
Contoh Simulasi dengan Spreadsheet / Tabel

Muhammad Luthfi Shahab

Departemen Matematika

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Apa yang Dipelajari pada Bab Ini?

- **Tujuan Bab**

- Memberikan pengenalan konsep dasar simulasi melalui contoh sederhana di spreadsheet.
- Fokus pada elemen utama simulasi, bukan pada cara membangun model spreadsheet.

- **Keterbatasan Spreadsheet**

- Cocok untuk simulasi sederhana.
- Tidak cocok untuk simulasi dunia nyata yang kompleks, dinamis, dan berbasis peristiwa.
- Model yang kompleks biasanya menggunakan software simulasi khusus atau bahasa pemrograman.

- **Jenis Simulasi dalam Spreadsheet**

- Monte Carlo simulation.
- Dynamic simulation (mengikuti peristiwa dari waktu ke waktu).
- Menggunakan tabel simulasi untuk melacak keadaan sistem.

- **Elemen Utama yang Diperkenalkan**

- Penggunaan bilangan acak untuk merepresentasikan ketidakpastian.
- Statistik deskriptif untuk memprediksi kinerja sistem (misalnya antrian, persediaan).
- Komponen model: input, aktivitas, peristiwa, keadaan (state), output, dan respon.

Apa yang Dipelajari pada Bab Ini?

- **Contoh Aplikasi**

- Lempar koin.
- Antrian (waiting lines).
- Kebijakan persediaan.
- Analisis reliabilitas.
- Menargetkan sasaran (bombing/dart board).
- Fokus utama ada pada **identifikasi komponen model** dan eksperimen sederhana (**trials/replications**), bukan implementasi teknis yang mendalam.

Simulasi Bilangan Acak (Random)

- **Hampir semua model simulasi melibatkan satu atau lebih variabel acak.**
 - Pelemparan koin → membutuhkan mekanisme untuk menghasilkan kepala atau ekor secara acak.
 - Model antrian → waktu pelayanan dan waktu kedatangan biasanya didefinisikan dengan distribusi statistik karena tidak diketahui pasti sebelumnya.
- **Variabel acak diperoleh dari bilangan acak.**
 - Bilangan acak: angka dalam interval $(0,1)$.
 - Variabel acak: nilai acak dengan distribusi statistik tertentu.
 - Random Number Generator (RNG): metode menghasilkan urutan bilangan acak.
- **RNG harus memenuhi dua sifat statistik utama:**
 - Uniformitas → angka harus terdistribusi merata antara 0 dan 1.
 - Independensi statistik → angka yang dihasilkan berikutnya tidak bergantung pada angka sebelumnya.
- **Bilangan pseudo-acak:**
 - Disebut pseudo karena meski terlihat acak, urutannya bisa diulang kembali.
 - Hal ini penting agar eksperimen simulasi bisa dikontrol, diulang, serta membantu dalam pengembangan dan debugging model.

- **Sumber bilangan acak:**

- Excel (RAND) → menghasilkan nilai acak antara 0–1. Contoh: =RAND() atau =IF(RAND()<=0.5,0,1).
- Excel (RANDBETWEEN) → menghasilkan bilangan bulat acak dalam rentang tertentu.
- Fungsi VBA (Rnd, MRG32k3a, Rnd01) → digunakan melalui kode VBA di Excel.
- Paket simulasi → menyediakan generator bilangan acak & variabel acak dari berbagai distribusi statistik.
- Bahasa pemrograman umum → biasanya memiliki fungsi bawaan untuk menghasilkan bilangan acak, atau bisa dibuat algoritma sendiri.
- Simulasi manual → menggunakan RNG fisik seperti koin/dadu, atau tabel bilangan acak/distribusi (misalnya dari lampiran).

Simulasi Bilangan Acak (Random)

- **Kelemahan generator tertentu:**
 - RAND() di Excel dan Rnd() di VBA memiliki defisiensi serius (akurasi rendah, periode pendek, tidak memenuhi sifat uniformitas & independensi).
 - RAND() terutama sangat lemah, meskipun diperbarui di Office 2003 tetap dianggap buruk.
 - Generator yang lebih baik seperti MRG32k3a direkomendasikan untuk simulasi profesional.

- **Penggunaan seed (benih):**
 - Banyak RNG dapat diinisialisasi dengan seed → memungkinkan urutan bilangan acak dapat diulang.
 - Seed penting untuk debugging dan mengulang eksperimen simulasi.
 - RAND() Excel tidak memungkinkan pengaturan seed (kelemahan tambahan).
 - Generator MRG32k3a memiliki fungsi khusus untuk mengatur seed (InitializeRNSeed()).

- **Kesimpulan:**
 - RAND() dan Rnd() hanya cocok untuk tujuan pembelajaran, bukan pekerjaan profesional.
 - Untuk hasil yang akurat & dapat diandalkan, gunakan RNG berkualitas tinggi seperti MRG32k3a.

Example 1: Coin Tossing

- Pelajari dan buat sendiri dengan Excel/Matlab/Python untuk Example 1: Coin Tossing di Buku Banks Bab 2.

Example 2: Random Service Times

- Pelajari dan buat sendiri dengan Excel/Matlab/Python untuk Example 2: Random Service Times di Buku Banks Bab 2.

Example 3: Random Arrival Times

- Pelajari dan buat sendiri dengan Excel/Matlab/Python untuk Example 3: Random Arrival Times di Buku Banks Bab 2.

Framework untuk Simulasi Spreadsheet

- **Tabel simulasi** berfungsi sebagai struktur dasar, sedangkan langkah-langkah yang dijelaskan memberikan panduan umum untuk menjalankan simulasi dengan spreadsheet.
- **Tahapan awal simulasi:**
 - Menentukan **input model** (variabel eksogen, misalnya probabilitas, waktu pelayanan, distribusi antar-kedatangan, atau distribusi permintaan).
 - Menentukan **state sistem** (misalnya status server, level inventori).
 - Menentukan **output model** (misalnya waktu tunggu pelanggan, biaya transaksi).

Table 4 A Generic Simulation Table

Step	<i>Activities and System States</i>						<i>Outputs</i>
	x_{i1}	x_{i2}	...	x_{ij}	...	x_{ip}	
1							
2							
3							
.							
.							
.							
n							

Framework untuk Simulasi Spreadsheet

- **Input model** dapat berupa variabel acak (menghasilkan waktu kegiatan atau variabel acak lainnya) atau konstanta (parameter kebijakan/keputusan).
- **Output model** digunakan untuk menghitung **respon model** atau ukuran kinerja sistem (misalnya rata-rata waktu tunggu atau rata-rata biaya per satuan waktu).

Table 4 A Generic Simulation Table

Step	<i>Activities and System States</i>						<i>Outputs</i>
	x_{i1}	x_{i2}	...	x_{ij}	...	x_{ip}	
1							
2							
3							
.							
.							
.							
n							

Framework untuk Simulasi Spreadsheet

- **Jenis kolom dalam tabel simulasi:**

- Waktu aktivitas terkait input model.
- Variabel acak lain dari input model.
- State sistem.
- Event atau waktu terjadinya event.
- Output model.
- Kadang-kadang respon model.

Table 4 A Generic Simulation Table

Step	<i>Activities and System States</i>						<i>Outputs</i>
	x_{i1}	x_{i2}	...	x_{ij}	...	x_{ip}	
1							
2							
3							
.							
.							
.							
n							

Framework untuk Simulasi Spreadsheet

- **Respon model** biasanya dihitung di luar tabel simulasi, setelah semua output diperoleh.
 - Contoh: delay tiap pelanggan → output model; rata-rata delay semua pelanggan → respon model.
- **Aktivitas:** durasi waktu tertentu (misalnya waktu pelayanan atau antar-kedatangan).
- **Event:** waktu tertentu (clock time) ketika suatu kejadian terjadi.
- **State sistem:** mencakup informasi yang dibutuhkan agar simulasi dapat berjalan dan logika lebih mudah dipahami (misalnya server sibuk/idle, jumlah stok).
- **Kesederhanaan** dalam desain state sangat penting agar logika model lebih mudah diverifikasi dan dipahami.

Table 4 A Generic Simulation Table

Step	<i>Activities and System States</i>						<i>Outputs</i>
	x_{i1}	x_{i2}	...	x_{ij}	...	x_{ip}	
1							
2							
3							
.							
.							
.							
n							

Framework untuk Simulasi Spreadsheet

- **Setiap baris dalam tabel simulasi** mewakili satu langkah simulasi, yang biasanya terkait dengan terjadinya suatu peristiwa atau pergerakan entitas (misalnya pelanggan) dalam sistem.
- **Ketergantungan langkah simulasi** hanya pada input model dan/atau langkah sebelumnya atau nilai yang sudah dihitung.

Table 4 A Generic Simulation Table

Step	<i>Activities and System States</i>						<i>Outputs</i>
	x_{i1}	x_{i2}	...	x_{ij}	...	x_{ip}	
1							
2							
3							
.							
.							
.							
n							

Langkah-langkah Membangun Simulasi

1. Menentukan karakteristik dari setiap input simulasi (konstanta atau distribusi probabilitas).
2. Menentukan aktivitas, peristiwa, dan keadaan sistem yang relevan.
3. Menentukan respons model atau ukuran kinerja sesuai dengan tujuan studi.
4. Menentukan output model yang diperlukan untuk menghitung respons model.
5. Membangun tabel simulasi dengan menginisialisasi data pada langkah pertama (Step 1).
6. Untuk setiap langkah berikutnya:
 - Hasilkan nilai untuk setiap aktivitas.
 - Hitung keadaan (state) sistem dan output.
 - Gunakan nilai acak yang diambil dari distribusi probabilitas (jika diperlukan).
7. Setelah simulasi selesai, gunakan output untuk menghitung ukuran kinerja atau respons model.

- Gunakan fungsi RAND() dan atau RANDBETWEEN() pada Excel untuk men-generate bilangan acak berikut:
 - Bilangan acak pada interval [8, 14).
 - Bilangan acak pada interval [-21, 3).
 - Bilangan acak diskrit {3, 4, 5, 6, 7}.
 - Bilangan acak diskrit {11, 13, 15, 17, 19}.
 - Bilangan acak diskrit {11, 15, 19, 23, 27}.