

P E R T E M U A N 9

Design of Experiments dan What-if Analysis

Mata Kuliah Simulasi Bisnis

Magister Manajemen FEB Universitas Negeri Jakarta

Semester Genap 2026

Dr. Despinur Dara, S.T., M.M.



Tujuan Pembelajaran



Memahami Konsep Eksperimen dalam Simulasi

Mengapa dan bagaimana eksperimen dilakukan dalam lingkungan simulasi



Menerapkan Prinsip Design of Experiments

Faktor, level, dan respons dengan merancang eksperimen yang terstruktur



Melakukan What-if Analysis

Menguji dampak perubahan parameter kebijakan terhadap kinerja sistem

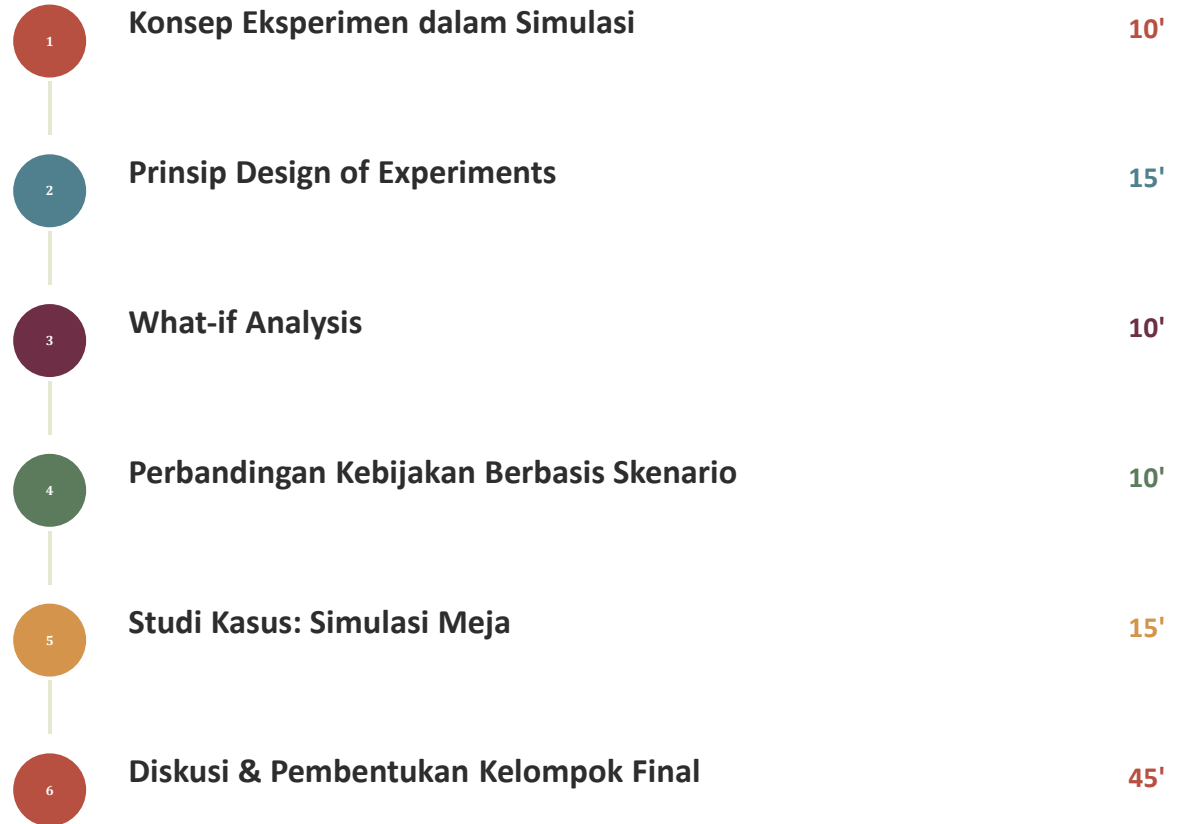


Membandingkan Alternatif Kebijakan

Perbandingan skenario dengan mempertimbangkan trade-off manajerial

Agenda Hari Ini

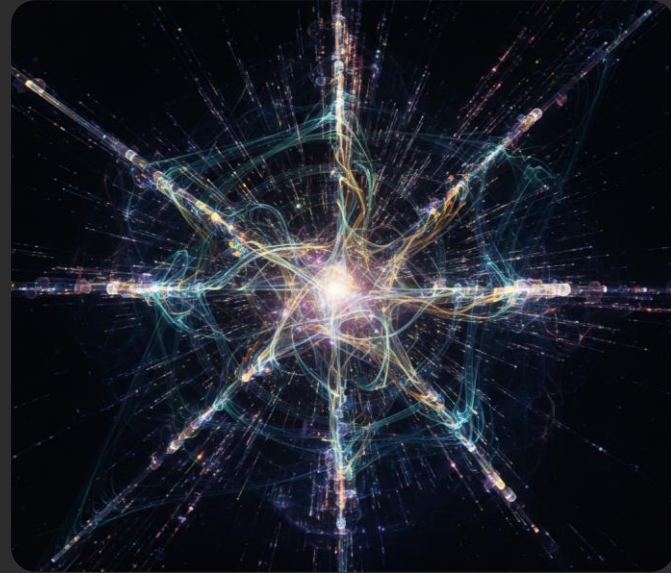
110 menit



01

Konsep Eksperimen dalam Simulasi Bisnis

Mengapa eksperimen nyata sering tidak feasible dan simulasi menjadi jawabannya



Eksperimen: Dari Laboratorium ke Organisasi

Dalam sains, kita menguji hipotesis melalui eksperimen terkontrol. Dalam manajemen, eksperimen langsung di organisasi nyata sering kali terlalu mahal, terlalu berisiko, atau secara etis tidak mungkin dilakukan. Simulasi memungkinkan manajer bereksperimen secara virtual menguji kebijakan, mengubah parameter, dan mengamati dampaknya tanpa mengganggu operasi nyata.



Eksperimen di Dunia Nyata

Mahal —> menambah loket = rekrut pegawai baru
Berisiko —> jika gagal, pelanggan kecewa nyata
Lambat —> butuh berminggu-minggu observasi
Tidak terkontrol —> faktor lain ikut berubah



Eksperimen via Simulasi

Murah —> hanya mengubah parameter di model
Aman —> risiko nol, kegagalan = pembelajaran
Cepat —> hasil dalam hitungan menit
Terkontrol —> hanya variabel target yang berubah

Law (2015): Simulasi memungkinkan evaluasi sistem yang belum ada, membandingkan desain alternatif, dan menguji kebijakan tanpa mengganggu sistem yang sedang berjalan.

Kapan Eksperimen Simulasi Dibutuhkan?



Menguji Kebijakan Baru

Apakah menambah shift malam akan mengurangi backlog?
Apa dampaknya terhadap biaya dan kualitas?



Membandingkan Alternatif

Mana lebih efektif: menambah 2 petugas atau mengotomatisasi satu tahapan proses?



Mengoptimalkan Parameter

Berapa jumlah loket optimal? Berapa safety stock yang menyeimbangkan biaya dan service level?



Mengantisipasi Perubahan

Apa yang terjadi jika demand meningkat 50%? Bagaimana jika regulasi baru mengubah proses?

02

Prinsip Design of Experiments (DoE)

Faktor — Level — Respons



Design of Experiments: Kerangka Konseptual

DoE adalah pendekatan sistematis untuk merancang eksperimen agar hasilnya dapat memberikan informasi maksimal dengan jumlah percobaan minimal. Dalam konteks simulasi bisnis, DoE membantu manajer menjawab pertanyaan: "Faktor apa saja yang mempengaruhi kinerja sistem, seberapa besar pengaruhnya, dan bagaimana interaksi antar faktor tersebut?"

1

Faktor (Factor)

Variabel input yang dapat diubah oleh manajer dan diduga mempengaruhi kinerja sistem

Jumlah petugas, jam operasional, layout antrian, sistem IT yang digunakan

2

Level (Level)

Nilai-nilai spesifik yang ditetapkan untuk setiap faktor dalam eksperimen

*Petugas: 3, 5, atau 7 orang
Jam operasional: 8 jam vs 10 jam
Layout: single-queue vs multi-queue*

3

Respons (Response)

Indikator kinerja yang diukur untuk menilai dampak perubahan faktor

Waktu tunggu rata-rata, throughput harian, utilisasi petugas, kepuasan pelanggan

Pendekatan Eksperimen dalam Simulasi

1

One-Factor-at-a-Time (OFAT)

Mengubah satu faktor sambil menahan faktor lain tetap. Sederhana dan mudah dipahami, tetapi tidak menangkap interaksi antar faktor. Cocok untuk eksplorasi awal dengan jumlah faktor sedikit.

Sederhana, intuitif

Tidak efisien, miss interaksi

2

Full Factorial Design

Menguji seluruh kombinasi level dari semua faktor. Memberikan informasi lengkap termasuk interaksi, tetapi jumlah eksperimen meledak secara eksponensial dengan bertambahnya faktor.

Komprehensif, tangkap interaksi

Jumlah run banyak (2^k)

3

Fractional Factorial

Menguji sebagian kombinasi yang dipilih secara strategis. Kompromi antara efisiensi dan kelengkapan informasi merupakan pendekatan paling praktis untuk simulasi bisnis.

Efisien, tetap tangkap efek utama

Sebagian interaksi mungkin terlewat

Kelton et al. (2024): DoE memungkinkan analisis simulasi memperoleh informasi maksimal dari jumlah run simulasi yang minimal.

Contoh: DoE untuk Pelayanan Publik

Sebuah DPMPTSP ingin menguji tiga faktor yang diduga mempengaruhi waktu tunggu pemohon

Faktor	Level Rendah (–)	Level Tinggi (+)
A: Jumlah Petugas	3 petugas	5 petugas
B: Sistem Antrian	Multi-queue (per loket)	Single-queue (satu antrian)
C: Jam Operasional	8 jam (08.00–16.00)	10 jam (07.00–17.00)

Full Factorial: $2^3 = 8$ kombinasi eksperimen

Respons yang diukur: waktu tunggu rata-rata (menit), utilisasi petugas (%), throughput harian (jumlah pemohon dilayani), dan tingkat kepuasan pemohon (skala survei).

Dengan menjalankan 8 skenario simulasi, manajer dapat mengetahui: faktor mana yang paling berpengaruh, apakah ada interaksi antar faktor (misalnya single-queue hanya efektif jika petugas ≥ 5), dan kombinasi optimal dari ketiga faktor.

03

What-if Analysis

Simulasi dampak perubahan
parameter kebijakan



Apa Itu What-if Analysis?

What-if analysis adalah pendekatan eksploratif yang menguji pertanyaan "Apa yang terjadi jika...?" dengan mengubah satu atau beberapa parameter dalam model simulasi dan mengamati dampaknya terhadap kinerja sistem. Ini adalah bentuk paling intuitif dan paling sering digunakan dari eksperimen simulasi dalam praktik manajerial.

● Apa yang terjadi jika jumlah loket ditambah dari 3 menjadi 5?	Kapasitas
● Apa dampaknya jika waktu layanan dipercepat 20% melalui digitalisasi?	Efisiensi
● Bagaimana jika jam operasional diperpanjang 2 jam?	Operasional
● Apa yang terjadi jika demand meningkat 50% karena kebijakan baru?	Demand
● Bagaimana dampaknya jika 30% proses diotomatisasi?	Teknologi

Proses What-if Analysis

1

Tetapkan Baseline

Jalankan simulasi dengan parameter saat ini untuk mendapatkan kinerja acuan (baseline performance)

2

Identifikasi Parameter

Tentukan parameter mana yang akan diubah berdasarkan hipotesis manajerial atau temuan bottleneck

3

Rancang Skenario

Buat beberapa skenario dengan nilai parameter berbeda termasuk skenario optimistis dan pesimistis

4

Jalankan Simulasi

Eksekusi setiap skenario dengan multiple replications untuk menangkap variabilitas

5

Bandingkan & Rekomendasikan

Analisis output, bandingkan antar skenario, dan formulaskan rekomendasi dengan trade-off analysis

04

Perbandingan Alternatif Kebijakan Berbasis Skenario

Trade-off, multi-criteria decision making, dan tabel perbandingan



Kerangka Perbandingan Skenario

Setelah menjalankan beberapa skenario simulasi, manajer harus membandingkan hasilnya secara sistematis. Perbandingan tidak bisa hanya berdasarkan satu indikator karena setiap kebijakan melibatkan trade-off antara biaya, kualitas, efisiensi, dan risiko.



Biaya vs Kualitas

Menambah petugas meningkatkan kualitas layanan tapi menambah biaya personel. Di mana titik optimalnya?



Efisiensi vs Fleksibilitas

Standardisasi meningkatkan efisiensi tapi mengurangi kemampuan menangani kasus unik.



Kecepatan vs Akurasi

Mempercepat proses bisa meningkatkan error rate. Apakah trade-off ini acceptable?



Investasi Awal vs Return

Otomatisasi mahal di awal tapi efisien jangka panjang. Berapa payback period-nya?

Contoh: Tabel Perbandingan Skenario

Unit Pelayanan Terpadu: 3 skenario perbaikan vs baseline

Indikator Kinerja	Baseline (Saat Ini)	Skenario A Tambah 2 Petugas	Skenario B Digitalisasi 30%	Skenario C Kombinasi A+B
Waktu tunggu rata-rata	35 menit	18 menit	22 menit	10 menit
Throughput harian	120 pemohon	180 pemohon	155 pemohon	210 pemohon
Utilisasi petugas	95%	72%	88%	78%
Biaya tambahan/bulan	Rp 0	Rp 28 juta	Rp 15 juta	Rp 43 juta
Investasi awal	Rp 0	Rp 0	Rp 200 juta	Rp 200 juta
Payback period	—	—	14 bulan	6 bulan

Pertanyaan analitis: Skenario C memberikan kinerja terbaik, tetapi memerlukan investasi Rp 200 juta dan biaya operasional tertinggi. Apakah ini justified? Untuk organisasi publik dengan anggaran terbatas, mungkin Skenario B adalah pilihan paling realistis.



Pertanyaan Analitis

Jika Anda adalah Kepala DPMPTSP
dengan anggaran Rp 250 juta
Skenario mana yang Anda pilih,
dan bagaimana Anda meyakinkan Walikota?

Pertanyaan Analitis

Anda adalah VP Operations
sebuah platform e-commerce

Fulfillment center Anda mengalami keterlambatan 40%
saat Mega Sale. Board of Directors meminta solusi
dengan budget Rp 2 miliar.

**Skenario mana yang Anda ajukan
dan bagaimana Anda mempertahankannya
di rapat direksi?**

05

Simulasi Meja

Tabletop Simulation Exercise

Eksperimen skenario untuk Unit Pelayanan Terpadu



Kasus: Unit Pelayanan Terpadu Kecamatan

Kondisi saat ini

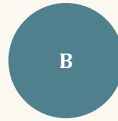
UPT Kecamatan Maju Jaya memiliki 3 loket pelayanan dan melayani rata-rata 50 pemohon per hari. Waktu layanan rata-rata 15 menit per pemohon. Jam operasional 08.00–15.00 (7 jam efektif, setelah dikurangi istirahat). Keluhan utama: waktu tunggu rata-rata 45 menit, dengan puncak pada Senin pagi mencapai 90 menit.



Skenario A

Tambah 1 Loke

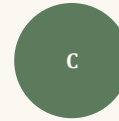
Menambah loket ke-4 dengan merekrut 1 pegawai kontrak. Biaya: Rp 5 juta/bulan.



Skenario B

Digitalisasi Pendaftaran

Implementasi pendaftaran online sehingga waktu layanan turun 20% (dari 15 menit ke 12 menit). Investasi: Rp 80 juta.



Skenario C

Kombinasi A + B

Tambah loket sekaligus digitalisasi. Total biaya: Rp 5 juta/bulan + Rp 80 juta investasi.

Instruksi Simulasi Meja

1

Hitung Estimasi Dampak

Untuk setiap skenario, estimasikan: (a) waktu tunggu rata-rata, (b) throughput harian, (c) utilisasi petugas. Gunakan logika sederhana tidak perlu perhitungan statistik rumit.

15'

2

Analisis Trade-off

Untuk setiap skenario, identifikasi: apa yang dikorbankan (biaya, kompleksitas, risiko) dan apa yang diperoleh (kecepatan, kapasitas, kepuasan).

10'

3

Tentukan Rekomendasi

Pilih satu skenario terbaik untuk UPT Kecamatan Maju Jaya dan susun argumentasi mengapa skenario tersebut paling tepat serta pertimbangkan konteks organisasi publik.

10'

4

Presentasikan ke Kelas

Presentasikan rekomendasi kelompok Anda. Jelaskan logika perhitungan, trade-off yang dipertimbangkan, dan alasan pemilihan skenario.

5'/kel

06

Pembentukan Kelompok Final Project



Final Project: Simulation-Based Analysis

Proyek kelompok (2 orang) yang mengembangkan model simulasi organisasi secara komprehensif dan menghasilkan rekomendasi kebijakan berbasis evidence-based management.



Pilih Organisasi Nyata

Layanan publik, RS, perusahaan jasa, workflow digital, atau proses SDM



Bangun Model Konseptual

Flowchart/swimlane, elemen simulasi, pemetaan variabilitas



Analisis Kinerja & Bottleneck

Indikator kinerja, identifikasi hambatan, data pendukung



Rancang What-if Scenarios

Minimal 3 skenario alternatif kebijakan berbasis DoE



Formulasikan Rekomendasi

Actionable, berbasis data simulasi, pertimbangkan trade-off

Konsep Kunci Hari Ini

1

Simulasi = Laboratorium Virtual

Menguji kebijakan tanpa risiko, biaya rendah, dan hasil cepat

2

DoE = Eksperimen Terstruktur

Faktor, level, respons informasi maksimal dari run minimal

3

What-if = Pertanyaan Manajerial

"Apa yang terjadi jika...?" dijawab dengan data, bukan intuisi

4

Trade-off = Realitas Keputusan

Setiap kebijakan memiliki biaya dan manfaat, simulasi dapat membantu mengkuantifikasinya

5

Skenario > Solusi Tunggal

Manajer butuh opsi, bukan satu jawaban dan simulasi menyediakan menu pilihan

6

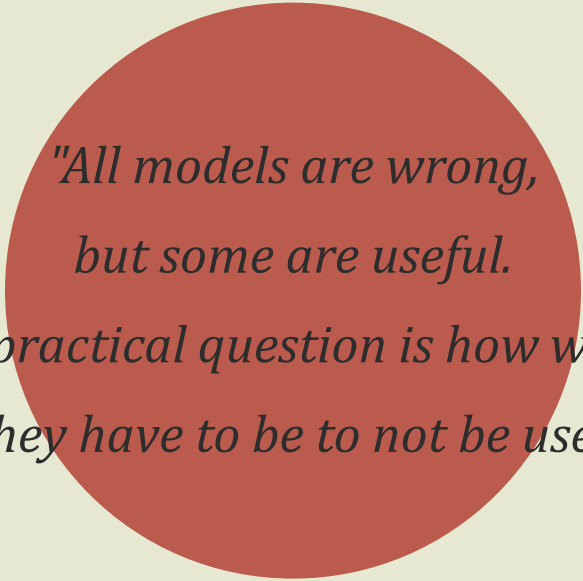
Baseline = Fondasi Perbandingan

Tanpa baseline yang valid, perbandingan skenario tidak bermakna



Referensi

1. Laguna, M. & Marklund, J. (2019). Business Process Modeling, Simulation and Design (3rd ed.). Pearson. — Bab 8–9.
2. Law, A.M. (2015). Simulation Modeling and Analysis (5th ed.). McGraw-Hill. — Bab 12.
3. Banks, J. et al. (2010). Discrete-Event System Simulation (5th ed.). Pearson. — Bab 11–12.
4. Sterman, J.D. (2000). Business Dynamics. McGraw-Hill. — Bab 21 (Policy Design).
5. Kelton, W.D. et al. (2024). Simulation with Arena (7th ed.). McGraw-Hill. — Bab 12 (Experimental Design).
6. Montgomery, D.C. (2017). Design and Analysis of Experiments (9th ed.). Wiley. [Referensi tambahan DoE]



*"All models are wrong,
but some are useful.*

*The practical question is how wrong
do they have to be to not be useful."*

George E.P. Box, Statistician

Simulasi bukan tentang membuat model yang sempurna , melainkan model yang cukup berguna untuk memperbaiki keputusan.



Terima Kasih

Design of Experiments dan What-if Analysis

Dr. Despinur Dara, S.T., M.M.