

Simulasi Event – Diskrit (*Discrete - Event Simulation*)

PERMODELAN DAN SIMULASI SISTEM

Apakah “*Discrete-Event Simulation*” itu *Discrete-Event Simulation*

Simulasi dimana perubahan statusnya terjadi pada ***titik-titik diskrit*** dalam waktu yang dipicu oleh kejadian (*event*)

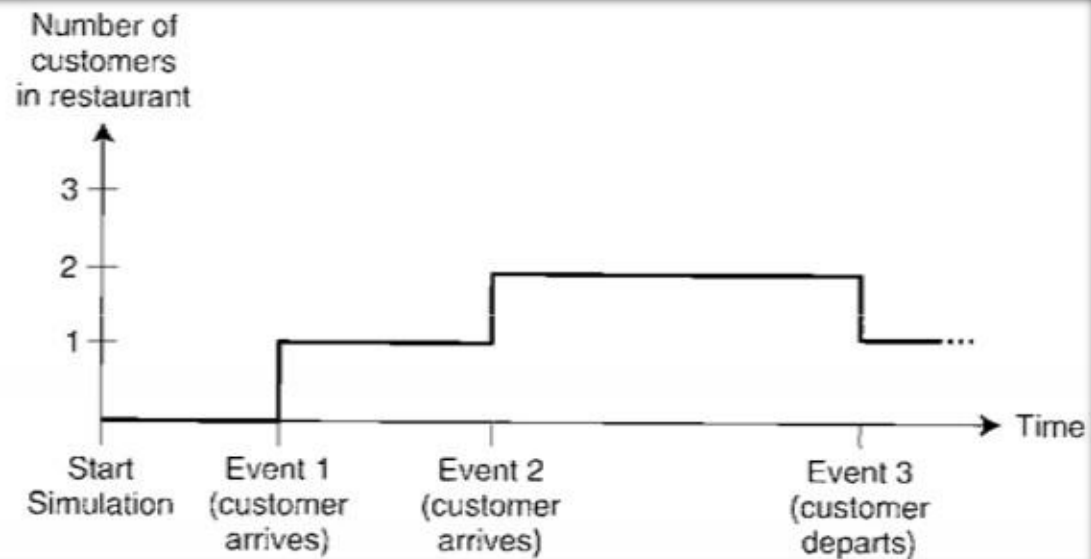
Kejadian yang biasa terdapat dalam simulasi :

- ✓ Kedatangan sebuah entitas ke sebuah stasiun kerja (*workstation*)
- ✓ Kegagalan *resources*
- ✓ Selesainya sebuah aktifitas
- ✓ Akhir sebuah *shift*

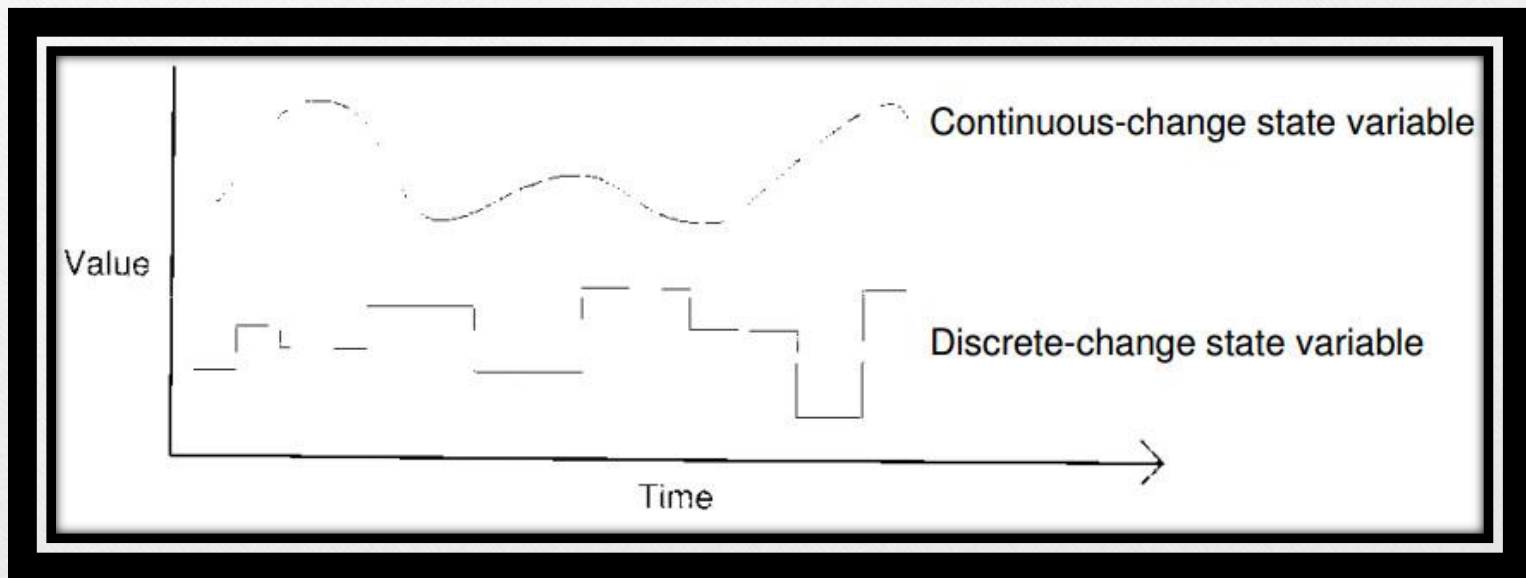
Discrete-event vs. continuous simulation

FIGURE 4.1

Discrete events cause discrete state changes.



Discrete-event vs. continuous simulation



Discrete-event Simulation

- ❑ Kejadian (*event*)
- ✓ Menggambarkan Sistem → aliran proses
- ✓ Aliran proses (*process flow*) : urutan kejadian untuk menjalankan simulasi
- ✓ *Event* akan menciptakan keterlambatan dalam simulasi untuk mereplikasi satu lintasan waktu
- ✓ Event memicu eksekusi logika yang dihubungkan dengan *event*

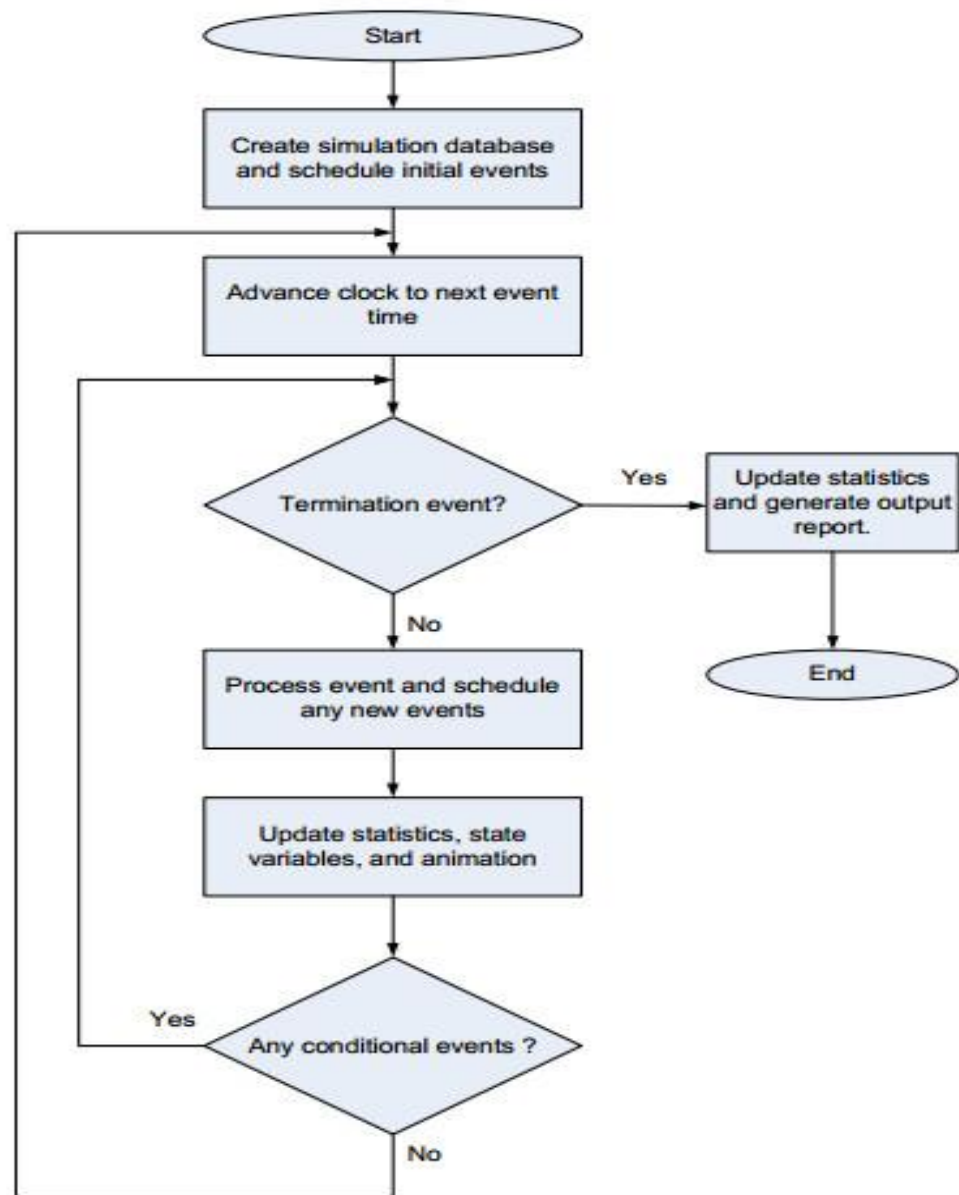
Discrete-event Simulation

□ Tipe *Event*

- ✓ **Kejadian terjadwal** (*scheduled event*) : sebuah *event* dimana saat terjadinya dapat ditentukan dan dijadwalkan sebelumnya.
- ✓ **Kejadian kondisional** (*conditional event*) dipicu oleh kondisi yang ditemui, bukan oleh satu lintasan waktu.

Discrete-event Simulation

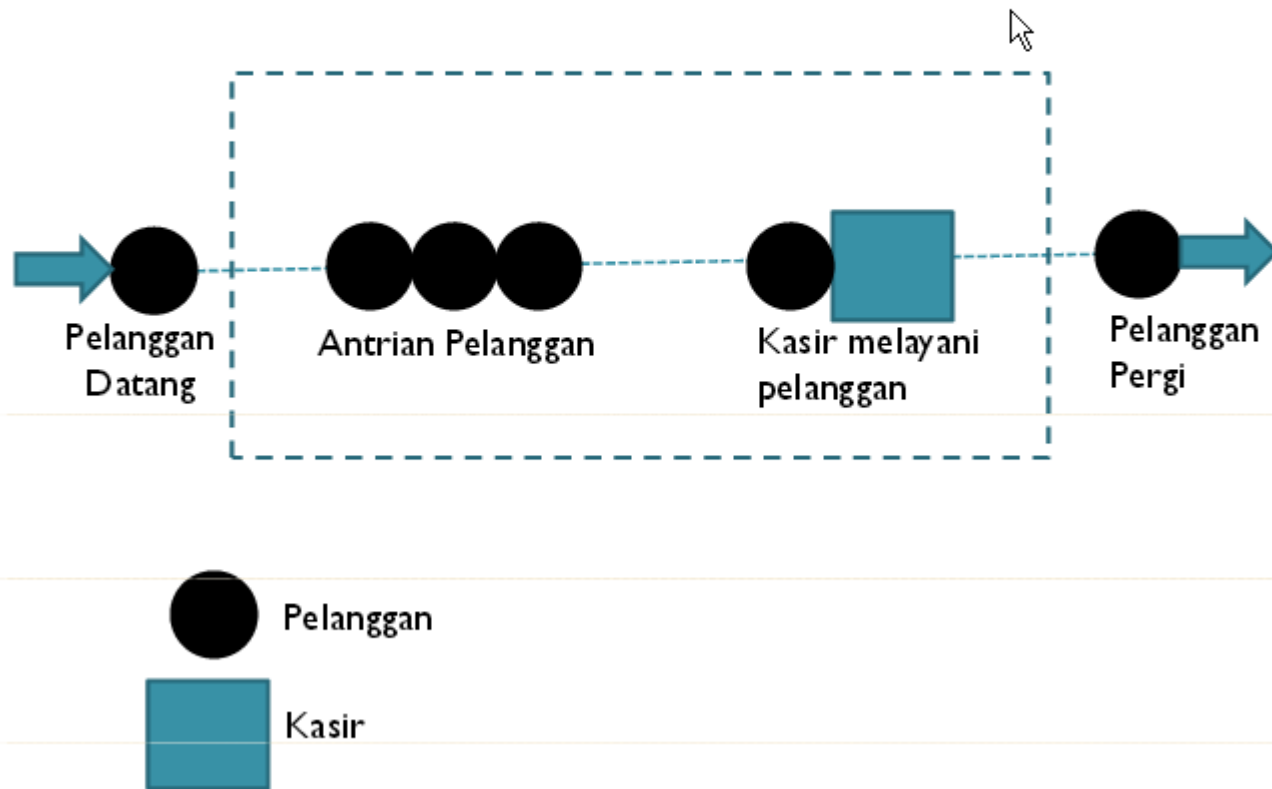
- *Flowchart :*



Sistem ATM :

Contoh Manual

Simulasi Sistem Antrian Bank Satu Kasir



Contoh Sistem ATM

- Pelanggan tiba untuk menggunakan ATM dengan waktu antar kedatangan 3.0 menit yang terdistribusi eksponensial.
- Antrian memiliki kapasitas untuk menampung pelanggan dalam jumlah tak terbatas.
- ATM memiliki kapasitas satu pelanggan.
- Pelanggan menghabiskan rata – rata 2.4 menit terdistribusi eksponensial untuk menyelesaikan transaksinya (waktu jasa / *service time* di ATM).
- Simulasi mulai pada saat nol.
- Simulasikan sistem ATM pada 22 menit pertama operasinya dan estimasikan waktu tunggu (*expected waiting time*) pelanggan dalam antrian.

Asumsi

- Tidak ada pelanggan dalam sistem pada saat awal, sehingga antrian kosong dan ATM tidak dipergunakan (*idle*)
- Waktu bergerak dari antrian ke ATM sangat kecil, sehingga diabaikan.
- Pelanggan proses dari antrian dengan dasar FIFO.
- ATM tidak pernah mengalami kerusakan.

Mempersiapkan Simulasi (*setting up the simulation*)

- Simulasi waktu (*clock simulation*) :
- t_i : nilai waktu simulasi (*simulation clock*) pada langkah i , untuk $i = 0$ sampai jumlah *discrete event* .
- Asumsikan simulasi mulai pada saat nol, $t_0=0$
- t_1 : nilai *simulation clock* saat *discrete event* pertama dalam daftar diproses.
- t_2 : nilai *simulation clock* saat *discrete event* kedua dalam daftar diproses.

Mempersiapkan Simulasi (*setting up the simulation*)

- Atribut Entitas :
- ✓ Adalah karakteristik suatu entitas yang dipertahankan oleh entitas tersebut sampai entitas keluar dari sistem.
- ✓ Untuk simulasi ATM : atribut waktu kedatangan (Arrival Time)

Mempersiapkan Simulasi (*setting up the simulation*)

- Variabel status :
- ✓ Jumlah entitas dalam antrian pada langkah ke- i , NQ_i .
- ✓ ATM Status i untuk menunjukkan apakah ATM sibuk atau menganggur (*idle*) pada langkah ke- i .

Mempersiapkan Simulasi (*setting up the simulation*)

- Akumulator Statistik (*statistical acumulators*)
 - Simple-average :
 - ✓ Waktu rata – rata pelanggan menunggu dalam antrian.
 - Time-average :
 - ✓ Jumlah rata – rata pelanggan di dalam antrian

Mempersiapkan Simulasi (*setting up the simulation*)

- Akumulator Statistik (*statistical acumulators*)

- *Simple-average time in queue* :

- Menghitung jumlah pelanggan yang melewati antrian.
- Saat pelanggan melalui antrian, waktu menunggu dicatat.
- Dihitung dari saat masuk antrian sampai saat meninggalkan antrian :
 - *Simple-average time in queue* = t_i - *Arrival time*

Mempersiapkan Simulasi (*setting up the simulation*)

- Akumulator Statistik (*statistical acumulators*)
 - *Time-average number of customers in the queue*
 - Untuk deklarasi langkah terakhir ($t_i - t_{i-1}$) dan jumlah pelanggan yang memasuki antrian selama langkah terakhir (NQ_{i-1})

Mempersiapkan Simulasi (*setting up the simulation*)

- **Kejadian** (*event*)

- *Arrival event* : terjadi saat entitas pelanggan (*customer entity*) tiba dalam antrian.
- *Departure event* : terjadi saat entitas pelanggan menyelesaikan transaksi **ATM**.
- *Termination event* : untuk mengakhiri simulasi.

Mempersiapkan Simulasi (*setting up the simulation*)

- Waktu antar-kedatangan (*inter-arrival time*) dan waktu pelayanan pelanggan (*customer service time*) pada ATM terdistribusi eksponensial dengan rata – rata 3 menit dan 2.4. menit.
- Waktu kedatangan dari pelanggan berikutnya dapat dijadwalkan sebagai : **$t_i + E(3.0)$**
- Waktu kepergian dari entitas yang telah mengakses ATM dijadwalkan sebagai : **$t_i + E(2.4)$**

Menghitung hasil simulasi

- **Statistik rata – rata sederhana** (*simple average statistic*)
: jumlah seluruh nilai obsevasi dari variabel respon dibagi dengan jumlah observasi.

$$\text{Simple average} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

n : number of observations
 x_i : value of i th observation

$$\begin{aligned} \text{Average time in queue} &= \frac{\sum_{i=1}^5 x_i}{5} = \frac{0 + 0 + 0 + 3.08 + 4.76}{5} \\ &= \frac{7.84 \text{ minutes}}{5} = 1.57 \text{ minutes} \end{aligned}$$

Calculating Result (cont)

- **Statistik waktu rata – rata** (*time average statistic / time weighted average*) : nilai rata – rata sebuah variabel respon yang diukur dari durasi waktu masing – masing nilai nilai dari yang diamati dari variabel

$$\text{Time average} = \frac{\sum_{i=1}^n (T_i x_i)}{T}$$

x_i : value of i th observation

T_i : time duration of the i th observation

Calculating Result (cont)

$$\text{Average NQ} = \frac{\sum_{i=1}^{i=12} (T_i X_i)}{T} = \frac{\sum_{i=1}^{i=12} (t_i - t_{i-1}) NQ_{i-1}}{T}$$

$$\text{Average NQ} = \frac{(2.18)(0) + (0.10)(0) + (5.63)(0) + (4.46)(0) + (2.63)(0) + (0.17)(0) + \dots + (1.5)(2)}{22}$$

$$\text{Average NQ} = \frac{13.21}{22} = 0.60 \text{ customers}$$

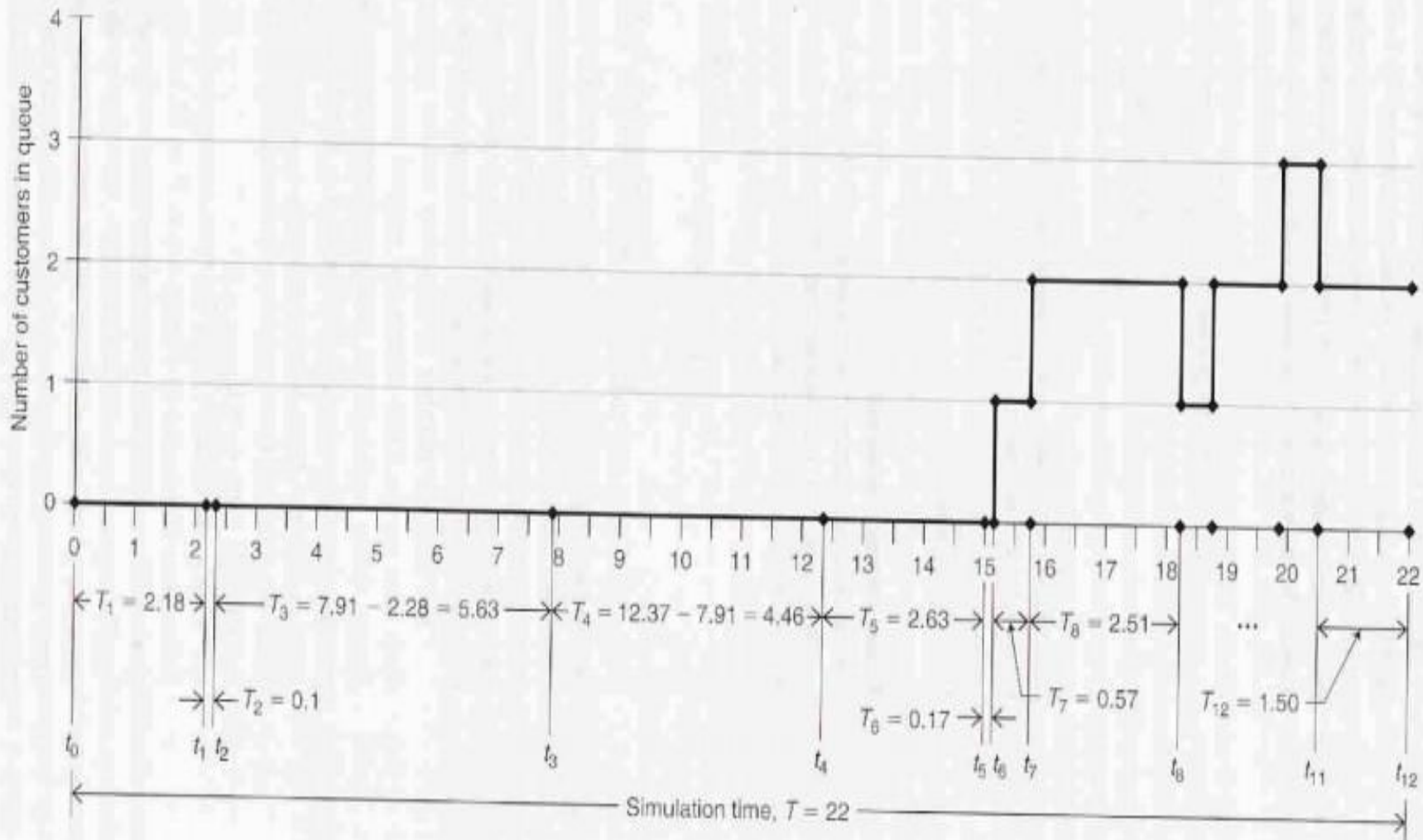


FIGURE 4.6

Number of customers in the queue during the manual simulation.

TERIMAKASIH