebih murah dan cepat.
  - Menarik perhatian
  - Hasil mudah dimengerti



# Keuntungan Simulasi

- Compress Time ( menghemat Waktu)
- Expand Time (dapat melebar luaskan waktu)
- Control sources of variation (dapat mengawasi sumber-sumber yang bervariasi)
- Error in measurement correction (mengoreksi kesalahan-kesalahan perhitungan)
- Stop simulation and restart (dapat dihentikan dan dijalankan kembali)
- Easy to replicate (mudah diperbanyak)

# Penggunaan Simulasi

- Mempelajari interaksi dalam sistem yang kompleks.
- Untuk visualisasi.
- Sebagai verifikasi model yang dikembangkan.
- Sebagai alat untuk melakukan percobaan, sensitivity analysis, prediksi dari model yang dikembangkan.

# Tidak perlu dengan simulasi

- Jika masalah mudah diselesaikan dengan metode sederhana.
- Diselesaikan dengan analitik.
- Eksperimen langsung lebih murah, mudah, dan dimungkinkan.
- Data tidak tersedia.

# Pengetahuan dan Keterampilan yang dibutuhkan

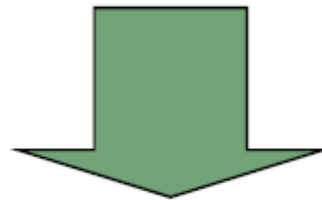
- Manajemen proyek
- Komunikasi
- System engineering
- Analisis statistik
- Konsep dan prinsip pemodelan
- Metode atau tool pemecahaan masalah
- Keterampilan dan pemrograman komputer
- Keakraban dengan sistem yang tengah diteliti.

# Justifikasi Ekonomi

- Jika biaya melebihi manfaat yang diharapkan  
→ simulasi sebaiknya tidak digunakan.

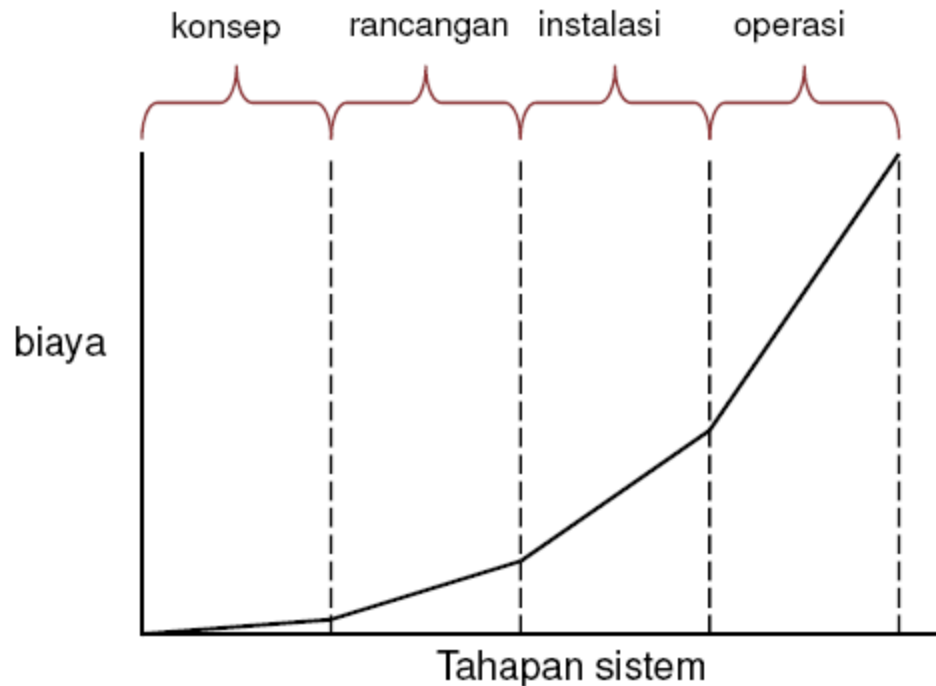
Justifikasi ekonomi: kesulitan

TIDAK mengetahui jumlah biaya yang dapat dihemat sampai akhirnya sistem nyata dijalankan



*ROI* atau *payback analysis*

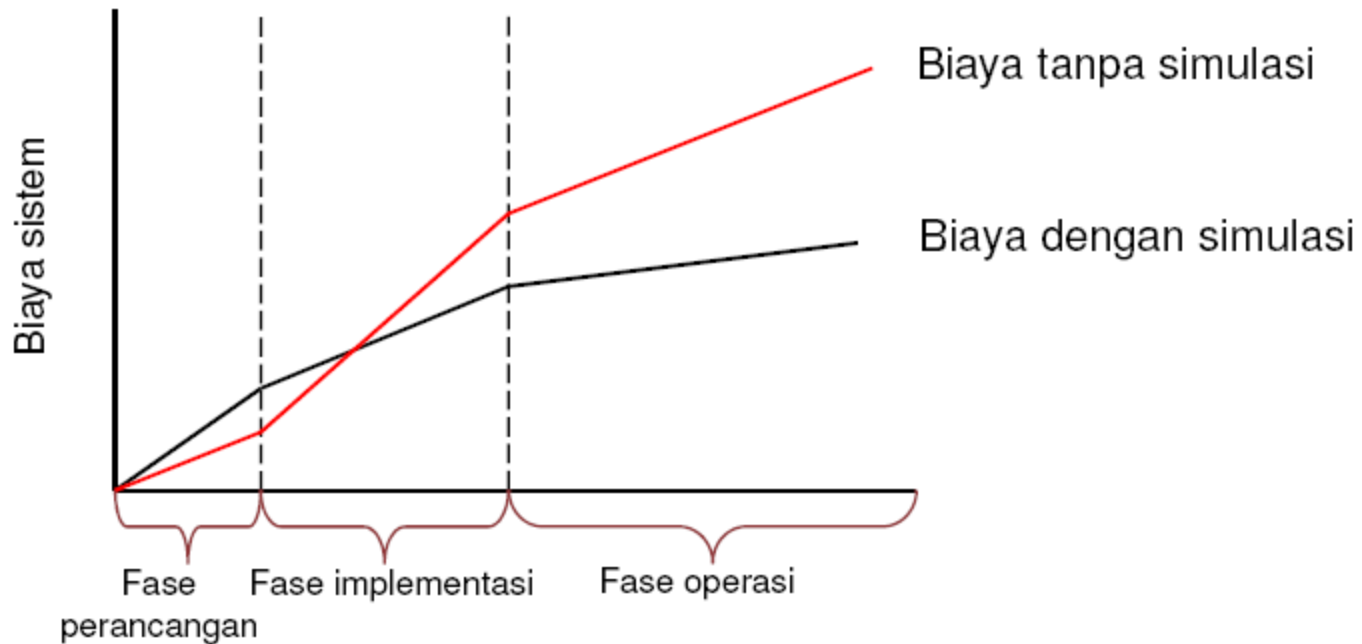
# Rule of tens



**Rule of tens:**  
Aturan untuk memperbaiki suatu masalah meningkat 10 kali lipat pada setiap tahap perancangan yang dilalui tanpa bisa dideteksi

Biaya melakukan perubahan pada tahapan pengembangan sistem

# Biaya tanpa vs. dengan simulasi



# Key Points

- Simulasi merupakan teknologi yang tangguh untuk meningkatkan dan optimalisasi solusi .
- Model dan Simulasi sebagai alat pengambilan keputusan yang tak ternilai harganya (bisa dilakukan berulang kali dengan kasus atau skenario yg berbeda).
- Simulasi merangsang pemikiran kreatif dan menghasilkan keputusan yang lebih baik.



# Pengenalan Optimasi

Definisi sederhana: Proses untuk membuat sesuatu menjadi lebih baik.

Misal:

1. Jalan mana yang terbaik yang saya lalui pada jam 4 sore ?
- 2.

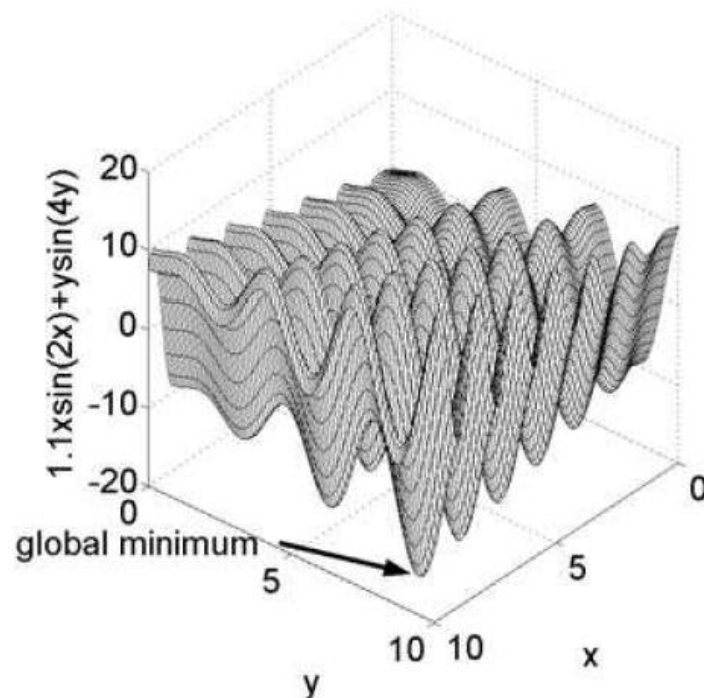
Definisi lengkap: proses yang mengolah input melalui proses matematika , eksperimen, atau alat khusus sehingga menghasilkan output yang minimum atau maksimum.

# Fungsi Fitness (objective)

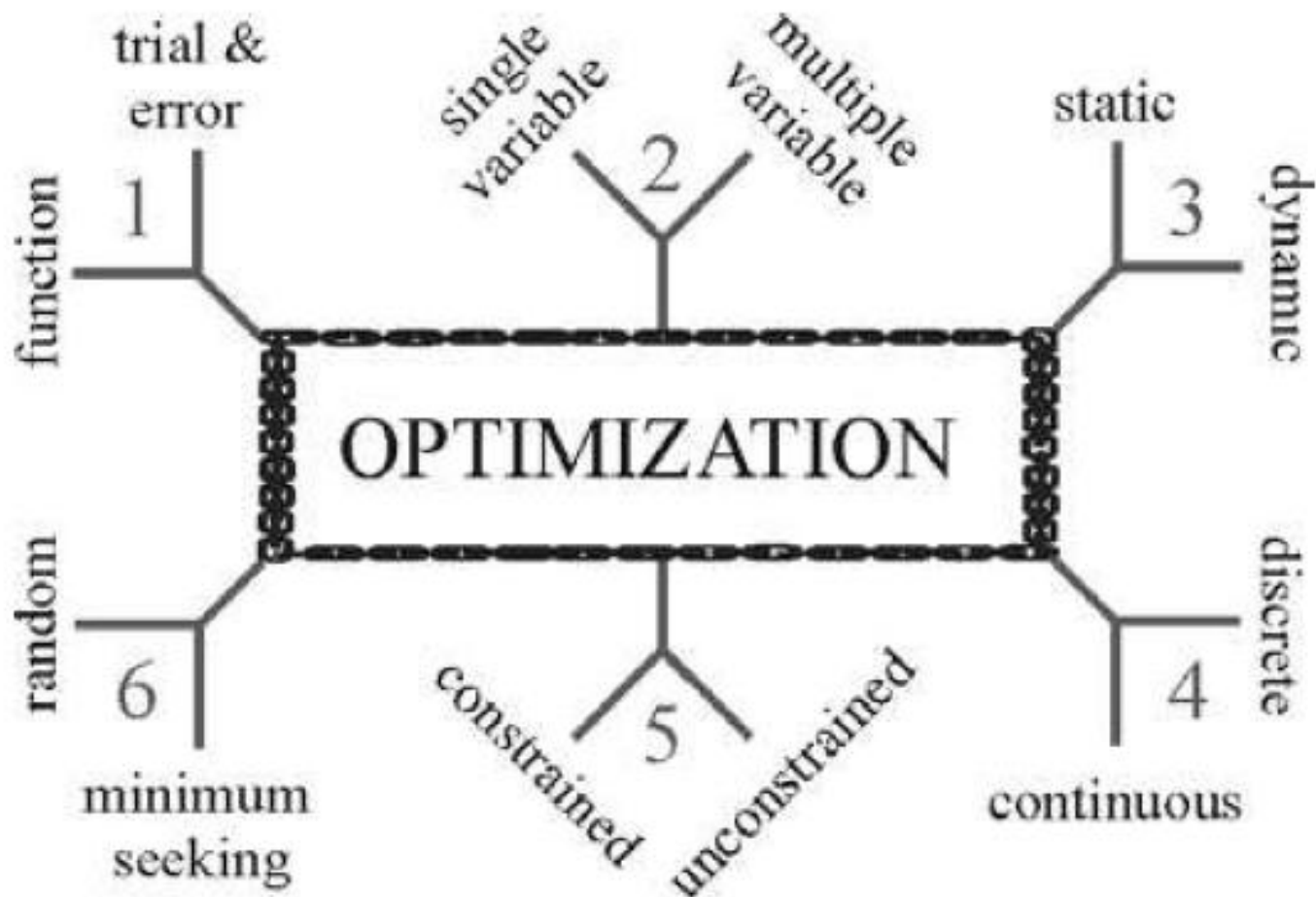
- Biaya, waktu, tenaga atau resource yang lain.

Misal: Find the minimum of:  $f(x, y) = x \sin(4x) + 1.1y \sin(2y)$

Subject to:  $0 \leq x \leq 10$  and  $0 \leq y \leq 10$

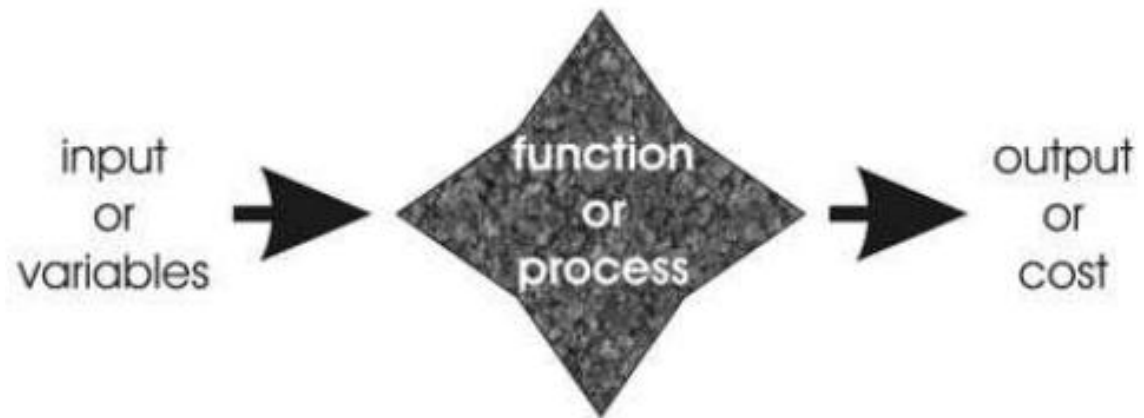


# Karakteristik Optimasi

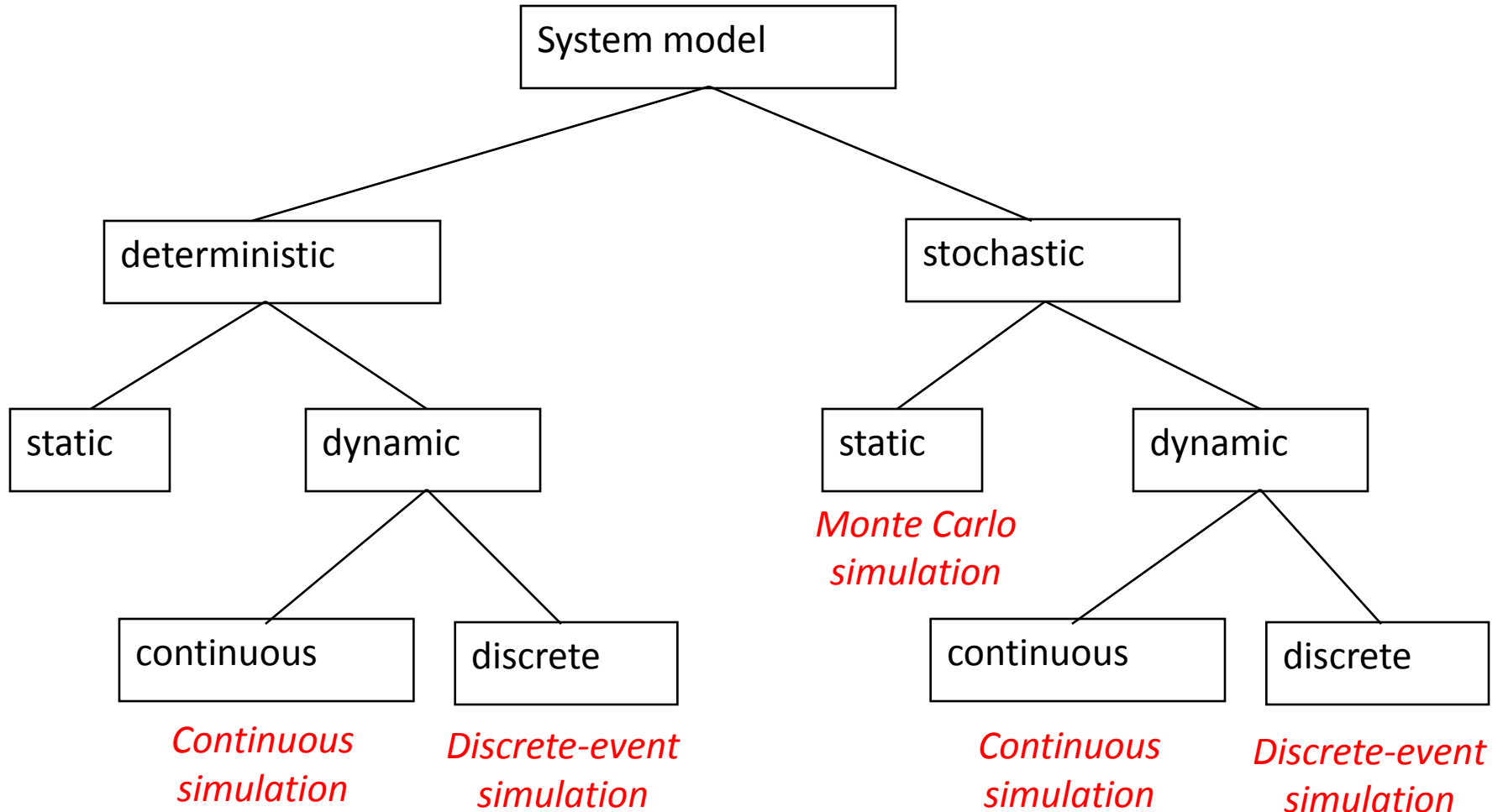


# Key Points

- Elemen Optimasi antara lain
  - Fungsi Objectives/Fitness
  - Constraint
  - Input
  - Output
  - Metode



# Types of Simulation Models



# Stochastic vs. Deterministic

- **Stochastic simulation:** a simulation that contains random (probabilistic) elements, e.g.,
  - Examples
    - Inter-arrival time or service time of customers at a restaurant or store
    - Amount of time required to service a customer
  - Output is a random quantity (multiple runs required analyze output)
- **Deterministic simulation:** a simulation containing no random elements
  - Examples
    - Simulation of a digital circuit
    - Simulation of a chemical reaction based on differential equations
  - Output is deterministic for a given set of inputs

# Static vs. Dynamic Models

- Static models
  - Model where time is not a significant variable
  - Examples
    - Determine the probability of a winning solitaire hand
  - Static + stochastic = Monte Carlo simulation
    - Statistical sampling to develop approximate solutions to numerical problems
- Dynamic models
  - Model focusing on the evolution of the system under investigation over time
  - Main focus of this course

# Continuous vs. Discrete

- Discrete
  - State of the system is viewed as changing at discrete points in time
  - An event is associated with each state transition
    - Events contain time stamp
- Continuous
  - State of the system is viewed as changing continuously across time
  - System typically described by a set of differential equations



# Jenis Model

- Model Ikonik: model yang mengandung karakteristik dan properti nyata dari suatu sistem yang dimodelkan. Contoh bentuk pilot plant dari suatu pabrik.
- Model Analog: model sebagai analogi dari keadaan nyata. Contoh model histogram dimana panjang batang adalah representasi dari frekuensi.
- Model simbolik/matematis: menggunakan simbol sebagai properti dari sistem yang dimodelkan. Contoh persamaan  $s = v \cdot t$ .

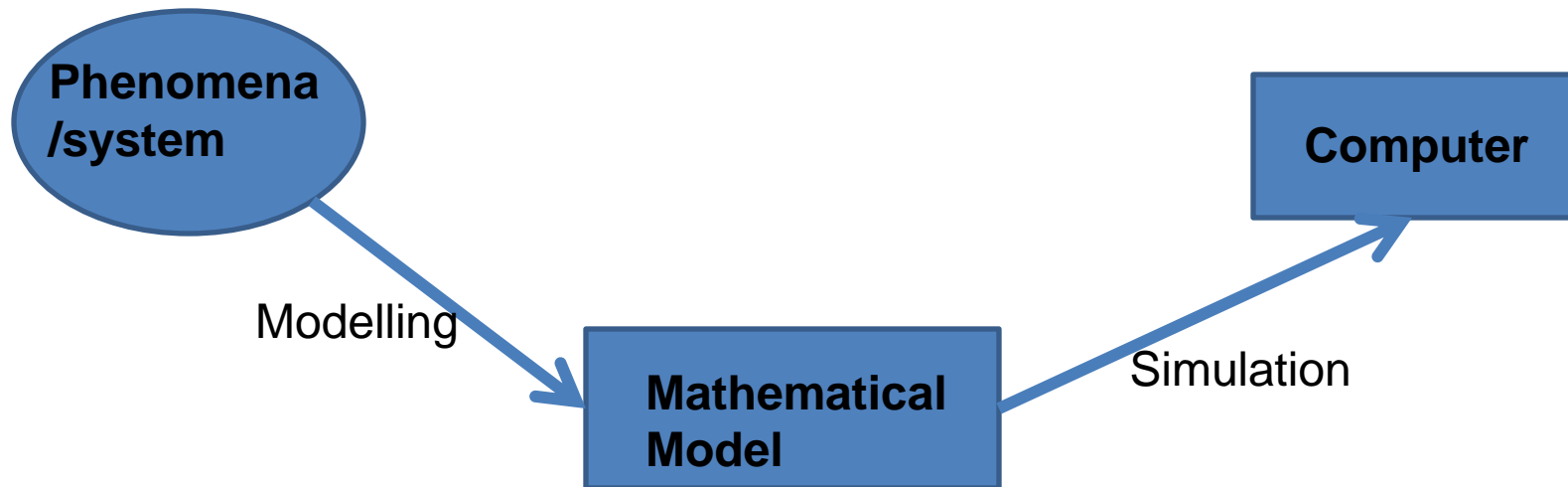
# Model Matematis

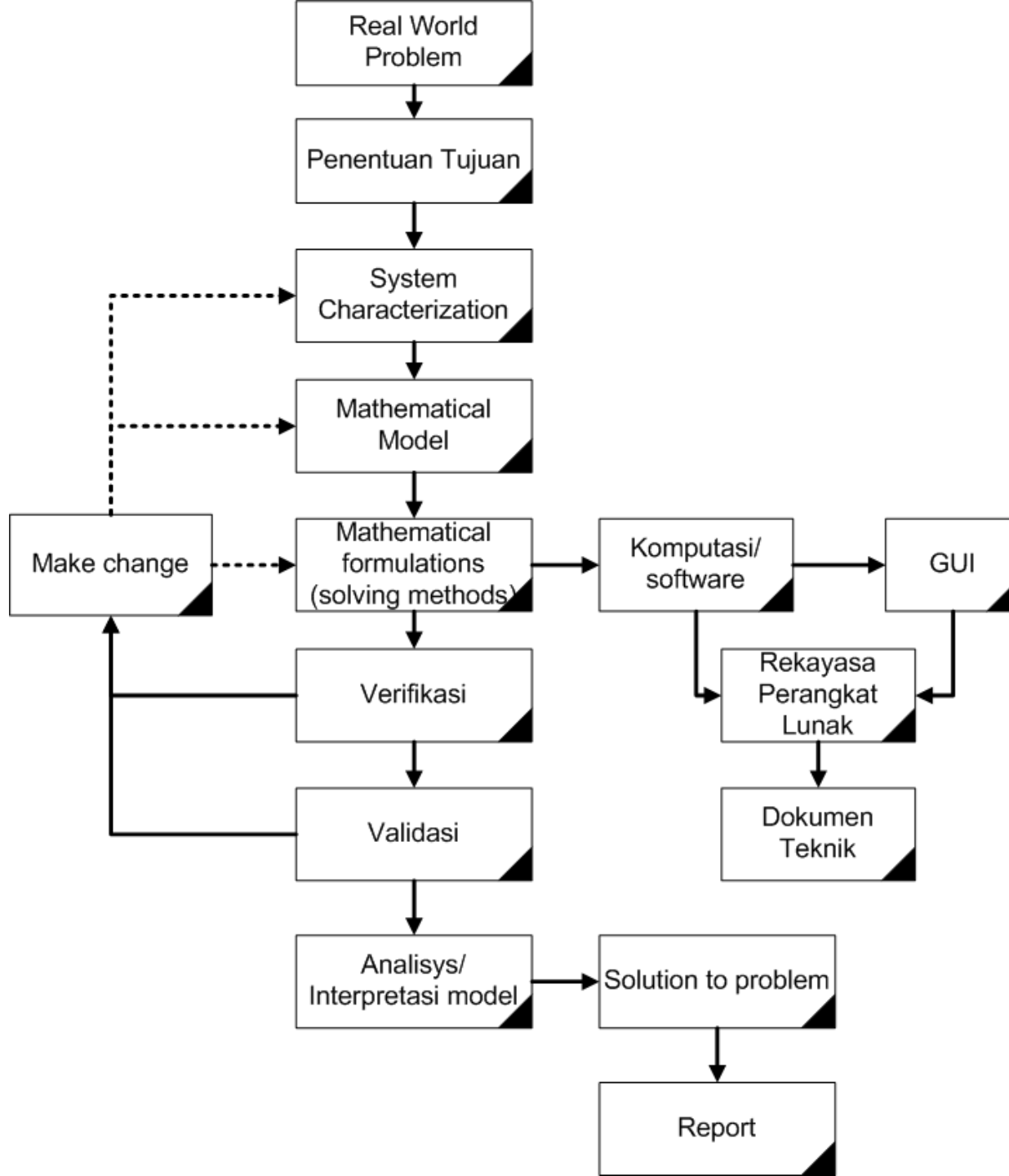
- Dua model matematis:
  - Model matematis deskriptis: model yang mendeskripsikan perilaku dari sistem. Contoh  $d_t = a + b_t \rightarrow$  demand (d) pada waktu ke-t berubah seiring waktu (b pada ke-t).
  - Model matematis normatif: Model untuk pengambilan keputusan. Contoh model tata letak sebuah pabrik tekstil.

# Contoh model dan simulasi

- Pengaturan traffic light.
- Pengaturan persediaan bahan baku produksi.
- Strategi militer.
- Monitoring tekanan jaringan pipa gas.
- Simulasi pilot pesawat.
- Prediksi pergerakan mata uang, stock, dll
- Dll.

# Modelling and Simulation





# Verification

- Did I build the model right?
- Does the computational model match the specification model?
- Largely a software engineering activity (debugging)
- Not to be confused with correctness (see model validation)!

# Validation

- **Did I build the right model?**
- Does the computational model match the actual (or envisioned) system?
- Typically, compare against
  - Measurements of actual system
  - An analytic (mathematical) model of the system
  - Another simulation model
- By necessity, always an incomplete activity!
  - Often can only validate portions of the model
  - If you can validate the simulation with 100% certainty, why build the simulation?

# Verifikasi dan Validasi

- Langkah terpenting dalam studi simulasi: validasi.
- Verifikasi: pengecekan apakah program bekerja dengan baik.
  - Apakah model diprogram secara benar (input parameters dan logical structure)?
- Validasi: Proses pengujian thd model apakah model yang dibuat sudah sesuai dengan sistem nyatanya.



# Validasi

- Perbandingan rata-rata (mean comparison):

$$E = \frac{(\bar{S} - \bar{A})}{\bar{A}} \quad \text{dianggap valid bila } E \leq 5\%.$$

dimana:  $\bar{S}$  = nilai rata-rata hasil simulasi.

$\bar{A}$  = nilai rata-rata data aktual.

- Perbandingan variasi amplitudo:

$$E = \frac{|S_s - S_A|}{|S_A|} \quad \text{dimana } S_s = \text{standard deviasi model}$$

$S_A = \text{standard deviasi}$

historis yang tersedia.

## Pentingnya Verifikasi dan Validasi Model (lanjutan)

- **Verifikasi Model** adalah proses menentukan apakah model simulasi merefleksikan model konseptual dengan tepat
- **Validasi Model** adalah proses menentukan apakah model konseptual merefleksikan sistem nyata dengan tepat