



PEMODELAN SIMULASI SISTEM DISKRIT

Pengembangan DES Model

DES Model tersusun atas komponen-komponen sistem yang melibatkan :

- entitas
- event
- sistem state
- activity
- delay

komponen-komponen sistem tersebut masing-masing mempunyai nilai atau parameter yang dapat digunakan sebagai ukuran kinerja sistem.

Misalnya tingkat kesibukan pelayan

Hal : 1



PEMODELAN SIMULASI SISTEM DISKRIT

Simulasi sistem pada dasarnya proses meniru atas berbagai event yang terjadi dalam sistem.

Dari proses meniru ini kemudian diperoleh nilai-nilai keadaan sistem sehingga ukuran kinerja sistem dapat ditentukan atau diketahui.

Seperti proses dalam sistem, Simulasi juga memerlukan nilai-nilai masukan proses dan dapat menghasilkan berbagai nilai informasi sebagai output proses

Hal : 2



PEMODELAN SIMULASI SISTEM DISKRIT

Secara singkat, ada 4 komponen Model, yaitu :

1. input

merupakan komponen masukan simulasi

contoh :

waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan merupakan komponen dan variable input dalam simulasi sistem antrian

2. kinerja sistem (performance measure)

merupakan komponen yang mencerminkan ukuran kinerja sistem

contoh :

- rata-rata waktu tunggu dalam sistem
- tingkat kesibukan pelayan

Hal : 3



PEMODELAN SIMULASI SISTEM DISKRIT

3. output

merupakan komponen keluaran sistem

contoh :

rata-rata banyaknya pembeli yang telah dilayani

4. relasi input-output

merupakan komponen yang mencerminkan hubungan antara input dengan output

contoh :

- banyaknya pembeli dalam sistem antrian pada suatu waktu adalah n , kemudian terjadi event kedatangan pembeli lagi sehingga menjadi $n+1$ atau terjadi event selesainya pelayanan pada satu pembeli, sehingga banyaknya pembeli dalam antrian $n-1$

Hal : 4

Asumsi model :

- server tunggal dengan jumlah antrian tak terbatas
- setelah kustomer datang, maka akan segera dilayani oleh server jika server dalam keadaan idle time atau kustomer berada dalam prioritas antrian. Waktu antar kedatangan (arrival) = A_t
- setelah server selesai melayani kustomer, akan segera melayani kustomer berikutnya yang berada dalam antrian dengan disiplin pelayanan, misalnya FIFO, jika antrian kosong berarti server idle hingga kustomer berikutnya datang, waktu pelayanan server = S_t

Hal : 5

Performa Measure

- rata-rata waktu tunggu dalam antrian (delay)

$$d(n) = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$$

D_i = total waktu tunggu dlm pd waktu ke i
 n = banyaknya individu yang mengantri

- rata-rata banyaknya individu dalam antrian (panjang antrian)

$$q(n) = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{T(n)}$$

T_i = total waktu selama simulasi dgn panjang antrian i
 $T(n)$ = total waktu simulasi (clock)

Hal : 6



PEMODELAN SIMULASI SISTEM DISKRIT

- Tingkat kesibukan teller

$$U(n) = \frac{\text{Total waktu sibuk}}{\text{Total waktu simulasi}}$$

Event List (EL)

- arrival (kedatangan kustomer ke sistem) dan Departure (kustomer meninggalkan sistem)
- $E = \{\text{waktu arrival berikutnya } A, \text{waktu departure berikutnya } D\}$

Simulasi Time (clock) : t

Hal : 7



PEMODELAN SIMULASI SISTEM DISKRIT

Pendekatan yang dilakukan dalam pengembangan DES Model menggunakan Pendekatan Penjadwalan Event (*Event Scheduling Approach*) atau *Activity Scanning Approach*.

Pendekatan ini merupakan teknik pengembangan DES Model yang berfokus pada event dan bagaimana pengaruhnya terhadap keadaan sistem.

Simulasi dilakukan dengan mengeksekusi dari event ke event selama waktu tertentu yang mungkin terjadi dalam sistem

Update nilai-nilai variable dilakukan setelah event selesai

Hal : 8



PEMODELAN SIMULASI SISTEM DISKRIT

Langkah-langkah pada pendekatan pengembangan DES Model sebagai berikut :

1. menentukan semua event yang terjadi dalam sistem
2. menentukan variable yang menjelaskan keadaan (*state*)
3. menentukan counter variable yang diperlukan untuk inisialisasi dan untuk menghitung ukuran kinerja
4. untuk setiap event dalam event list, tentukan subrutin untuk update state, variable dan event list
5. lakukan penjadwalan event pada event list sesuai dengan urutan kejadian
6. pilih event pertama pada event list dan gunakan sub rutin untuk update state, variable dan event list
7. ulangi langkah 6 sampai selesai

Hal : 9



PEMODELAN SIMULASI SISTEM DISKRIT

Contoh :

Misalkan akan dikembangkan model simulasi pelayanan kustomer pada suatu perusahaan jasa pelayanan, dengan waktu simulasi 3,5 menit, data-data waktu antar kedatangan kustomer (A_t) dan waktu pelayanan oleh server (teller) (S_t) dalam suatu sistem pelayanan dengan asumsi teller (server) tunggal dan antrian tak terbatas sebagai berikut :

Kustomer	Waktu antar kedatangan (menit)	Waktu pelayanan (menit)
1	0,2	1,0
2	0,6	0,3
3	0,3	0,1
4	0,8	0,6
5	0,1	1,0

Hal : 10

$t=0$: inisialisasi

- pada saat $t=0$ dan $\text{clock} = 0$
- kustomer dalam keadaan kosong
- status server = $\text{idle}(0)$
- belum terjadi event pada $t=0$
- banyaknya antrian = 0
- counter variable sampai pada $t=0$
 - total delay = 0
 - total waktu antrian = 0
 - total waktu sibuk = 0
- event list $[0,2, \sim]$

$A = 0,2$ sebab waktu kedatangan kustomer 1 = 0,2

$D = \sim$ sebab belum ada kustomer yang akan keluar

Hal : 11

$t=0,2$: kedatangan kustomer 1

- pada saat $t=0,2$ dan $\text{clock} = 0,2$
- terjadi event arrival (A) \Rightarrow kustomer 1 datang ke sistem
- status server = $\text{sibuk}(1) \Rightarrow$ sedang melayani kustomer 1
- akhir event = 0,2
- banyaknya antrian = 0 \Rightarrow kustomer 1 tidak mengantri
- counter variable sampai pada $t=0,2$
 - total delay = 0 \Rightarrow masih melayani kustomer 1
 - total waktu antrian = 0 \Rightarrow blm ada yang mengantri
 - total waktu sibuk = 0 \Rightarrow pelayanan masih berlangsung
- event list $[0,8, 1,2]$

$A = 0,8$ waktu kedatangan kustomer 2 = $0,2 + 0,6$

$D = 1,2$ kustomer 1 selesai (departure) pada $0,2+1,0$

Hal : 12



PEMODELAN SIMULASI SISTEM DISKRIT

$t=0,8$: kedatangan kustomer 2

- pada saat $t=0,8$ dan clock = 0,8
- terjadi event arrival (A) \Rightarrow kustomer 2 datang ke sistem
- status server =sibuk(1) \Rightarrow masih melayani kustomer 1
- akhir event = 0,8
- banyaknya antrian = 1 \Rightarrow kustomer 2 mengantri
- counter variable sampai pada $t=0,8$
 - total delay = 0 \Rightarrow masih melayani kustomer 1
 - total waktu antrian = 0 \Rightarrow kustomer 2 masih mengantri
 - total waktu sibuk = 0,6 \Rightarrow dari 0,2 sampai 0,8
- event list [1,1 , 1,2]

A = 1,1 waktu kedatangan kustomer 3 = $0,8 + 0,3$

D = 1,2 kustomer 1 selesai (departure) pada $0,2+1,0$

Hal : 13



PEMODELAN SIMULASI SISTEM DISKRIT

$t=1,1$: kedatangan kustomer 3

- pada saat $t=1,1$ dan clock = 1,1
- terjadi event arrival (A) \Rightarrow kustomer 3 datang ke sistem
- status server =sibuk(1) \Rightarrow masih melayani kustomer 1
- akhir event = 1,1
- banyaknya antrian = 2 \Rightarrow kustomer 2 dan 3 mengantri
- counter variable sampai pada $t=1,1$
 - total delay = 0 \Rightarrow masih melayani kustomer 1
 - total waktu antrian = 0,3 \Rightarrow kustomer 2 antri dari 0,8 –1,1
 - total waktu sibuk = 0,9 \Rightarrow dari 0,2 sampai 1,1
- event list [1,9 , 1,2]

A = 1,9 waktu kedatangan kustomer 4 = $1,1 + 0,8$

D = 1,2 kustomer 1 selesai (departure) pada $0,2+1,0$

Hal : 14



PEMODELAN SIMULASI SISTEM DISKRIT

$t=1,2$: Departure kustomer 1

- pada saat $t=1,2$ dan clock = 1,2
- terjadi event departure (D) \Rightarrow kustomer 1 keluar sistem
- status server =sibuk(1) \Rightarrow melayani kustomer 2
- akhir event = 1,2
- banyaknya antrian = 1 \Rightarrow kustomer 3 mengantri
- counter variable sampai pada $t=1,2$
 - total delay = 0,4 \Rightarrow kust 2 dtg 0,8 dilayani 1,2 delay 0,4
 - total waktu antrian = 0,5 \Rightarrow kust 2 & 3 antri 1,1–1,2+0,3
 - total waktu sibuk = 1,0 \Rightarrow dari 0,2 sampai 1,2
- event list [1,9 , 1,5]
A = 1,9 waktu kedatangan kustomer 4 = 1,1 + 0,8
D = 1,5 kustomer 2 selesai (departure) pada 1,2+0,3

Hal : 15



PEMODELAN SIMULASI SISTEM DISKRIT

$t=1,5$: Departure kustomer 2

- pada saat $t=1,5$ dan clock = 1,5
- terjadi event departure (D) \Rightarrow kustomer 2 keluar sistem
- status server =sibuk(1) \Rightarrow melayani kustomer 3
- akhir event = 1,5
- banyaknya antrian = 0 \Rightarrow kust 3 dilayani, kust 4 blm dtng
- counter variable sampai pada $t=1,5$
 - total delay = 0,8 \Rightarrow kust 3 dtng 1,1 dilayani 1,5 delay 0,4
 - total waktu antrian = 0,8 \Rightarrow kust 3 antri 1,2–1,5+0,5=0,8
 - total waktu sibuk = 1,3 \Rightarrow dari 0,2 sampai 1,5
- event list [1,9 , 1,6]
A = 1,9 waktu kedatangan kustomer 4 = 1,1 + 0,8
D = 1,6 kustomer 3 selesai (departure) pada 1,5+0,1

Hal : 16

$t=1,6$: Departure kustomer 3

- pada saat $t=1,6$ dan clock = 1,6
- terjadi event departure (D) \Rightarrow kustomer 3 keluar sistem
- status server = idle(0) \Rightarrow kustomer 4 belum datang
- akhir event = 1,6
- banyaknya antrian = 0 \Rightarrow kustomer 4 belum datang
- counter variable sampai pada $t=1,6$
 - total delay = 0,8 \Rightarrow tidak ada update
 - total waktu antrian = 0,8 \Rightarrow tidak ada update
 - total waktu sibuk = 1,4 \Rightarrow dari 0,2 sampai 1,6
- event list [1,9 , ~]

$A = 1,9$ waktu kedatangan kustomer 4 = $1,1 + 0,8$

$D = \sim$ belum ada pelayanan

Hal : 17

$t=1,9$: Kedatangan kustomer 4

- pada saat $t=1,9$ dan clock = 1,9
- terjadi event arrival (A) \Rightarrow kustomer 4 masuk sistem
- status server = sibuk(1) \Rightarrow melayani kustomer 4
- akhir event = 1,9
- banyaknya antrian = 0 \Rightarrow kustomer 4 langsung dilayani
- counter variable sampai pada $t=1,9$
 - total delay = 0,8 \Rightarrow tidak ada update
 - total waktu antrian = 0,8 \Rightarrow tidak ada update
 - total waktu sibuk = 1,4 \Rightarrow tidak ada update
- event list [2,0 , 2,5]

$A = 2,0$ waktu kedatangan kustomer 5 = $1,9 + 0,1$

$D = 2,5$ kustomer 4 selesai (departure) $1,9 + 0,6 = 2,5$

Hal : 18

$t=2,0$: Kedatangan kustomer 5

- pada saat $t=2,0$ dan clock = 2,0
- terjadi event arrival (A) \Rightarrow kustomer 5 masuk sistem
- status server =sibuk(1) \Rightarrow masih melayani kustomer 4
- akhir event = 2,0
- banyaknya antrian = 1 \Rightarrow karena kusto 4 masih dilayani
- counter variable sampai pada $t=2,0$
 - total delay = 0,8 \Rightarrow tidak ada update, kust 4 masih dilaya
 - total waktu antrian = 0,8 \Rightarrow tidak ada update, kus 4 masih
 - total waktu sibuk = 1,5 \Rightarrow dari 1,9 s/d 2,0 (+ 1,4 mnt)
- event list [\sim , 2,5]

A = \sim tidak diketahui adanya kedatangan kustomer lagi

D = 2,5 kustomer 4 selesai (departure) $1,9 + 0,6 = 2,5$

Hal : 19

$t=2,5$: Departure kustomer 4

- pada saat $t=2,5$ dan clock = 2,5
- terjadi event departure (D) \Rightarrow kustomer 4 keluar sistem
- status server =sibuk(1) \Rightarrow melayani kustomer 5
- akhir event = 2,5
- banyaknya antrian = 0 \Rightarrow karena kusto 5 dilayani
- counter variable sampai pada $t=2,5$
 - total delay = 1,3 \Rightarrow kust 5 datang 2,0 dilayani 2,5
 - total waktu antrian = 1,3 \Rightarrow kust 5 mengantri 0,5
 - total waktu sibuk = 2,0 \Rightarrow dari 2,0 s/d 2,5 (+ 1,5 mnt)
- event list [\sim , 3,5]

A = \sim tidak diketahui adanya kedatangan kustomer lagi

D = 3,5 kustomer 5 selesai (departure) $2,5 + 1,0 = 3,5$

Hal : 20

$t=3,5$: Departure kustomer 5

- pada saat $t=3,5$ dan clock = 3,5
- terjadi event departure (D) \Rightarrow kustomer 5 keluar sistem
- status server = idle(0)
- akhir event = 3,5
- banyaknya antrian = 0
- counter variable sampai pada $t=2,5$
 - total delay = 1,3 \Rightarrow tetap
 - total waktu antrian = 1,3 \Rightarrow tetap
 - total waktu sibuk = 3,0 \Rightarrow dari 2,5 s/d 3,5 (+ 2,0 mnt)
- event list [\sim , \sim]
A = \sim tidak diketahui adanya kedatangan kustomer lagi
D = \sim selesai semua pelayanan

Hal : 21

Dari perhitungan di atas, maka diperoleh :

- Total waktu delay (D_i) = 1,3
- Total waktu antrian (T_i) = 1,3 - Total waktu sibuk = 3,0
- Total waktu simulasi (clock) atau $T(n)$ = 3,5
- Banyaknya individu yang pernah mengantri (n) = 3 yaitu kustomer 2, 3 dan 5

Sehingga :

1. Rata-rata waktu tunggu dalam antrian

$$d(n) = (D_i) / n = 1,3 / 3 = 0,43$$

2. Rata-rata banyaknya individu dalam antrian

$$q(n) = T_i / T(n) = 1,3 / 3,5 = 0,37$$

3. Tingkat kesibukan server

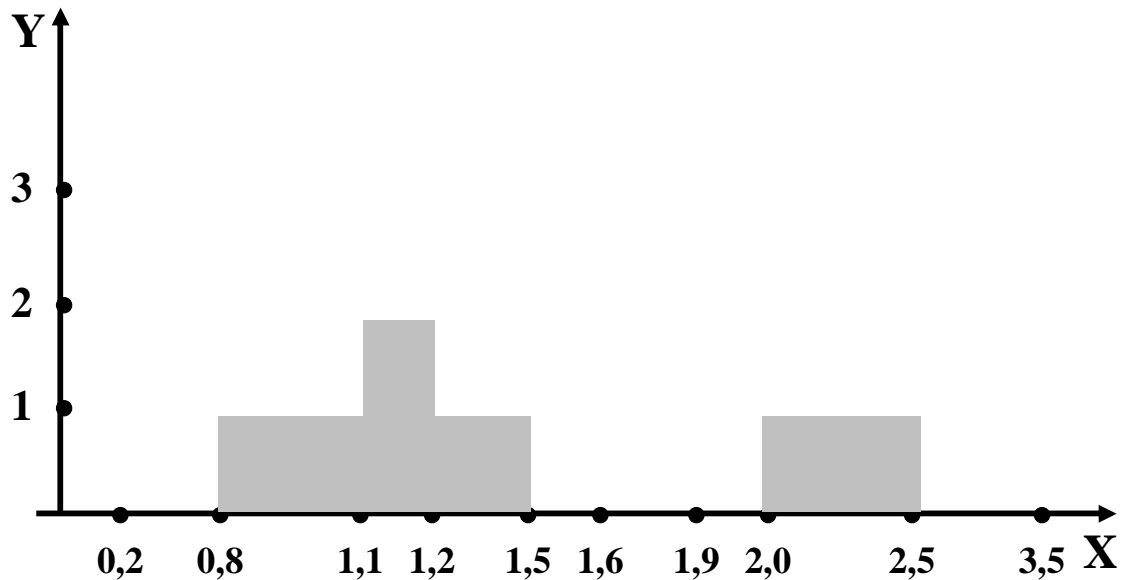
$$\begin{aligned} U(n) &= (\text{total waktu sibuk}) / (\text{total waktu simulasi}) \\ &= 3,0 / 3,5 = 0,86 \text{ atau } 86 \% \end{aligned}$$

Hal : 22

Grafiknya :

Sumbu Y : banyaknya individu dalam antrian

Sumbu X : waktu



Hal : 23

Tabel Perhitungan di atas :

Clock	event	customer	Arrival time	Server status	EL [tA,tD]	Queue number	Di	Ti	Total busy time
0,0	-	-	0,0	idle	[0,2 , ~]	0	0	0	0
0,2	A	1	0,2	busy	[0,8 , 1,2]	0	0	0	0
0,8	A	2	0,8	busy	[1,1 , 1,2]	1	0	0	0,6
1,1	A	3	1,1	busy	[1,9 , 1,2]	2	0	0,3	0,9
1,2	D	1	1,2	busy	[1,9 , 1,5]	1	0,4	0,5	1,0
1,5	D	2	1,5	busy	[1,9 , 1,6]	0	0,8	0,8	1,3
1,6	D	3	1,6	idle	[1,9 , ~]	0	0,8	0,8	1,4
1,9	A	4	1,9	busy	[2,0 , 2,5]	0	0,8	0,8	1,4
2,0	A	5	2,0	busy	[~ , 2,5]	1	0,8	0,8	1,5
2,5	D	4	2,5	busy	[~ , 3,5]	0	1,3	1,3	2,0
3,5	D	5	3,5	idle	[~ , ~]	0	1,3	1,3	3,0

Hal : 24

