

Pemodelan Sistem Operasional Berbasis Simulasi

Despinur Dara
Mata Kuliah Simulasi Bisnis
Program Magister Manajemen

Universitas Negeri Jakarta



Agenda Perkuliahan

01



Konsep Model dalam Simulasi Bisnis

02



Model Konseptual vs Model Komputasional

03



Elemen Sistem Simulasi

04



Representasi Sistem Layanan & Operasional



Brainstorming Pembuka

Refleksikan pengalaman Anda...

Q1

Pernahkah Anda mengamati antrian panjang di bank, rumah sakit, atau kantor layanan publik? Menurut Anda, mengapa antrian tersebut terjadi?

Pikirkan dari sisi kapasitas, waktu pelayanan, dan pola kedatangan.



Q2

Jika Anda adalah seorang manajer operasional, bagaimana Anda menguji apakah penambahan satu teller akan mengurangi waktu tunggu tanpa benar-benar menambahnya terlebih dahulu?

Inilah esensi dari simulasi: bereksperimen tanpa risiko nyata.



Q3

Apa perbedaan antara 'menggambarkan' suatu sistem dan 'menjalankan' sistem tersebut di komputer? Mengapa keduanya penting?



01



Konsep Model dalam Simulasi Bisnis

Pengertian Model dalam Konteks Simulasi

"A model is a representation of a system for the purpose of studying that system."

Law (2015, p. 5)

Esensi Model:

- ☐ Penyederhanaan realitas yang menjaga esensi perilaku sistem
- ☐ Alat untuk memahami hubungan sebab-akibat antar variabel
- ☐ Memungkinkan eksperimen tanpa mengganggu sistem nyata

Sumber: Laguna & Marklund (2019); Law (2015)

Mengapa Model Penting?

- ☐ Mengurangi biaya dan risiko pengambilan keputusan
- ☐ Mengidentifikasi bottleneck sebelum implementasi
- ☐ Mengevaluasi skenario what-if secara sistematis

Klasifikasi Model Simulasi



Statis vs Dinamis

Statis: tidak berubah terhadap waktu (Monte Carlo).
Dinamis: berevolusi sepanjang waktu.



Deterministik vs Stokastik

Deterministik: tanpa elemen acak.
Stokastik: mengandung variabel random (probabilistik).



Kontinu vs Diskret

Kontinu: variabel berubah terus-menerus.
Diskret: perubahan hanya terjadi pada titik waktu tertentu (event).

Sumber: Banks et al. (2010, Ch. 1); Law (2015, Ch. 1)

Proses Pemodelan Simulasi



Pendekatan Iteratif: Pemodelan simulasi bukan proses linear. Setiap tahap dapat direvisi berdasarkan temuan pada tahap selanjutnya. Validasi model dilakukan dengan membandingkan output simulasi terhadap data historis sistem nyata. Verifikasi memastikan bahwa model komputasional telah secara akurat merepresentasikan model konseptual.

Sumber: Law (2015, Ch. 5); Banks et al. (2010, Ch. 1)

02



Model Konseptual vs Model Komputasional

Model Konseptual



Definisi & Karakteristik

- ❑ Representasi abstrak sistem yang menjelaskan logika, asumsi, dan batasan
- ❑ Biasanya berupa diagram alur (flowchart), narasi, atau notasi grafis
- ❑ Menjembatani antara pemahaman problem owner dan analisis simulasi
- ❑ Independen dari perangkat lunak tertentu



Fungsi Model Konseptual

- ❑ Mendefinisikan ruang lingkup dan tujuan simulasi
- ❑ Mengidentifikasi entitas, aktivitas, dan aturan operasional
- ❑ Menyepakati asumsi dengan stakeholder
- ❑ Menjadi dasar (blueprint) bagi model komputasional

Sumber: Laguna & Marklund (2019, Ch. 3); Robinson (2008)

Model Komputasional



Definisi & Karakteristik

- ❑ Implementasi model konseptual ke dalam program komputer
- ❑ Dibangun menggunakan perangkat lunak simulasi (Arena, AnyLogic, Simul8, dll.)
- ❑ Menggunakan distribusi probabilitas untuk merepresentasikan ketidakpastian
- ❑ Dapat dieksekusi berulang kali (replikasi) untuk analisis statistik



Fungsi Model Komputasional

- ❑ Menghasilkan output kuantitatif yang terukur
- ❑ Memungkinkan analisis skenario (what-if analysis)
- ❑ Mengoptimalkan parameter operasional (jumlah server, kapasitas, dll.)
- ❑ Menghasilkan animasi dan visualisasi proses

Sumber: Kelton et al. (2024, Ch. 2); Law (2015, Ch. 3)

Perbandingan Model Konseptual dan Komputasional

Aspek	Model Konseptual	Model Komputasional
Bentuk	Diagram, narasi, flowchart	Program/kode simulasi
Tujuan	Memahami & menyepakati logika sistem	Menghasilkan output kuantitatif
Pengguna Utama	Stakeholder, analis, manajer	Analisis simulasi, programmer
Ketergantungan Software	Independen	Bergantung pada platform
Level Abstraksi	Tinggi (high-level)	Detail (low-level)
Output	Kesepakatan dan pemahaman bersama	Data, statistik, animasi simulasi

Sumber: Disarikan dari Laguna & Marklund (2019); Law (2015); Banks et al. (2010)



Diskusi

Q1

Perusahaan e-commerce ingin memperbaiki waktu pengiriman. Langkah pertama apa sebelum membangun simulasi, langsung coding, atau ada tahap lain?

Kaitkan dengan pentingnya model konseptual sebagai blueprint.



Q2

Bayangkan sistem drive-through restoran cepat saji. Identifikasikan: apa entity, resource, queue, dan activity dalam sistem tersebut?



Q3

Apakah model konseptual yang sempurna namun tak pernah diprogram memiliki nilai? Sebaliknya, apakah model komputasional tanpa blueprint konseptual dapat diandalkan?

Pikirkan hubungan komplementer antara kedua jenis model.



03



Elemen Sistem Simulasi

Event · Entity · Resource · Queue · Activity

Event (Peristiwa/Kejadian)

Event adalah kejadian sesaat (instantaneous) yang mengubah keadaan (state) sistem pada titik waktu tertentu. Event menjadi penggerak utama dalam simulasi diskret (discrete-event simulation).

Jenis Event:

- ☐ Arrival Event: kedatangan entitas baru ke sistem
- ☐ Departure Event: keluarnya entitas dari sistem
- ☐ End Event: akhir simulasi

Contoh Operasional:

- ☐ Kedatangan nasabah di teller bank
- ☐ Selesaiannya proses produksi di mesin
- ☐ Kegagalan (breakdown) mesin pabrik

Sumber: Banks et al. (2010, Ch. 3); Law (2015, Ch. 1)

Entity (Entitas)

Entity adalah objek dinamis yang mengalir melalui sistem, diproses, dan akhirnya meninggalkan sistem. Setiap entitas memiliki atribut (attributes) yang membedakannya dari entitas lain.



Manufaktur

Bahan baku, produk setengah jadi, produk akhir



Jasa Keuangan

Nasabah, dokumen permohonan kredit, transaksi



Rumah Sakit

Pasien, sampel laboratorium, rekam medis

Sumber: Kelton et al. (2024, Ch. 2); Laguna & Marklund (2019, Ch. 4)

Resources (Sumber Daya)

Resource adalah elemen statis yang menyediakan layanan kepada entitas. Resource memiliki kapasitas terbatas dan statusnya (idle, busy, down) menentukan apakah entitas dapat segera dilayani atau harus menunggu.

Idle

Tersedia untuk melayani entitas

Busy

Sedang memproses entitas

Down

Tidak tersedia (rusak/maintenance)

Contoh: Teller bank, mesin produksi, dokter di klinik, server komputer, forklift di gudang, kasir di supermarket.

Sumber: Banks et al. (2010, Ch. 3); Kelton et al. (2024, Ch. 4)

Queue (Antrian)

Queue adalah tempat penampungan sementara di mana entitas menunggu untuk mendapatkan akses ke resource. Panjang dan waktu tunggu antrian menjadi indikator kinerja (KPI) utama dalam analisis simulasi.

Disiplin Antrian (Queue Discipline):

FIFO

Pertama datang, pertama dilayani (paling umum)

LIFO

Terakhir datang, pertama dilayani

Priority

Berdasarkan prioritas (misal: kegawatan pasien)

SJF

Pekerjaan terpendek dilayani terlebih dahulu

Sumber: Law (2015, Ch. 1); Banks et al. (2010, Ch. 3)

Activity (Aktivitas)

Activity adalah proses yang berlangsung selama jangka waktu tertentu (duration), di mana entitas diproses oleh resource. Durasi aktivitas dapat bersifat deterministik (tetap) atau stokastik (mengikuti distribusi probabilitas).

Karakteristik Aktivitas

- ❑ Memiliki durasi waktu (time duration)
- ❑ Menggunakan satu atau lebih resource
- ❑ Mengubah atribut entitas
- ❑ Dapat bersifat value-adding atau non-value-adding

Contoh Durasi Aktivitas

- ❑ Waktu pelayanan teller: $\sim$ Exponential(5 menit)
- ❑ Waktu assembly: $\sim$ Triangular(3, 5, 8 menit)
- ❑ Waktu pemeriksaan dokter: $\sim$ Normal(15, 3 menit)
- ❑ Waktu checkout kasir: konstan 2 menit

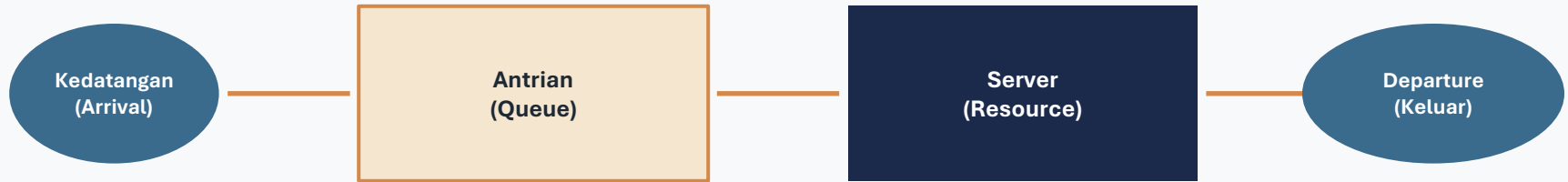
Sumber: Laguna & Marklund (2019, Ch. 4); Kelton et al. (2024, Ch. 4)

04



Representasi Sistem Layanan & Operasional

Representasi Sistem Antrian Sederhana



Model antrian single-server merupakan representasi paling dasar dalam simulasi operasional. Komponen kunci meliputi:

- (1) distribusi waktu antar-kedatangan (inter-arrival time),
- (2) disiplin antrian, dan
- (3) distribusi waktu pelayanan (service time). Model ini dapat diperluas menjadi sistem multi-server, multi-stage, atau jaringan antrian sesuai kompleksitas sistem nyata.

Sumber: Laguna & Marklund (2019, Ch. 4); Law (2015, Ch. 1)

Contoh Representasi Sistem Operasional

Sistem Layanan Bank

Entitas : Nasabah
Resource : Teller (3 unit)
Queue : Antrian tunggal (FIFO)
Activity : Transaksi (Exp ~ 6 min)
KPI : Rata-rata waktu tunggu

Lini Produksi Manufaktur

Entitas : Produk
Resource : Mesin A, B, C (seri)
Queue : Buffer antar-stasiun
Activity : Pemrosesan tiap tahap
KPI : Throughput per jam

Unit Gawat Darurat RS

Entitas : Pasien
Resource : Dokter, Perawat, Bed
Queue : Triage (Priority-based)
Activity : Pemeriksaan, Tindakan
KPI : Waktu tunggu per kategori

Sumber: Kelton et al. (2024); Laguna & Marklund (2019); Sterman (2000)

Rangkuman & Daftar Referensi

Referensi Utama:

- Laguna, M., & Marklund, J. (2019). Business Process Modeling, Simulation and Design (3rd ed.). Pearson.
- Law, A.M. (2015). Simulation Modeling and Analysis (5th ed.). McGraw-Hill.

Referensi Pendukung:

- Banks, J., Carson, J.S., Nelson, B.L., & Nicol, D.M. (2010). Discrete-Event System Simulation (5th ed.). Pearson.
- Sterman, J.D. (2000). Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World. McGraw-Hill.
- Kelton, W.D., Sadowski, R.P., & Zupick, N.B. (2024). Simulation with Arena (7th ed.). McGraw-Hill.



Magister Manajemen
UNJ