

Bab 4:  
Simulasi Event-Diskrit  
*(Discrete-Event Simulation)*

Sumber: Harrell, C., B.K. Ghosh and R.O. Bowden, Jr., *Simulation Using Promodel*, 2<sup>nd</sup> ed., McGraw-Hill, Singapore, 2003.

Bab 4:

# Simulasi Event-Diskrit

---

Bacaan:

- ▶ Harrell, Bab 4
- ▶ [www.teknikindustri.org](http://www.teknikindustri.org)

Topik

- ▶ *Discrete-event vs. continuous simulation*
- ▶ *Discrete-event simulation*
- ▶ Contoh manual



*1. Discrete-event vs. continuous*

# Types of Simulation

---

- ▶ Statik atau dinamik
- ▶ Stokastik atau deterministik
- ▶ ***Discrete event*** atau ***continuous***



## 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 *resource*
- ▶ Selesainya sebuah aktivitas
- ▶ Akhir sebuah *shift*

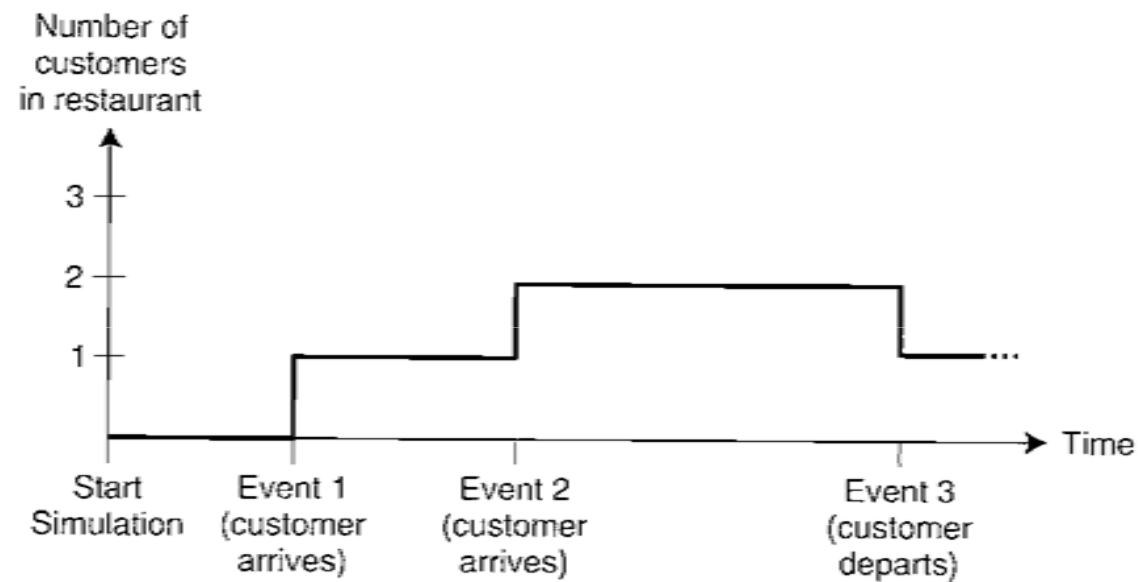


# Discrete-event vs. continuous simulation

---

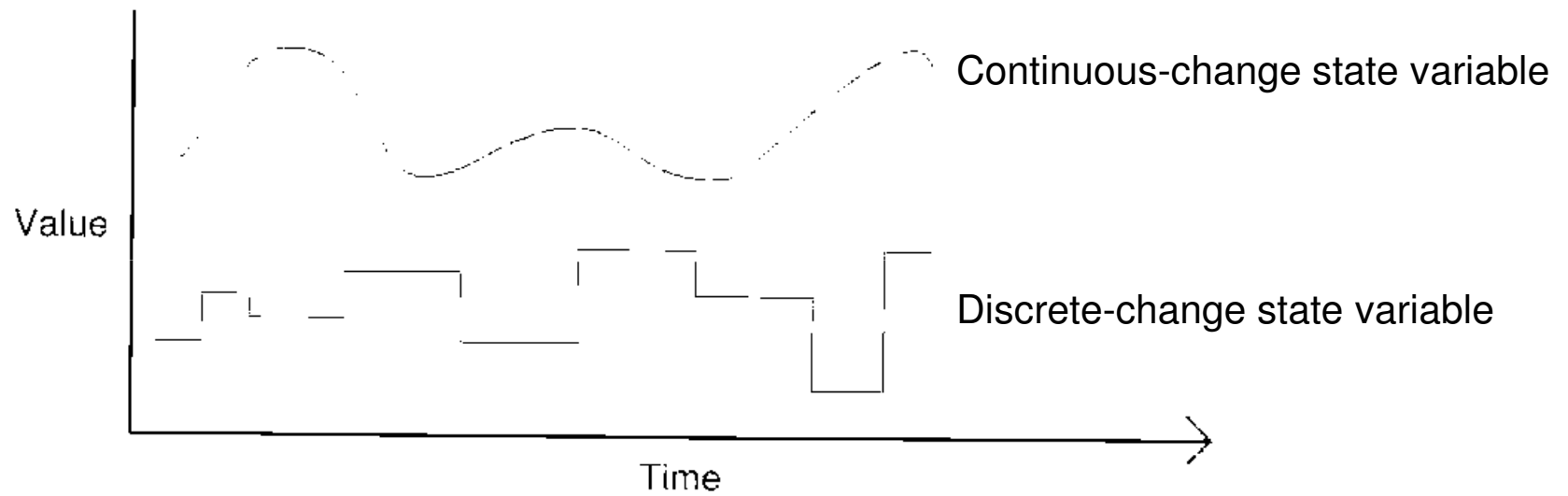
**FIGURE 4.1**

*Discrete events cause discrete state changes.*



## *Discrete-event vs. continuous simulation*

---



## *2. 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*

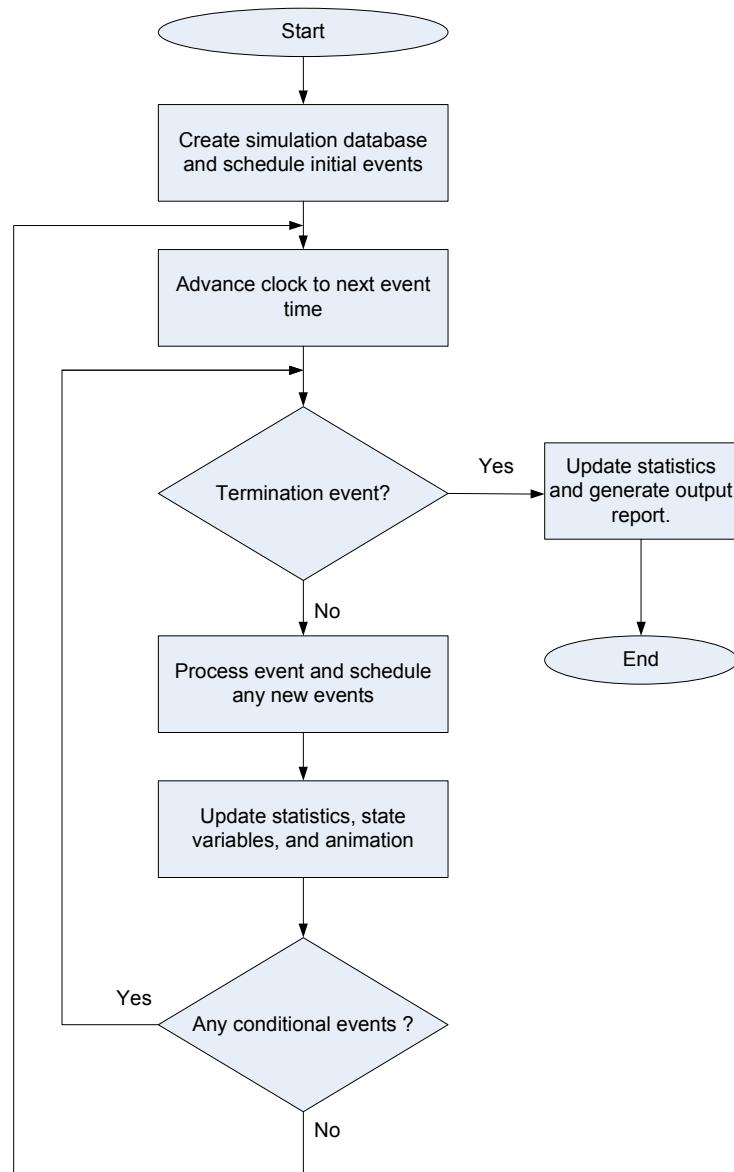


## Tipe *event*

---

- ▶ **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

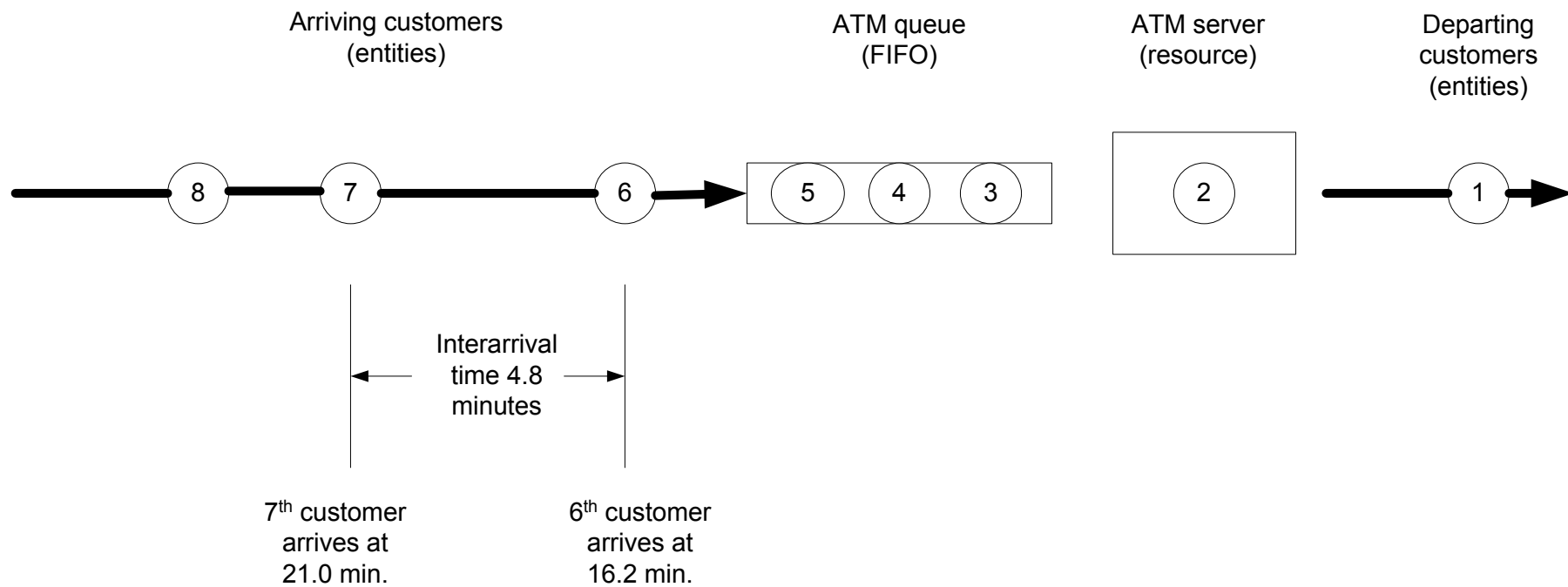




## 3. Contoh Manual

# Contoh: sistem ATM

---



**Figure:** Descriptive drawing of the ATM system

---



# 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 diproses dari antrian dengan dasar FIFO
- ▶ ATM tidak pernah mengalami kerusakan



# Mempersiapkan simulasi (*Setting up the simulation*)

---

## **Simulasi waktu (clock):**

- ▶  $t_i$ : 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<sub>i</sub>*; untuk menunjukkan apakah ATM sibuk atau menganggur (*idle*) pada langkah ke- $i$ .



# Mempersiapkan simulasi (*Setting up the simulation*)

---

## **Akumulator Statistik (*Statistical accumulators*)**

- ▶ *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 accumulators*)**

- ▶ *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* =  $t_i - \text{Arrival time}$
- ▶ *Time-average number of customers in the queue*
  - Untuk durasi langkah terakhir ( $t_i - t_{i-1}$ ) dan jumlah pelanggan yang memasuki antrian selama langkah terakhir ( $NQ_{i-1}$ ), hitung *Time-Weighted Number of Entities in the Queue* =  $(t_i - t_{i-1}) NQ_{i-1}$



# 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*)

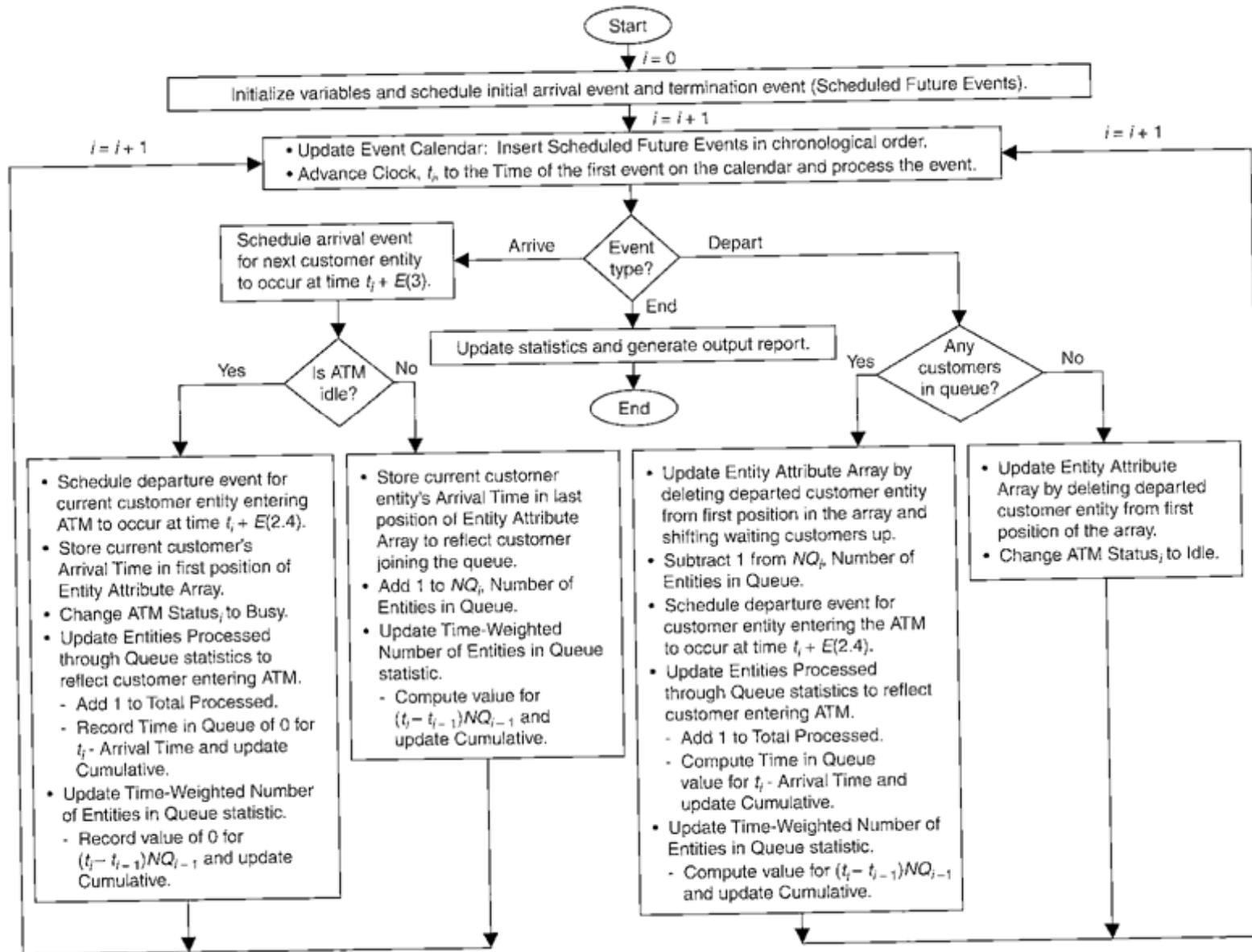
---

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:  $t_i + E(2.4)$



# Running the Simulation



**TABLE 4.1 Manual Discrete-Event Simulation of ATM System**

i	Event Calendar (Entity Number, Event, Time)	Processed Event			System State			Statistical Accumulators					Scheduled Future Events (Entity Number, Event, Time)
		Clock, $t_i$	Entity Number	Event	Entity Attribute Array (Entity Number, Arrival Time) *Entity Using ATM, array position 1 Entities Waiting in Queue, array positions 2, 3, ...	Number of Entities in Queue, $NQ_i$	ATM Status $_i$	Entities Processed through Queue			Time-Weighted Number of Entities in Queue		
								Total Processed	Time in Queue, $t_i - \text{Arrival Time}$	Cumulative, $\sum (t_i - \text{Arrival Time})$	$(t_i - t_{i-1})NQ_{i-1}$	Cumulative, $\sum (t_i - t_{i-1})NQ_{i-1}$	
0	—	0	—	—	* ( ) ( )	0	Idle	0	—	0	—	0	(1, Arrive, 2.18) (_, End, 22.00)
1	(1, Arrive, 2.18) (_, End, 22.00)	2.18	1	Arrive	*(1, 2.18) ( )	↑	Busy	1	0	0	0	0	(2, Arrive, 7.91) (1, Depart, 2.28)
2	(1, Depart, 2.28) (2, Arrive, 7.91) (_, End, 22.00)	2.28	1	Depart	* ( ) ( )	↑	Idle	—	—	0	—	0	No new events
3	(2, Arrive, 7.91) (_, End, 22.00)	7.91	2	Arrive	*(2, 7.91) ( )	↑	Busy	2	0	0	0	0	(3, Arrive, 15.00) (2, Depart, 12.37)
4	(2, Depart, 12.37) (3, Arrive, 15.00) (_, End, 22.00)	12.37	2	Depart	* ( ) ( )	↑	Idle	—	—	0	—	0	No new events
5	(3, Arrive, 15.00) (_, End, 22.00)	15.00	3	Arrive	*(3, 15.00) ( )	↑	Busy	3	0	0	0	0	(4, Arrive, 15.17) (3, Depart, 18.25)
6	(4, Arrive, 15.17) (3, Depart, 18.25) (_, End, 22.00)	15.17	4	Arrive	*(3, 15.00) (4, 15.17)	↑	↑	—	—	0	0	0	(5, Arrive, 15.74)
7	(5, Arrive, 15.74) (3, Depart, 18.25) (_, End, 22.00)	15.74	5	Arrive	*(3, 15.00) (4, 15.17) (5, 15.74)	2	↑	—	—	0	0.57	0.57	(6, Arrive, 18.75)
8	(3, Depart, 18.25) (6, Arrive, 18.75) (_, End, 22.00)	18.25	3	Depart	*(4, 15.17) (5, 15.74)	↑	↑	4	3.08	3.08	5.02	5.59	(4, Depart, 20.50)
9	(6, Arrive, 18.75) (4, Depart, 20.50) (_, End, 22.00)	18.75	6	Arrive	*(4, 15.17) (5, 15.74) (6, 18.75)	2	↑	—	—	3.08	0.50	6.09	(7, Arrive, 19.88)
10	(7, Arrive, 19.88) (4, Depart, 20.50) (_, End, 22.00)	19.88	7	Arrive	*(4, 15.17) (5, 15.74) (6, 18.75) (7, 19.88)	3	↑	—	—	3.08	2.26	8.35	(8, Arrive, 22.53)
11	(4, Depart, 20.50) (_, End, 22.00) (8, Arrive, 22.53)	20.50	4	Depart	*(5, 15.74) (6, 18.75) (7, 19.88)	2	↑	5	4.76	7.84	1.86	10.21	(5, Depart, 24.62)
12	(_, End, 22.00) (8, Arrive, 22.53) (5, Depart, 24.62)	22.00		End	—	↑	↑	5	—	7.84	3.00	13.21	—











