

MODEL DAN SIMULASI SISTEM ANTRIAN

Mata Kuliah Pemodelan & Simulasi

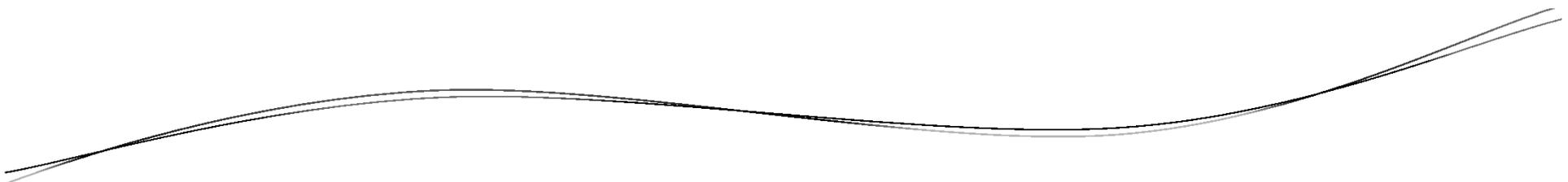
Riani Lubis

Program Studi Teknik Informatika

Universitas Komputer Indonesia

Sistem Antrian

- Antrian ialah suatu garis tunggu pelanggan yang memerlukan layanan dari satu/lebih pelayan (fasilitas layanan).
- Antrian timbul disebabkan karena kebutuhan akan layanan melebihi kapasitas pelayanan, sehingga pengguna fasilitas (pelanggan) yang tiba tidak bisa segera mendapat layanan.
- Tambahan fasilitas pelayanan dapat diberikan untuk mengurangi antrian atau untuk mencegah timbulnya antrian. Akan tetapi biaya karena memberikan pelayanan tambahan, akan menimbulkan pengurangan keuntungan.



- Klasifikasi menurut Hillier & Lieberman :

1. Sistem pelayanan komersial ; seperti model antrian di restoran, kafetaria, toko-toko, salon, butik, supermarket, dll.
2. Sistem pelayanan bisnis-industri; mencakup lini produksi, sistem material-handling, sistem pergudangan, dll.
3. Sistem pelayanan transportasi
4. Sistem pelayanan sosial; seperti kantor registrasi SIM & STNK, kantor pos, rumah sakit, puskesmas, dll.

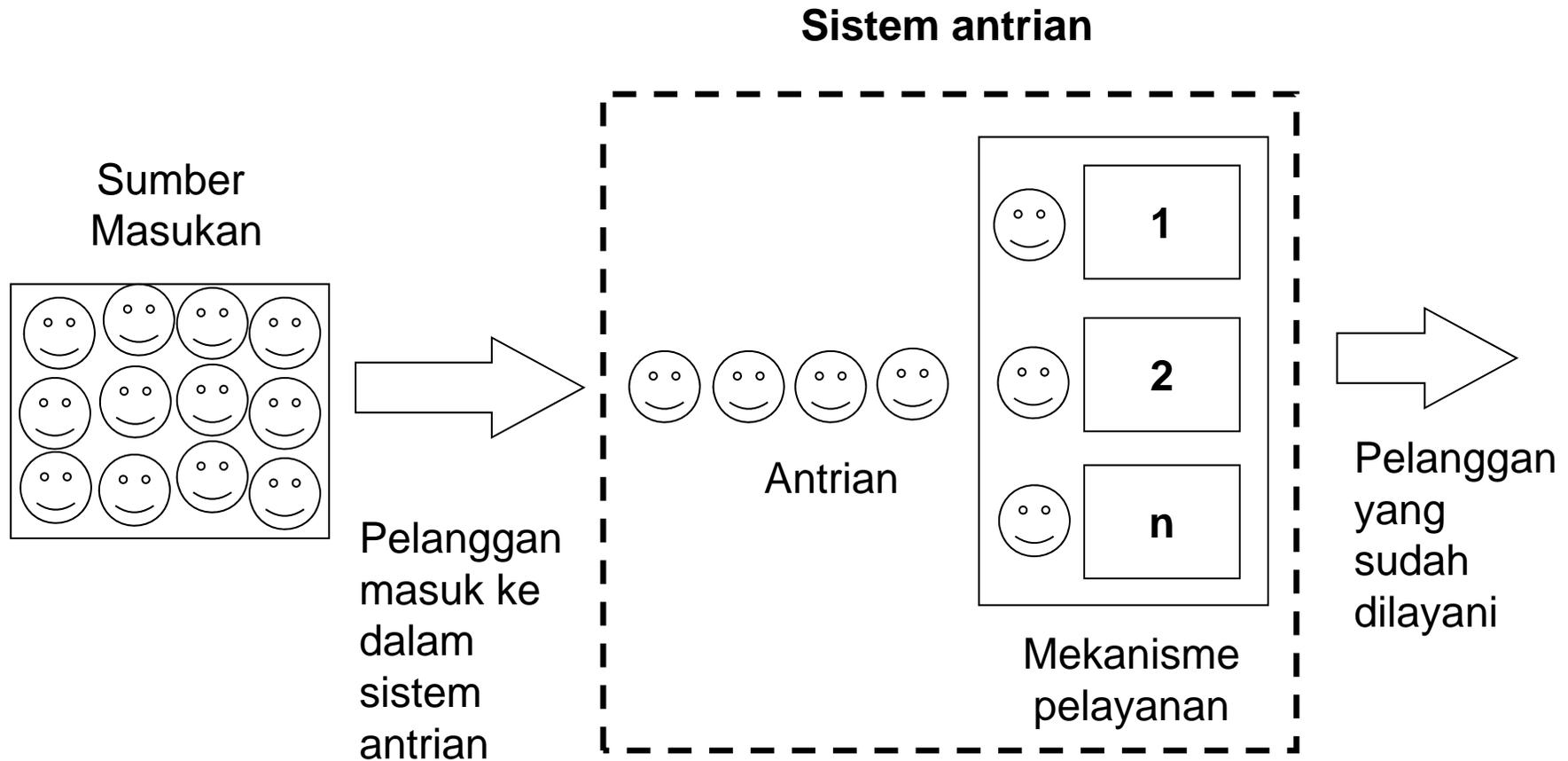
Contoh Sistem Antrian

Sistem	Antrian/Garis Tunggu	Fasilitas Pelayanan
Lapangan terbang	Pesawat menunggu di landasan	Landasan pacu
Bank	Nasabah (orang)	Kasis/teller
Pencucian mobil	Mobil	Tempat pencucian mobil
Bongkar muat barang	Kapal dan truk	Fasilitas bongkar muat
Sistem komputer	Program komputer	CPU, printer, dll
Bantuan pengobatan darurat	Orang	Ambulance
Perpustakaan	Member	Pegawai perpustakaan
Registrasi mahasiswa	Mahasiswa	Pusat registrasi
Skedul sidang pengadilan	Kasus yang disidangkan	Pengadilan

Komponen Dasar Proses Antrian

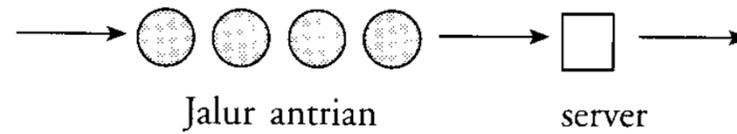
1. **Kedatangan** → proses input, yang meliputi sumber kedatangan. Terjadinya kedatangan umumnya merupakan variabel acak. Misal : orang, mobil, panggilan telepon untuk dilayani, dll
2. **Pelayan (fasilitas pelayanan/server)** → mekanisme pelayanan dapat terdiri dari satu/lebih pelayan. Setiap fasilitas pelayanan kadang-kadang disebut sebagai saluran (channel).
3. **Antrian** → dipengaruhi oleh sifat kedatangan dan proses pelayanan. Jika tidak ada antrian berarti terdapat pelayan yang menganggur atau kelebihan fasilitas pelayanan.

Struktur Dasar Sistem Antrian

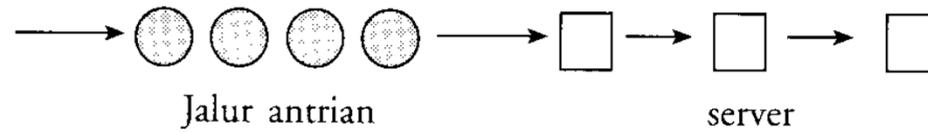


Mekanisme Pelayanan

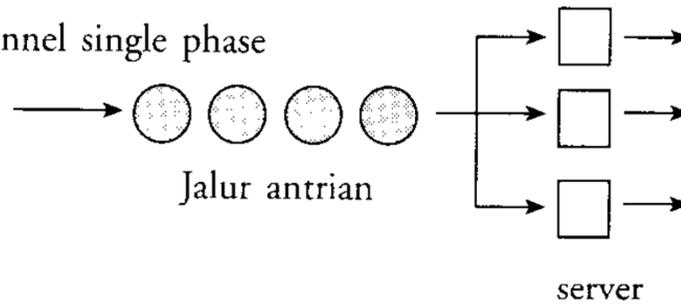
Single channel single phase



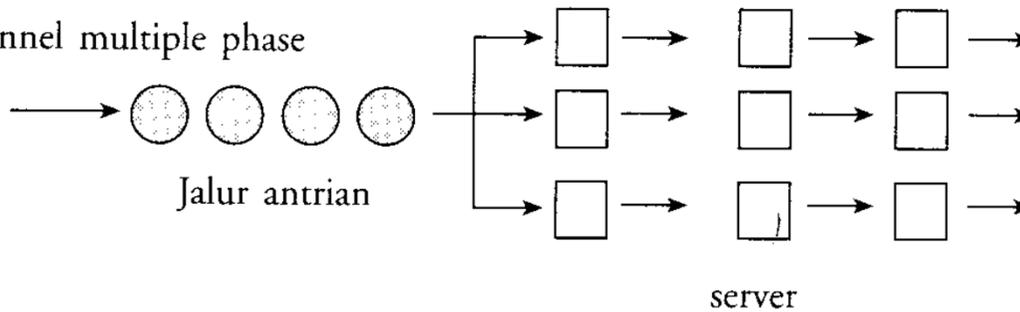
Single channel multiple phase



Multiple channel single phase



Multiple channel multiple phase



Disiplin Antrian

- Disiplin antri adalah aturan keputusan yang menjelaskan cara melayani pengantri.
- Ada 5 bentuk disiplin antrian yang biasa digunakan :
 1. **First-Come First-Served (FCFS)** atau **First-In First-Out (FIFO)**.
 2. **Last-Come First-Served (LCFS)** atau **Last-In First-Out (LIFO)**.
 3. **Service In Random Order (SIRO)**.
 4. **Priority Service (PS)**.

Model Antrian (M / M / 1)

Karakteristik yang dianalisis :

1. Tingkat Intensitas Fasilitas Pelayanan

$$P = \frac{\lambda}{\mu}$$

2. Probabilitas Kepastian n Pelanggan dalam Sistem

$$P_0 = 1 - P, n = 0$$
$$P_n = P^n P_0, n \neq 0 \quad P_n = P^n (1 - P) = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right)$$

3. Jumlah Rata-Rata Pelanggan dalam Sistem

$$L_S = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} = \frac{P}{1 - P}$$

4. Jumlah Rata-Rata Pelanggan dalam Antrian

$$L_q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} = \frac{P^2}{1 - P}$$

5. Waktu Rata-Rata dalam Sistem

$$W_s = \frac{1}{\mu - \lambda}$$

6. Waktu Rata-Rata dalam Antrian

$$W_q = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)}$$

Model (M / M / s)

Karakteristik yang dianalisis :

1. Tingkat Intensitas Fasilitas Pelayanan

$$P = \frac{\lambda}{s\mu}$$

2. Probabilitas Kepastian n Pelanggan dalam Sistem

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{s-1} \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}{n!} + \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^s}{s! \left(1 - \frac{\lambda}{s\mu}\right)}}$$
$$P_n = \begin{cases} \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}{n!} P_0, & \text{jika } 0 \leq n \leq s \\ \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}{s! s^{n-s}} P_0, & \text{jika } n > s \end{cases}$$

3. Jumlah Rata-Rata Pelanggan dalam Sistem

$$L_s = \frac{P_0 \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^s \frac{\lambda}{s\mu}}{s! \left(1 - \frac{\lambda}{s\mu} \right)^2} + \frac{\lambda}{\mu} = \frac{P_0 \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^s P}{s! (1 - P)^2} + \frac{\lambda}{\mu}$$

$$L_s = \lambda W = Lq + \frac{\lambda}{\mu}$$

4. Jumlah Rata-Rata Pelanggan dalam Antrian

$$Lq = \frac{P_0 \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^s \frac{\lambda}{s\mu}}{s! \left(1 - \frac{\lambda}{s\mu} \right)^2} = \frac{P_0 \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^s P}{s! (1-P)^2}$$

5. Waktu Rata-Rata dalam Sistem

$$W_s = W_q + \frac{1}{\mu}$$

6. Waktu Rata-Rata dalam Antrian

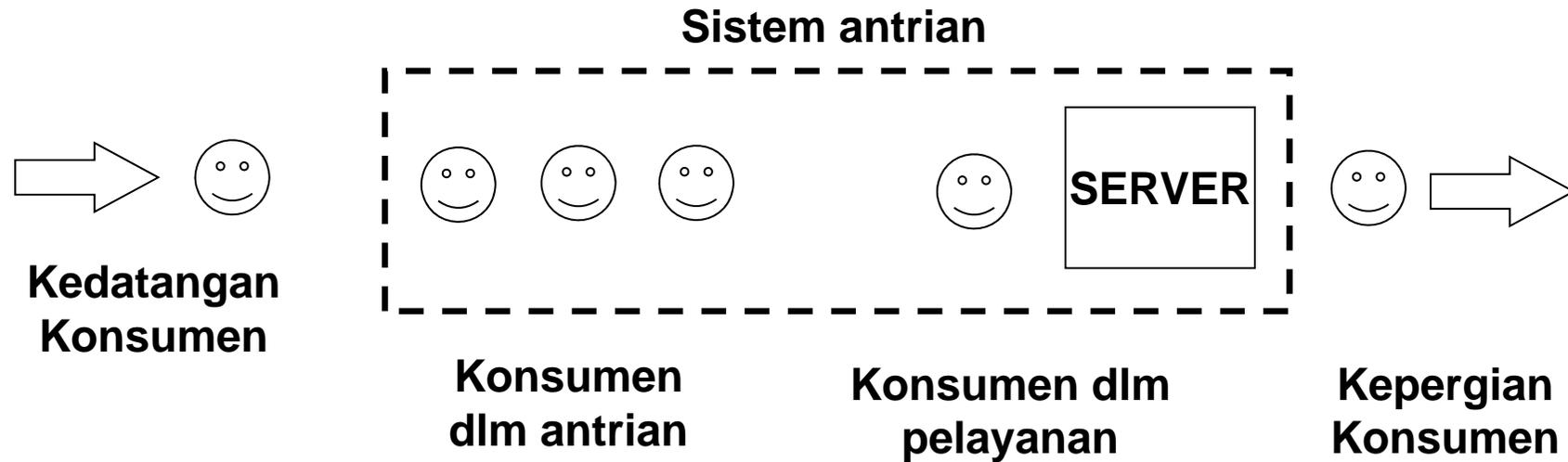
$$W_q = \frac{Lq}{\lambda}$$



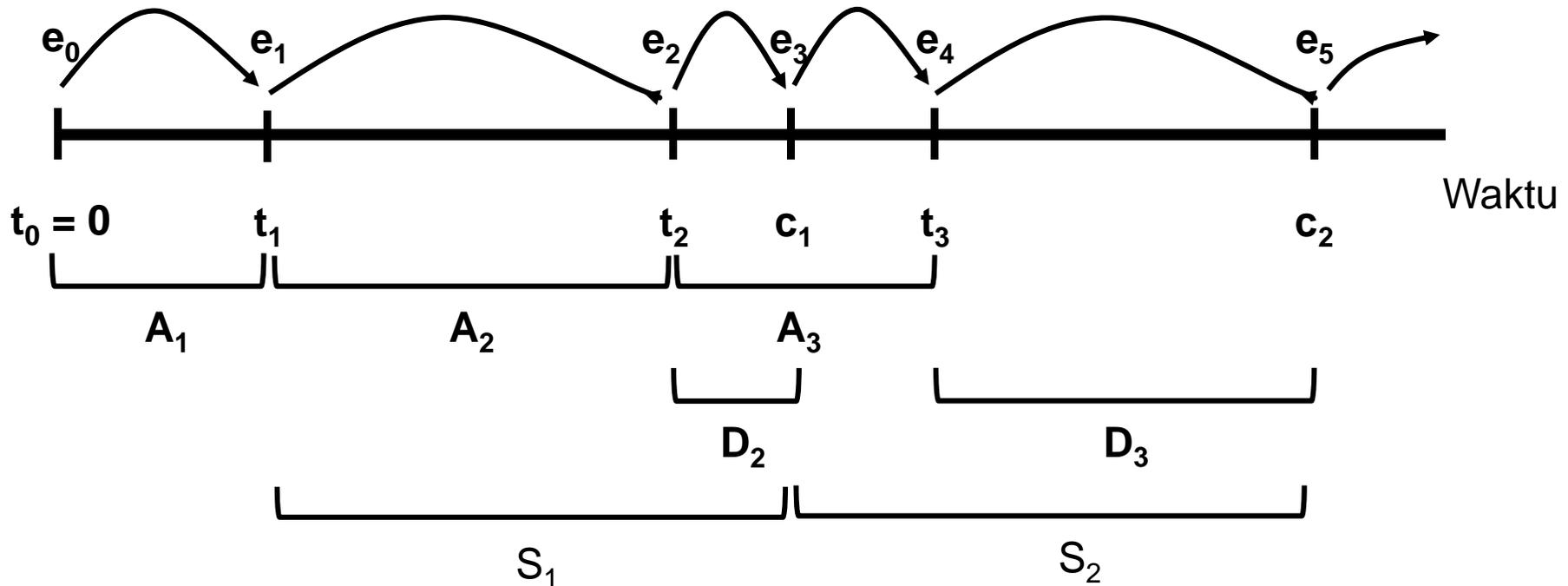
Simulasi Sistem Antrian

Contoh Kasus Sistem Antrian Single Server

Model Antrian Single Server



Ilustrasi Contoh Simulasi Sistem Antrian Single Server



e_i = waktu peristiwa/kejadian (waktu simulasi); kecuali $e_0 = 0$

t_i = waktu kedatangan pelanggan

$A_i = t_i - t_{i-1}$ = waktu antar kedatangan pelanggan ke- i dari pelanggan ke- $(i - 1)$

S_i = waktu pelayanan server terhadap pelanggan ke- i

$D_i = c_{i-1} - t_i$ = waktu menunggu pelanggan ke- i

$c_i = t_i + D_i + S_i$ = waktu selesai dilayani & keluar sistem

- Waktu kedatangan pelanggan (arrival) A_1, A_2, \dots, A_i merupakan variabel acak yang berdistribusi tertentu.
- Jika pelanggan yang datang dan mendapati server/pelayan dalam keadaan idle, maka pelanggan tersebut akan langsung dilayani oleh server dengan waktu pelayanan S_1, S_2, \dots, S_i yang merupakan variabel acak berdistribusi tertentu dan bebas terhadap waktu kedatangan.
- Jika konsumen yang datang dan mendapati server sibuk, maka pelanggan akan masuk dalam garis antrian.
- Server yang telah selesai melayani seorang pelanggan, akan segera melayani pelanggan berikutnya yang berada dalam garis antrian (sesuai disiplin antriannya, misal FIFO)
- Kejadian/peristiwa di atas berlangsung secara berulang

- Simulasi dimulai saat $e_0 = t_0 = 0$ detik, dimana status sisten antrian kosong dan server idle \rightarrow saat pelanggan ke-1 belum datang.
- Saat $t = 0$ detik, penantian pelanggan ke-1 datang untuk pertama kali dilakukan oleh server dan akan berakhir setelah A_1 detik kemudian \rightarrow saat pelanggan ke-1 datang.
- Saat $e_1 = t_1$, pelanggan ke-1 datang dengan waktu antar kedatangan A_1 detik (sejak simulasi sistem antrian dimulai) yang besarnya diperoleh dari generate A_1 . Karena status server = kosong, maka konsumen-1 dapat langsung dilayani sehingga $D_1 = 0$ & status server berubah menjadi “sibuk”.
- Konsumen ke-1 dilayani selama S_1 yang besarnya dari generate S_1 , sehingga ia akan selesai dilayani saat $e_3 = c_1$, yaitu saat $c_1 = t_1 + S_1$

- Waktu kedatangan pelanggan ke - 2 (t_2) diperoleh dari $t_2 = t_1 + A_2$, dimana besar A_2 diperoleh dari generate A_2 .
- Saat $e_2 = t_2$, karena $t_2 < c_1$ maka status server = sibuk sehingga dapat dikatakan jumlah pelanggan dalam sistem antrian minimal 1 orang pelanggan. Pelanggan ke-2 tidak dapat langsung dilayani oleh server, tapi harus menunggu selama $D_2 = c_1 - t_2$.
- Jika kondisi diatas $c_1 < t_2$, maka $D_2 = 0$
- Saat $e_4 = t_3 \rightarrow t_3 = t_2 + A_3$
- Saat $e_5 = c_2 \rightarrow c_3 = c_1 + S_2$

CONTOH KASUS SISTEM ANTRIAN DI RESTORAN McDull

A. Deskripsi Kasus

Studi kasus tentang antrian diambil dari kesibukan yang berhubungan dengan proses pemesanan via telepon dan proses pengiriman pesanan di sebuah restoran cepat saji yang bernama McDull yang berlokasi di kota Bandung. Saat ini restoran McDull telah melakukan pengiriman pesanan sesuai dengan urutan pemesanan konsumen, akan tetapi beberapa konsumen merasa kecewa karena mereka harus menunggu lebih lama. Oleh karena itu, McDull ingin meningkatkan pelayanan konsumen dengan cepat dan tepat sesuai harapan konsumen.

Semakin banyaknya pengguna jasa pengiriman dan jarak yang berbeda dengan waktu tempuh yang juga berbeda mengakibatkan munculnya masalah dalam proses pengiriman. Maka pihak manajemen McDull merasa perlu untuk memperbaiki sistem pengirimannya. Proses pengiriman pesanan ke konsumen yang menemui masalah adalah pesanan pada jam makan pagi, makan siang dan makan malam. Saat ini McDull memiliki petugas tetap sebagai operator telepon sebanyak 1 orang, petugas yang khusus menyiapkan pesanan sebanyak 1 orang dan petugas pengantar pesanan sebanyak 3 orang. Penambahan jumlah karyawan yang dibutuhkan sulit diprediksi sehingga pada waktu-waktu tertentu terlihat beberapa karyawan bagian pengiriman tidak melakukan aktivitas apapun (menganggur) karena pesanan makanan tidak terlalu banyak. Hal ini tentu dapat mengurangi produktivitas karyawan dan dapat mengurangi efisiensi pada restoran McDull yang pada akhirnya akan dapat mengakibatkan terjadinya pembengkakan pengeluaran. Maka untuk menyelesaikan masalah tersebut di atas, perlu dilakukan analisis dan simulasi terhadap sistem pengiriman pesanan pada restoran McDull untuk memaksimalkan layanan pengiriman pesanan pada konsumen pada waktu tertentu.

B. Ruang Lingkup

Berikut ini adalah beberapa asumsi dan batasan masalah yang akan digunakan dalam studi kasus :

1. Diasumsikan ada 10 area pengiriman pesanan dengan durasi pengiriman untuk masing-masing area pengiriman seperti yang tampak pada Tabel 1.

Tabel 1. Area dan Waktu Pengiriman

No.	Wilayah	Durasi (menit)
1	Antapani	25
2	Arcamanik	30
3	Coblong	15
4	Bandung Kidul	25
5	Batununggal	25
6	Cibeunying Kaler	25
7	Bandung Wetan	20
8	Cibeunying Kidul	25
9	Cicendo	25
10	Cidadap	30

2. Waktu pengiriman pesanan dianggap normal tanpa mempertimbangkan :
 - a. Proses pencarian alamat
 - b. Kecelakaan
 - c. Kerusakan kendaraan (ban meletus, kehabisan bensin, mogok, dll)
 - d. Kemacetan yang terjadi pada saat pengiriman
 - e. Hujan deras atau keadaan-keadaan lain akibat kejadian alam yang sifatnya tidak dapat diprediksi.
3. Pengiriman pesanan dilakukan menurut urutan pesanan, bukan berdasarkan wilayah tujuan pengiriman.

4. Jumlah pesanan, jenis pesanan dan harga pesanan tidak diperhitungkan pada proses analisis dan simulasi sistem pengiriman pesanan.
5. Setiap pesanan dapat disediakan dalam waktu 60 detik.
6. Waktu pengiriman dimulai jam 08.00 hingga 23.00, dibagi dalam 3 segmen waktu yaitu : 08.00 – 13.00, 13.00 – 18.00, dan 18.00 – 23.00.

C. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan pengamatan di lapangan. Data yang diambil akan digunakan sebagai acuan dalam membuat program simulasi. Data yang digunakan merupakan data dari tiap peristiwa, jam (periode) dalam waktu 1 hari. Berdasarkan data tersebut akan dibangkitkan data untuk tiap peristiwa pada setiap segmen waktu sesuai hasil uji distribusi untuk tiap peristiwa. Proses dari peristiwa-peristiwa tersebut dibagi dalam bagian waktu (sub-segmen waktu) untuk membatasi peristiwa-peristiwa dalam tiap jamnya dan untuk mengetahui jenis data tujuan yang berbeda (lihat Tabel 2).

Tabel 2. Data Sub-Segmen Waktu

No	Bagian Pertama	Bagian Akhir	Segmen ke-
1	08.00	09.00	1
2	09.00	10.00	
3	10.00	11.00	
4	11.00	12.00	
5	12.00	13.00	
6	13.00	14.00	2
7	14.00	15.00	
8	15.00	16.00	
9	16.00	17.00	
10	17.00	18.00	
11	18.00	19.00	3
12	19.00	20.00	
13	20.00	21.00	
14	21.00	22.00	
15	22.00	23.00	

Jenis data yang dikumpulkan pada saat pengamatan adalah :

1. Data tujuan pengiriman beserta waktu pengiriman pada sub-segmen waktu tertentu (lihat tabel 1).
2. Data antar kedatangan telepon konsumen pada sub-segmen waktu tertentu (lihat Tabel 3)
3. Data lama telepon konsumen pada sub-segmen waktu tertentu (lihat Tabel 4).

Tabel 3. Data Antar Kedatangan Telepon pada Sub-Segmen Waktu 12.00 – 13.00
(dalam satuan detik)

No	Waktu Antar Kedatangan Telepon (detik)	Frekuensi
1	15 - 47	21
2	48 - 80	12
3	81 - 113	18
4	114 - 146	25
5	147 - 179	17
6	180 - 212	19
7	213 - 245	21
8	246 - 278	17
	Total	150

Tabel 4. Data Lama Telepon pada Sub-Segmen Waktu 12.00 – 13.00

(dalam satuan detik)

No	Lama Telepon (detik)	Frekuensi
1	49 - 78	18
2	79 - 108	10
3	109 - 138	19
4	139 - 168	27
5	169 - 198	20
6	199 - 228	21
7	229 - 258	15
8	259 - 288	20
	Total	150

D. Identifikasi Variabel

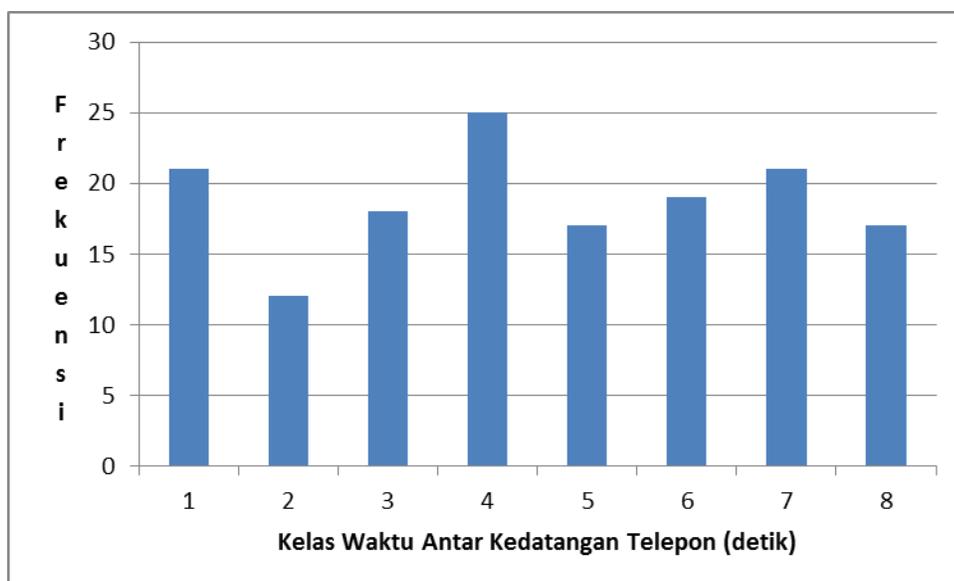
Pada pengumpulan data, tentu ditemukan variabel-variabel yang dapat menunjukkan secara detail perilaku data. Oleh karena itu harus dilakukan identifikasi terhadap fungsi dari variabel-variabel yang berhubungan langsung dengan simulasi yang akan dibuat. Berikut ini adalah fungsi variabel-variabel yang berpengaruh :

1. Data Antar Kedatangan Telepon, berisi data jarak antar kedatangan telepon satu konsumen dengan konsumen yang lain, merupakan fungsi waktu sehingga bersifat probabilistik.
2. Data Lama Telepon, berisi data lama telepon setiap konsumen, merupakan fungsi waktu sehingga bersifat probabilistik.
3. Data Tujuan Pengiriman, berisi data tujuan pengiriman yang berpengaruh pada lama pengiriman, bukan merupakan fungsi waktu, bersifat deterministik karena lama pengiriman telah ditentukan untuk tiap lokasi.

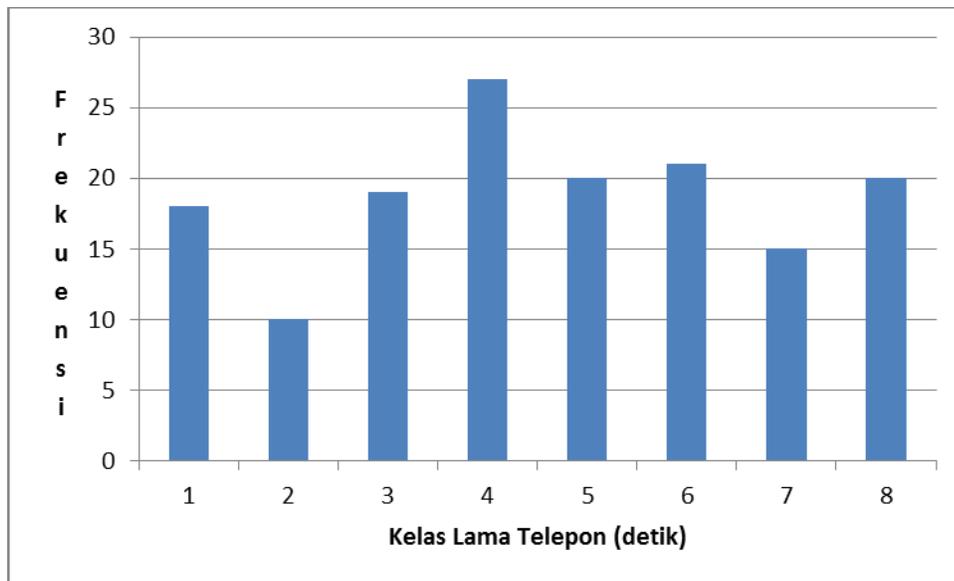
E. Pengolahan Data

E.1. Pendugaan Distribusi Data

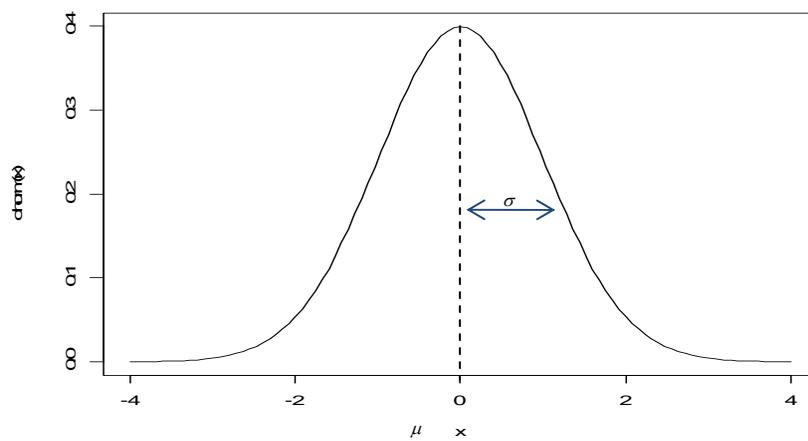
Untuk mengetahui distribusi data tersebut di atas, maka dilakukan pendugaan distribusi dengan pendekatan teoritik. Karena setelah dilakukan pembuatan Histogram dan kurva distribusi masing-masing data di atas serta dibandingkan dengan kurva distribusi baku, diambil kesimpulan bahwa setiap data tersebut mendekati distribusi Normal (lihat Gambar 1 – 3). Maka langkah selanjutnya melakukan pengujian hipotesis bahwa data antar kedatangan telepon dan lama telepon saat transaksi adalah berdistribusi normal.



Gambar 1. Grafik Antar Kedatangan Telepon pada Sub-Segmen Waktu 12.00 – 13.00



Gambar 2. Grafik Lama Telepon pada Sub-Segmen Waktu 12.00 – 13.00



Gambar 3. Distribusi Normal (Baku)

E.2. Pengujian Distribusi Data Antar Kedatangan Telepon

Untuk melakukan pengecekan akan kebenaran dugaan distribusi data, maka dilakukan uji distribusi. Karena data antar kedatangan di atas diduga berdistribusi Normal, maka untuk membuktikan kebenarannya akan dilakukan uji keselarasan Kolmogorov-Smirnov. Dimana didefinisikan hipotesis sebagai berikut :

- H_0 : Distribusi Data Antar Kedatangan Telepon diharapkan tidak berbeda (berdistribusi normal)
- H_1 : Tolak H_0 (Distribusi Data Antar Kedatangan Telepon berbeda/tidak berdistribusi normal)

Berdasarkan data yang terdapat pada Tabel 3, diperoleh $\bar{x} = 88,26 \approx 88$ dan $\sigma = 24,7 \approx 25$. Proses berikutnya mencari nilai Z untuk menentukan nilai distribusi normal yang dicari sebagai $F(X)$. Nilai Z dicari pada setiap kelas data, dengan rumus :

$$Z = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma}$$

Dari nilai Z yang diperoleh tersebut, kemudian digunakan tabel distribusi normal standar Z untuk memperoleh nilai tabelnya (lihat tabel 5). Pencarian nilai Z untuk data Antar Kedatangan Telepon dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 5. Tabel Distribusi Normal

z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0.0	.5000	.4960	.4920	.4880	.4840	.4801	.4761	.4721	.4681	.4641
0.1	.4602	.4562	.4522	.4483	.4443	.4404	.4364	.4325	.4286	.4247
0.2	.4207	.4168	.4129	.4000	.4052	.4013	.3974	.3936	.3897	.3859
0.3	.3821	.3783	.3745	.3707	.3669	.3632	.3594	.3557	.3520	.3483
0.4	.3446	.3409	.3372	.3336	.3300	.3264	.3228	.3192	.3156	.3121
0.5	.3085	.3050	.3015	.2981	.2946	.2912	.2877	.2843	.2810	.2776
0.6	.2743	.2709	.2676	.2643	.2611	.2578	.2546	.2514	.2483	.2451
0.7	.2420	.2389	.2358	.2327	.2290	.2266	.2236	.2206	.2177	.2148
0.8	.2119	.2090	.2061	.2033	.2005	.1977	.1949	.1922	.1894	.1867
0.9	.1841	.1814	.1788	.1762	.1736	.1711	.1685	.1660	.1635	.1611
1.0	.1587	.1562	.1539	.1515	.1492	.1469	.1446	.1423	.1401	.1379
1.1	.1357	.1335	.1314	.1292	.1271	.1251	.1230	.1210	.1190	.1170
1.2	.1151	.1131	.1112	.1093	.1075	.1056	.1038	.1020	.1003	.0985
1.3	.0968	.0951	.0934	.0918	.0901	.8885	.0869	.0853	.0838	.0823
1.4	.0808	.0793	.0778	.0764	.0749	.0735	.0721	.0708	.0694	.0681
1.5	.0668	.0655	.0643	.0630	.0618	.0606	.0594	.0582	.0571	.0559
1.6	.0548	.0537	.0526	.0516	.0505	.0495	.0485	.0475	.0465	.0455
1.7	.0446	.0436	.0427	.0418	.0409	.0401	.0392	.0384	.0375	.0367
1.8	.0359	.0351	.0344	.0336	.0329	.0322	.0314	.0307	.0301	.0294
1.9	.0287	.0281	.0274	.0268	.0262	.0256	.0250	.0244	.0239	.0233
2.0	.0228	.0222	.0217	.0212	.0207	.0202	.0197	.0192	.0188	.0183
2.1	.0179	.0174	.0170	.0166	.0162	.0158	.0154	.0150	.0146	.0143
2.2	.0139	.0136	.0132	.0129	.0125	.0122	.0119	.0116	.0113	.0110
2.3	.0107	.0104	.0102	.0099	.0096	.0094	.0091	.0089	.0087	.0084
2.4	.0082	.0080	.0078	.0075	.0073	.0071	.0069	.0068	.0066	.0064
2.5	.0062	.0060	.0059	.0057	.0055	.0054	.0052	.0051	.0049	.0048
2.6	.0047	.0045	.0044	.0043	.0041	.0040	.0039	.0038	.0037	.0036
2.7	.0035	.0034	.0033	.0032	.0031	.0030	.0029	.0028	.0027	.0026
2.8	.0026	.0025	.0024	.0023	.0023	.0022	.0021	.0021	.0020	.0019
2.9	.0019	.0018	.0018	.0024	.0016	.0016	.0015	.0015	.0014	.0014
3.0	.0013	.0013	.0013	.0012	.0012	.0011	.0011	.0011	.0010	.0010

Tabel 6. Proses Pencarian Z untuk Setiap Kelas Data

No	Kelas Interval	Frek (Fi)	S(X)	Z	F(X)	F(X) - S(X)
1	15 - 47	21	0,14	-1,567	0,059	0,081
2	48 - 80	12	0,22	-1,125	0,13	0,09
3	81 - 113	18	0,34	-0,682	0,248	0,092
4	114 - 146	25	0,507	-0,239	0,406	0,101
5	147 - 179	17	0,62	0,204	0,581	0,039
6	180 - 212	19	0,747	0,646	0,741	0,006
7	213 - 245	21	0,887	1,089	0,862	0,025
8	246 - 278	17	1	1,532	0,937	0,063

Tabel 7. Tabel Kolmogorov-Smirnov

Besar Sampel (N)	Level Signifikan untuk D				
	.20	.15	.10	.05	.01
1	.900	.925	.950	.975	.995
2	.684	.726	.776	.842	.929
3	.565	.597	.642	.708	.828
4	.494	.525	.564	.624	.733
5	.446	.474	.510	.565	.669
6	.410	.436	.470	.521	.618
7	.381	.405	.438	.486	.577
8	.358	.381	.411	.457	.543
9	.339	.360	.388	.432	.514
10	.322	.342	.368	.410	.490
11	.307	.326	.352	.391	.468
12	.295	.313	.338	.375	.450
13	.284	.302	.325	.361	.433
14	.274	.292	.314	.349	.418
15	.266	.283	.304	.338	.404
16	.258	.274	.295	.328	.392
17	.250	.266	.286	.318	.381
18	.244	.259	.278	.309	.371
19	.237	.252	.272	.301	.363
20	.231	.246	.264	.294	.356
25	.21	.22	.24	.27	.32
30	.19	.20	.22	.24	.29
35	.18	.19	.21	.23	.27
	1.07	6.54	1.22	1.36	1.63
35	N	N	N	N	N

Dari tabel 6 diperoleh $T_{Hitung} = 0,101$, lalu bandingkan dengan nilai D dari tabel Kolmogorov-Smirnov (Tabel 7) dengan tingkat kepercayaan 0,05 dan jumlah data 150. Maka diperoleh $T_{1-\alpha} = 0,110$. Karena $T_{Hitung} < T_{1-\alpha}$ maka H_0 diterima (uji diterima), sehingga dapat disimpulkan bahwa data Antar Kedatangan Telepon pada sub-segmen waktu 12.00 – 13.00 berdistribusi Normal.

E.3. Pengujian Distribusi Data Lama Telepon

Untuk data Lama Telepon yang juga diduga berdistribusi normal, maka untuk membuktikan kebenarannya akan dilakukan uji keselarasan Kolmogorov-Smirnov. Dimana didefinisikan hipotesis sebagai berikut :

- H_0 : Distribusi Data Lama Telepon diharapkan tidak berbeda (berdistribusi normal)
- H_1 : Tolak H_0 (Distribusi Data Lama Telepon berbeda/tidak berdistribusi normal)

Berdasarkan data yang terdapat pada Tabel 4, diperoleh $\mu = 98,37 \approx 94$ dan $\sigma = 13,95 \approx 14$. Proses berikutnya mencari nilai Z untuk menentukan nilai distribusi normal yang dicari sebagai $F(X)$. Dari nilai Z yang diperoleh tersebut, kemudian digunakan tabel distribusi normal standar Z untuk memperoleh nilai tabelnya (lihat tabel 5). Pencarian nilai Z untuk data Lama Telepon dapat dilihat pada Tabel 8.

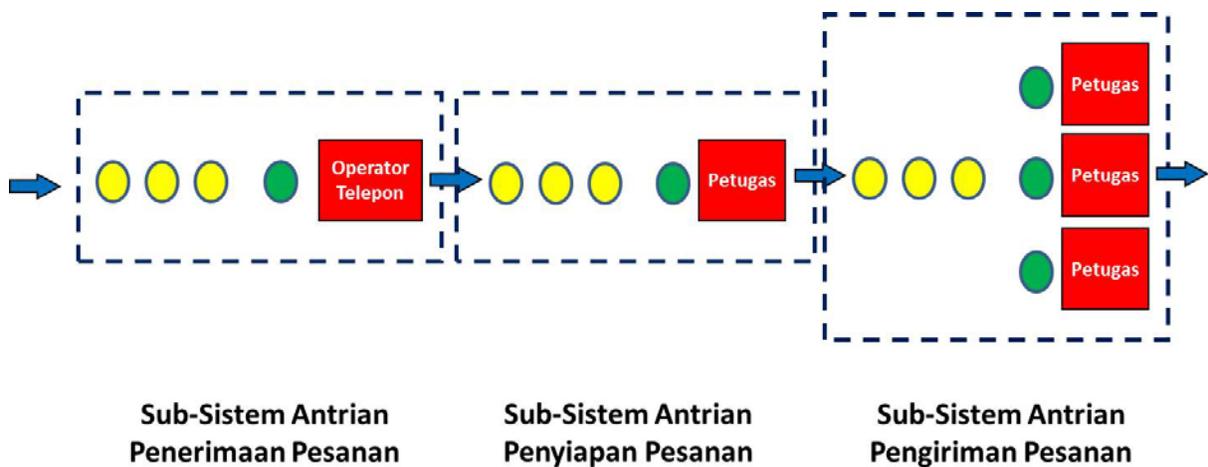
Tabel 8. Proses Pencarian Z untuk Setiap Kelas Data

No	Kelas Interval	Frek (Fi)	S(X)	Z	F(X)	F(X) - S(X)
1	49 - 78	18	0,12	-2,12	0,02	0,10
2	79 - 108	10	0,19	-0,83	0,2	0,01
3	109 - 138	19	0,31	-0,47	0,32	0,01
4	139 - 168	27	0,49	-0,11	0,46	0,03
5	169 - 198	20	0,63	0,25	0,6	0,03
6	199 - 228	21	0,77	0,60	0,73	0,04
7	229 - 258	15	0,87	0,96	0,83	0,04
8	259 - 288	20	1	1,32	0,91	0,09

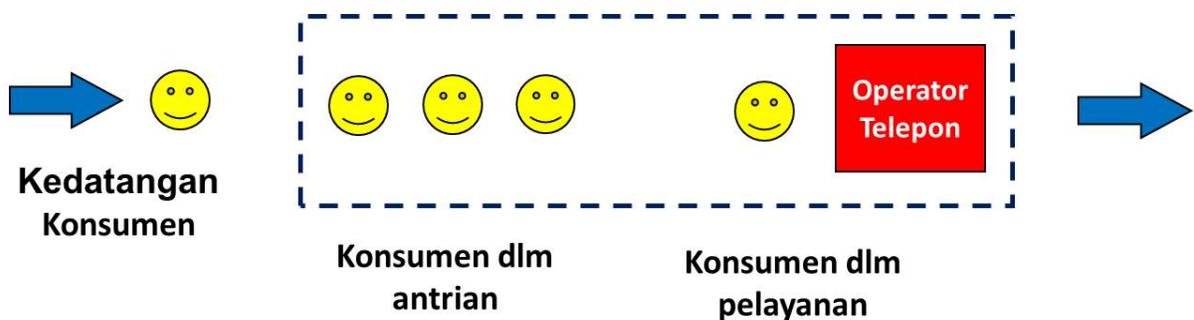
Dari tabel 8 diperoleh $T_{Hitung} = 0,10$, lalu bandingkan dengan nilai D dari tabel Kolmogorov-Smirnov (Tabel 7) dengan tingkat kepercayaan 0,05 dan jumlah data 150. Maka diperoleh $T_{1-\alpha} = 0,110$. Karena $T_{Hitung} < T_{1-\alpha}$ maka H_0 diterima (uji diterima), sehingga dapat disimpulkan bahwa data Lama Telepon pada sub-segmen waktu 06.00 – 07.00 berdistribusi Normal.

F. Penyelesaian Simulasi

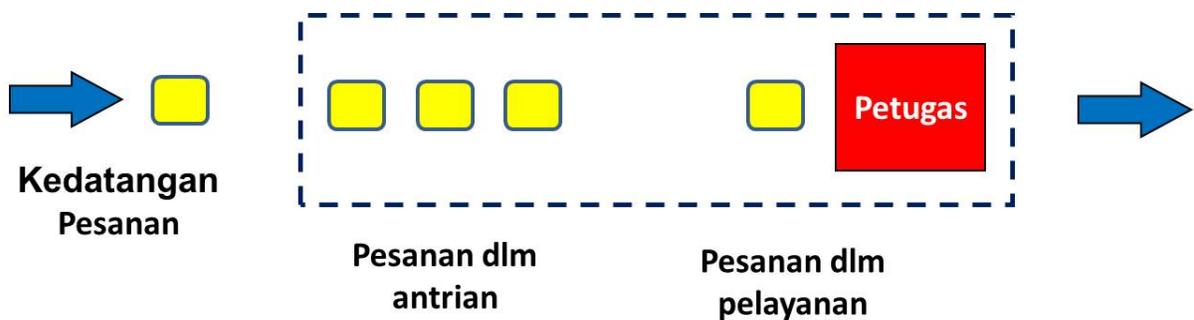
Berdasarkan proses pelayanan yang terjadi di McDull, yang dimulai dari penerimaan pesanan hingga diantaranya pesanan tersebut sesuai dengan tujuannya masing-masing. Maka dapat digambarkan model sistem antrian di restoran McDull dapat dilihat pada Gambar 4. Diketahui bahwa dalam sistem antrian tersebut terdiri dari tiga sub-sistem antrian yang dapat dilihat lebih jelas [ada Gambar 5 – 7 di bawah ini.



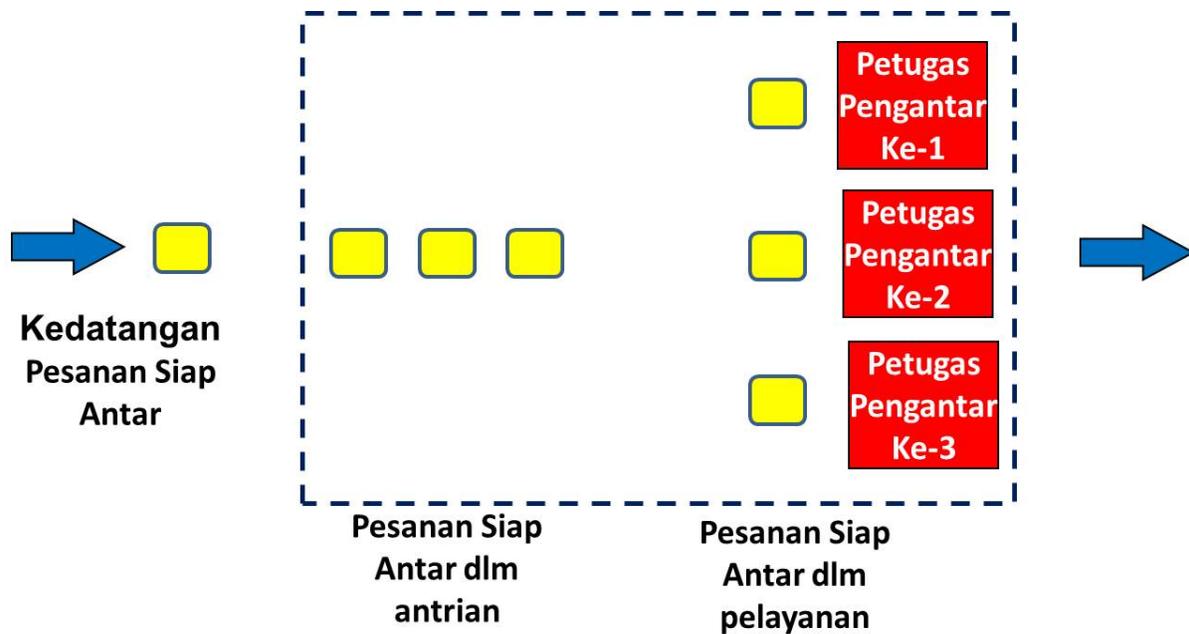
Gambar 4. Sistem Antrian di Restoran McDull



Gambar 5. Sub-Sistem Antrian Penerimaan Pesanan



Gambar 6. Sub-Sistem Antrian Penyiapan Pesanan



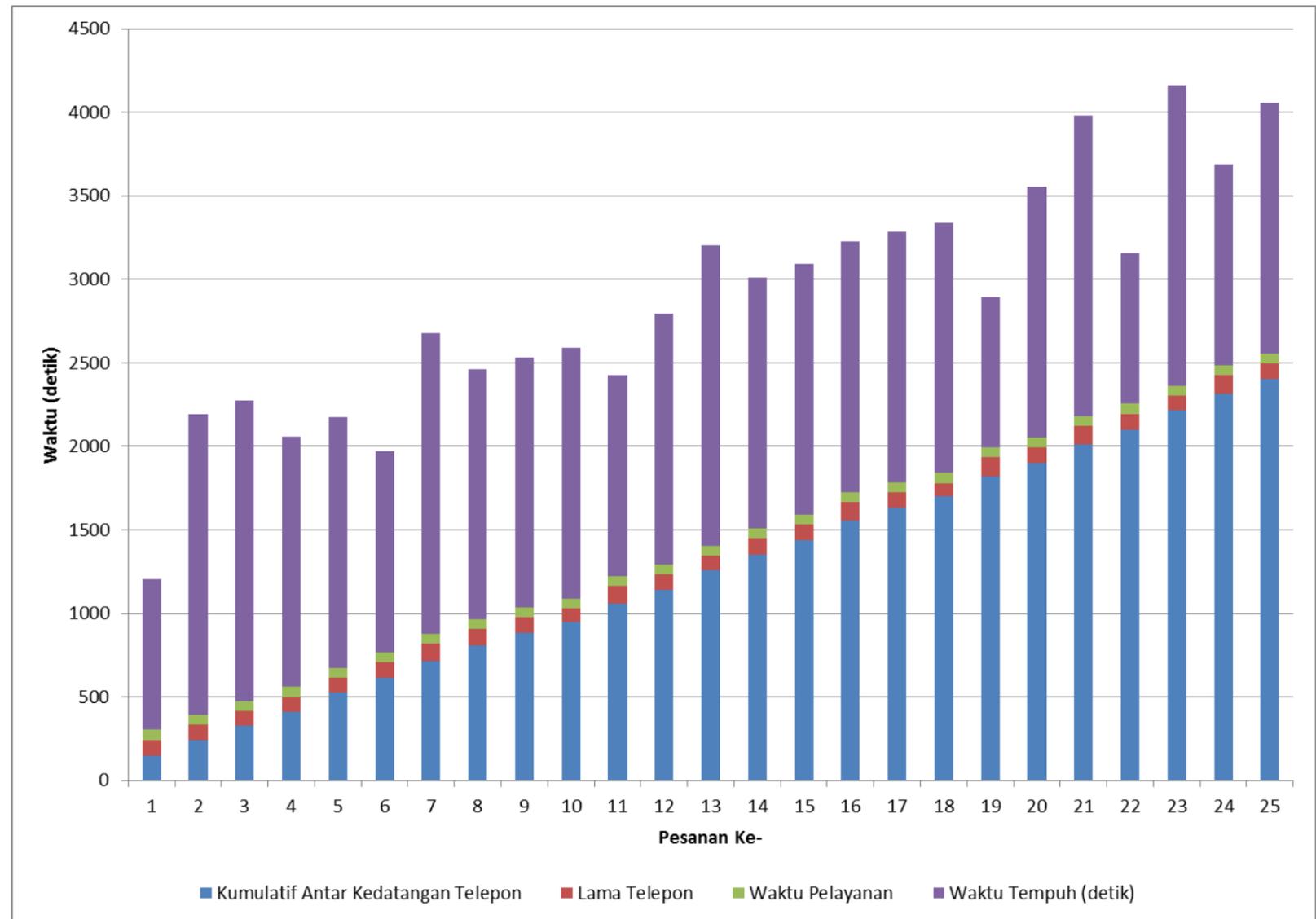
Gambar 7. Sub-Sistem Antrian Pengiriman Pesanan

Jika simulasi sistem antrian pengiriman pemesanan akan dilakukan sebanyak 25 kali, maka harus membangkitkan bilangan acak sebanyak yang diperlukan sesuai dengan pendekatan yang dipergunakan. Karena terdapat dua variabel acak (variabel Antar Kedatangan Telepon dan Lama Telepon) yang memiliki distribusi yang sama (berdistribusi normal), maka bilangan acak yang akan digunakan untuk membangkitkan kedua variabel tersebut berasal dari deret bilangan acak yang berbeda (lihat Tabel 10 kolom A dan B). Bilangan acak yang dibangkitkan bersifat Uniform (0-1). Sedangkan untuk variabel Tujuan Pengiriman menggunakan bilangan acak yang tidak bersifat Uniform, dengan asumsi kebutuhan bilangan acaknya dapat dilihat pada Tabel 9. Sehingga diketahui bahwa untuk keperluan simulasi variabel Tujuan Pengiriman, angka acak yang dibutuhkan adalah 1 – 10, yang akan diacak sebanyak berapa kali bilangan acak tersebut dibangkitkan. Bilangan acak yang dibangkitkan untuk variabel Tujuan pengiriman dapat dilihat pada Tabel 10 kolom C.

Seperti yang telah disebutkan dalam ruang lingkup simulasi, diketahui bahwa waktu yang dibutuhkan untuk menyediakan pesanan berapapun jumlahnya harus terpenuhi dalam waktu 60 detik. Hasil simulasi sistem antrian di restoran McDull dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 9. Bilangan Acak untuk Tujuan Pengiriman

No.	Wilayah	Durasi (menit)	Bilangan Acak
1	Antapani	25	1
2	Arcamanik	30	2
3	Coblong	15	3
4	Bandung Kidul	25	4
5	Batununggal	25	5
6	Cibeunying Kaler	25	6
7	Bandung Wetan	20	7
8	Cibeunying Kidul	25	8
9	Cicendo	25	9
10	Cidadap	30	10



Gambar 8. Grafik Simulasi Jumlah Pengiriman Pesan