

MODEL DAN SIMULASI SISTEM ANTRIAN

Mata Kuliah Pemodelan & Simulasi

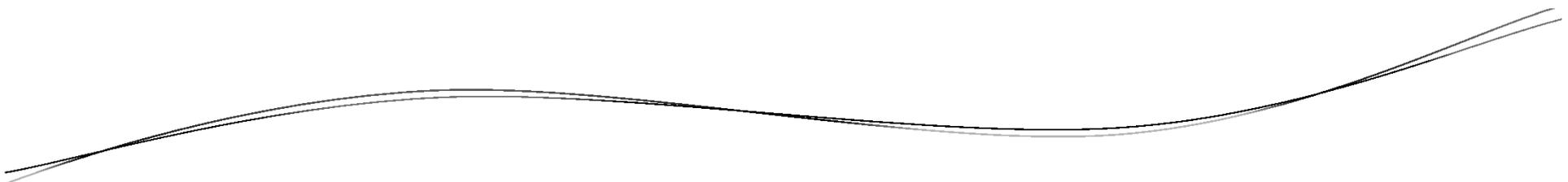
Riani Lubis

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.

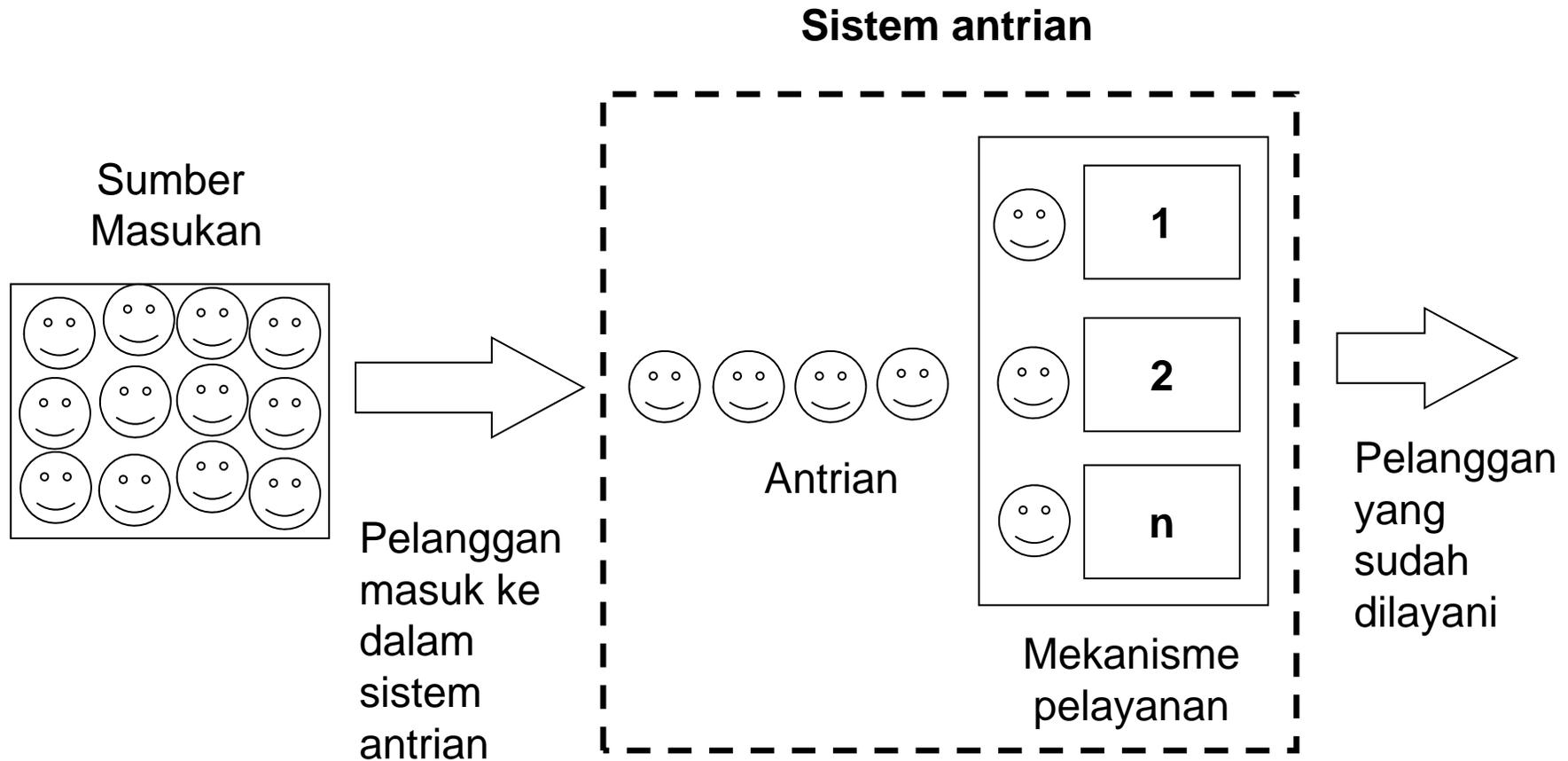
Contoh Sistem Antrian

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

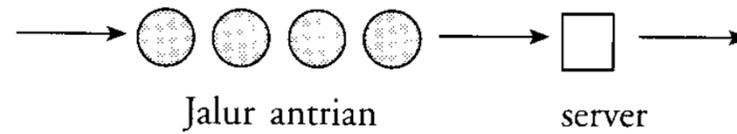
1. **Kedatangan** → proses input, yang meliputi sumber kedatangan. Terjadinya kedatangan umumnya merupakan variabel acak. Misal : orang, mobil, panggilan telepon untuk dilayani, dll
2. **Pelayan (fasilitas pelayanan/server)** → mekanisme pelayanan dapat terdiri dari satu/lebih pelayan. Setiap fasilitas 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

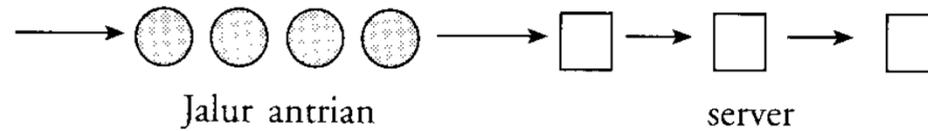


Mekanisme Pelayanan

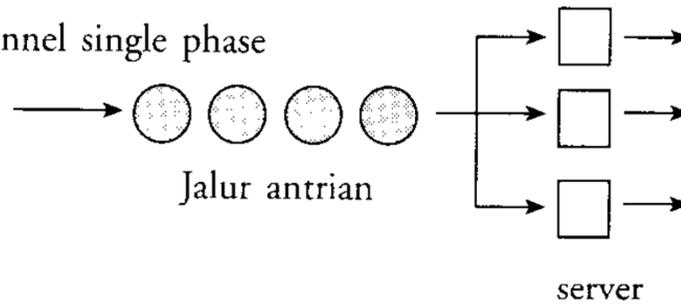
Single channel single phase



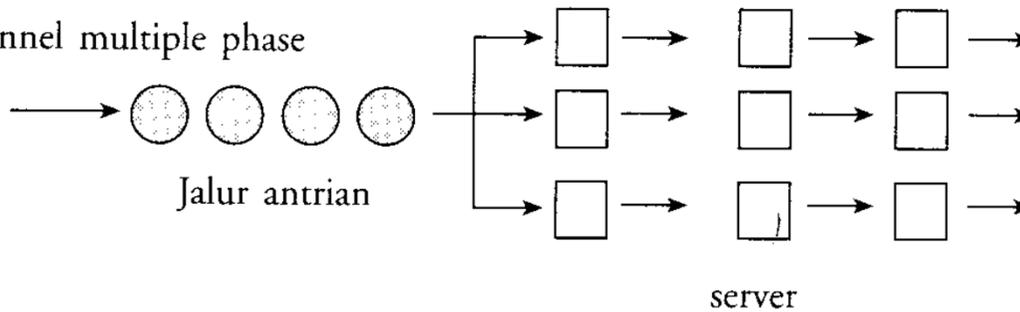
Single channel multiple phase



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

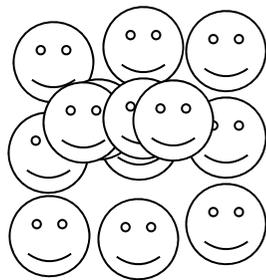
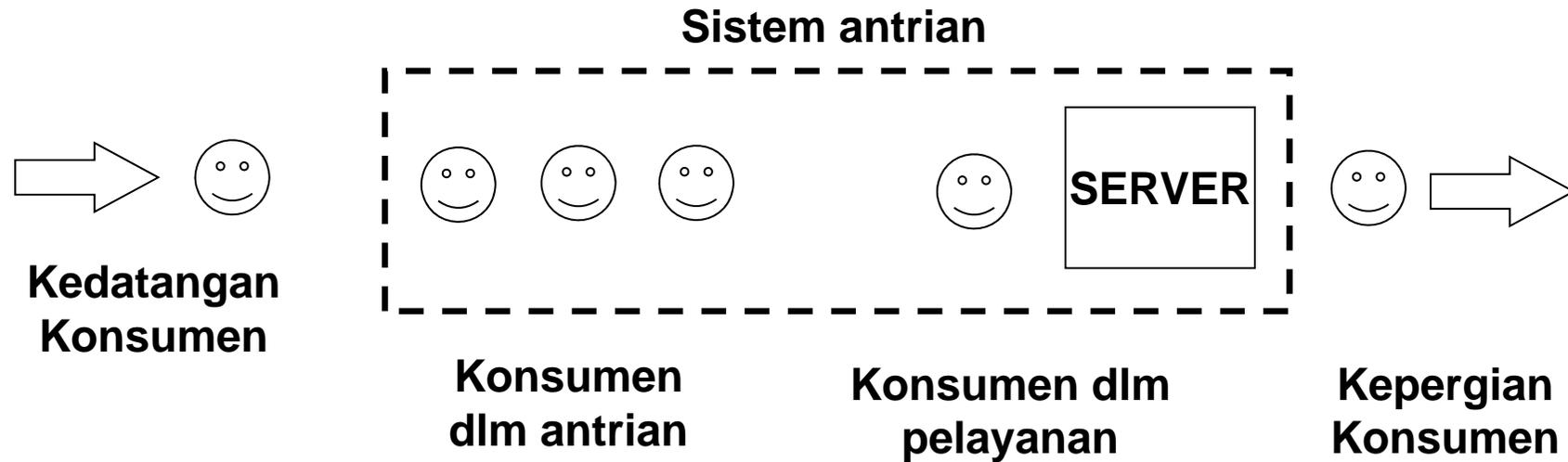
$$W_q = \frac{Lq}{\lambda}$$



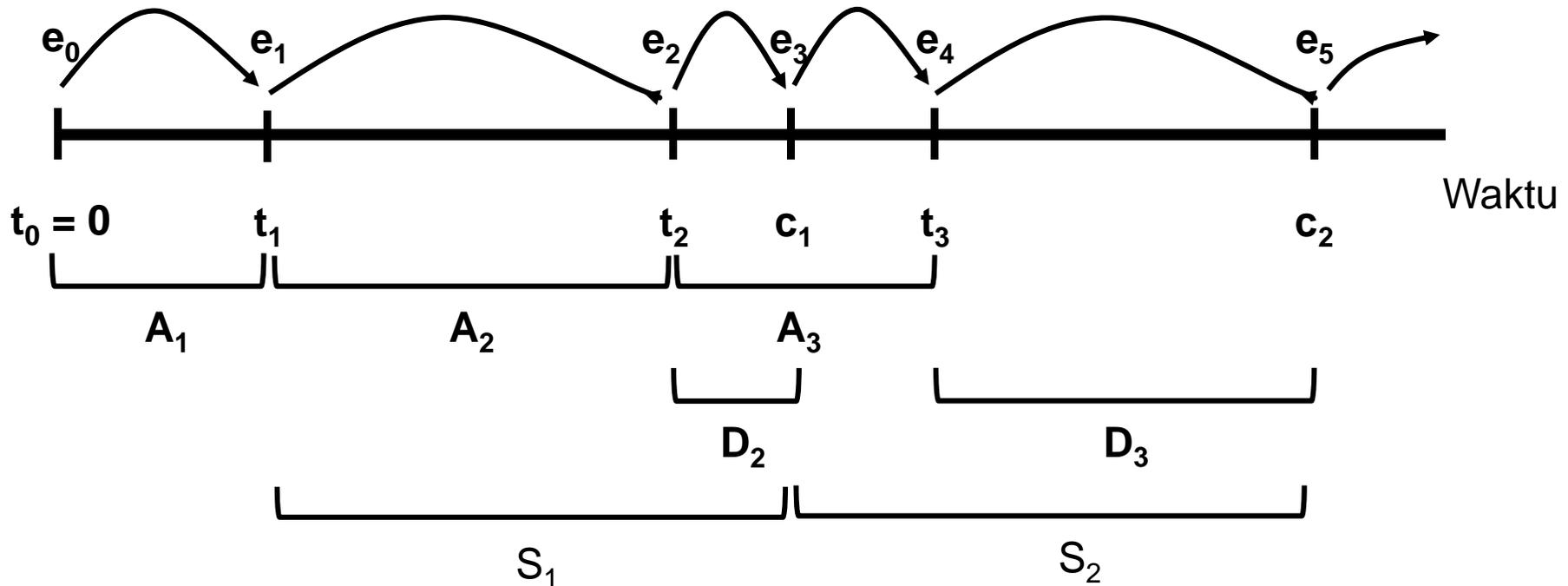
Simulasi Sistem Antrian

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 McSATYA

A. Deskripsi Kasus

Studi kasus tentang antrian diambil dari kesibukan yang berhubungan dengan proses pemesanan via telepon dan proses pengiriman pesanan di restoran McSatya. Restoran McSatya adalah salah satu restoran cepat saji di Surabaya yang memiliki pasar potensial yang berasal dari segala umur, mulai anak-anak hingga orang tua. Restoran ini memberikan layanan pengiriman pesanan. McSatya berharap dapat meningkatkan kemampuannya dalam melayani konsumen dengan cepat dan tepat sesuai harapan konsumen. Restoran ini mampu memanjakan dan memuaskan konsumen yang menggunakan jasa pengiriman, akan tetapi seiring dengan berjalannya waktu, konsumen yang melirik restoran ini semakin bertambah. Masalah demi masalah pun timbul, terutama yang berhubungan dengan pengiriman makanan yang dipesan oleh konsumen. Beberapa konsumen kecewa karena mereka harus menunggu lebih lama.

Semakin banyaknya pengguna jasa pengiriman dan jarak yang berbeda yang tentu dengan waktu tempuh yang juga berbeda mengakibatkan munculnya masalah baru dalam proses pengiriman. Berbagai masalah tersebut membuat manajemen McSatya merasa perlu untuk memperbaiki sistem pengirimannya. Proses pengiriman pesanan ke konsumen yang memerlukan waktu lama adalah pesanan pada jam makan pagi, makan siang dan makan malam. Sebagai solusi untuk mengatasinya sudah diupayakan tetapi jumlah pengirim tetap belum dapat ditentukan. Penambahan jumlah karyawan yang dibutuhkan sulit diprediksi sehingga pada waktu-waktu tertentu terlihat beberapa karyawan bagian pengiriman tidak melakukan aktivitas apapun karena pesanan makanan tidak terlalu banyak. Hal ini tentu dapat mengurangi produktivitas karyawan dan dapat mengurangi efisiensi pada restoran McSatya yang pada akhirnya akan dapat mengakibatkan terjadinya pembengkakan pengeluaran. Maka untuk menyelesaikan masalah tersebut di atas, perlu dilakukan simulasi terhadap sistem pengiriman pesanan pada restoran McSatya 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.
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. Biaya transportasi yang ditanggung konsumen untuk semua area tujuan adalah sama.
4. Pengiriman pesanan dilakukan menurut urutan pesanan, bukan berdasarkan wilayah tujuan pengiriman.

5. Jumlah pesanan, jenis pesanan serta harga pesanan tidak diperhitungkan pada proses pengiriman pesanan. Setiap pesanan dapat disediakan dalam waktu 60 detik.
6. Waktu pengiriman dimulai jam 05.00 hingga 23.00, dibagi dalam 3 segmen waktu yaitu : 05.00 – 11.00, 11.00 – 17.00, dan 17.00 – 23.00.

Tabel 1. Area dan Waktu Pengiriman

No.	Wilayah	Durasi (menit)
1	Darmo Satelit	25
2	Benowo	30
3	Citra Raya	15
4	Manukan/Balong Sari	25
5	Margo Mulyo	25
6	Diponegoro	25
7	Dukuh Kupang	20
8	Gunung Sari	25
9	Ketintang	25
10	Sepanjang	30

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 event, jam (periode) dalam waktu 1 hari. Berdasarkan data tersebut akan dibangkitkan data untuk tiap event pada setiap segmen waktu sesuai hasil uji distribusi untuk tiap event. Proses dari kejadian-kejadian tersebut dibagi dalam bagian waktu (sub-segmen waktu) untuk membatasi kejadian-kejadian dalam tiap jamnya dan untuk mengetahui jenis data tujuan yang berbeda (lihat Tabel 2). Jenis data yang dikumpulkan pada saat pengamatan adalah :

1. Data tujuan pengiriman beserta waktu pengiriman pada masing-masing outlet restoran McSatya pada tiap sub-segmen waktu (lihat tabel 1)
2. Data antar kedatangan telepon konsumen pada tiap sub-segmen waktu untuk restoran McSatya (lihat Tabel 3)
3. Data lama telepon konsumen pada tiap sub-segmen waktu untuk restoran McSatya (lihat Tabel 4).

Tabel 2. Data Sub-Segmen Waktu

No	Bagian Pertama	Bagian Akhir	Segmen ke-
1	05.00	06.00	1
2	06.00	07.00	
3	07.00	08.00	
4	08.00	09.00	
5	09.00	10.00	
6	10.00	11.00	
7	11.00	12.00	2
8	12.00	13.00	
9	13.00	14.00	
10	14.00	15.00	
11	15.00	16.00	
12	16.00	17.00	
13	17.00	18.00	3
14	18.00	19.00	
15	19.00	20.00	
16	20.00	21.00	
17	21.00	22.00	
18	22.00	23.00	

Tabel 3. Data Antar Kedatangan Telepon pada Sub-Segmen Waktu 06.00 – 07.00
(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 06.00 – 07.00
(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

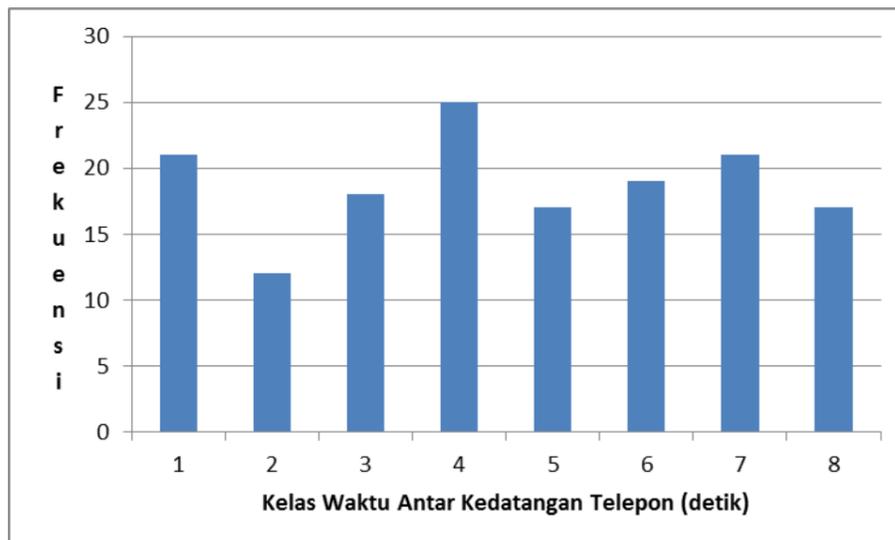
Pada pengumpulan data tentu ditemukan variabel-variabel yang dapat menunjukkan secara detail perilaku data. Oleh karena itu harus dilakukan identifikasi terhadap fungsi dari variabel-variabel yang berhubungan langsung dengan simulasi yang akan dibuat. Berikut ini adalah fungsi variabel-variabel yang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

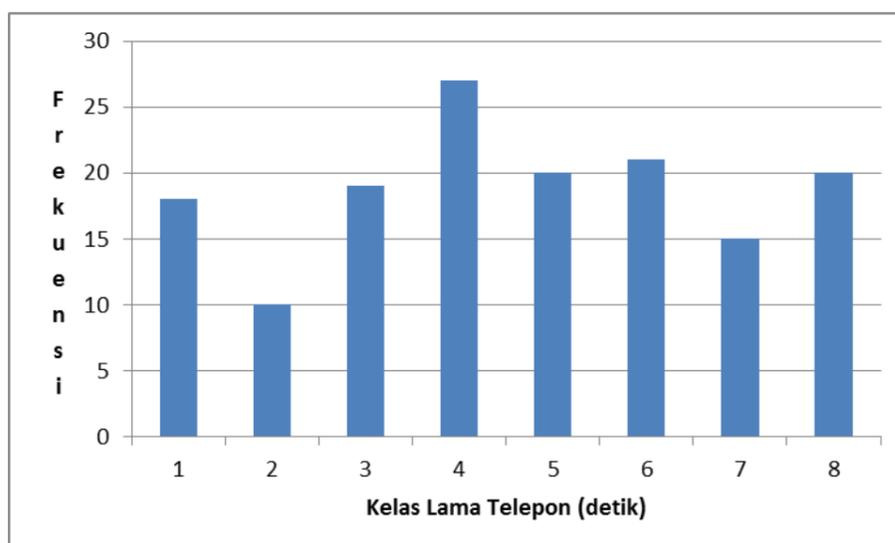
E. Pengolahan Data

E.1. Pendugaan Distribusi Data

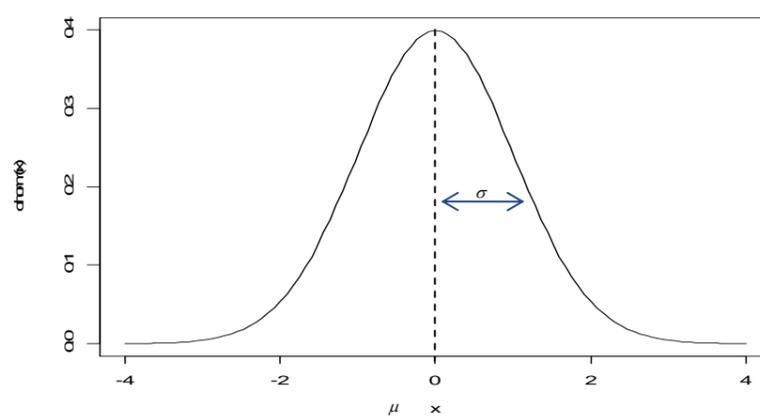
Untuk mengetahui distribusi data di atas, maka dilakukan pendugaan distribusi. Dilakukan pendugaan bahwa data antar kedatangan telepon dan lama telepon saat transaksi adalah berdistribusi normal (lihat Gambar 1- 3).



Gambar 1. Grafik Antar Kedatangan Telepon pada Sub-Segmen Waktu 06.00 – 07.00



Gambar 2. Grafik Lama Telepon pada Sub-Segmen Waktu 06.00 – 07.00



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	.4090	.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

Besarnya 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 06.00 – 07.00 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 $\bar{x} = 93,57 \approx 94$ 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.

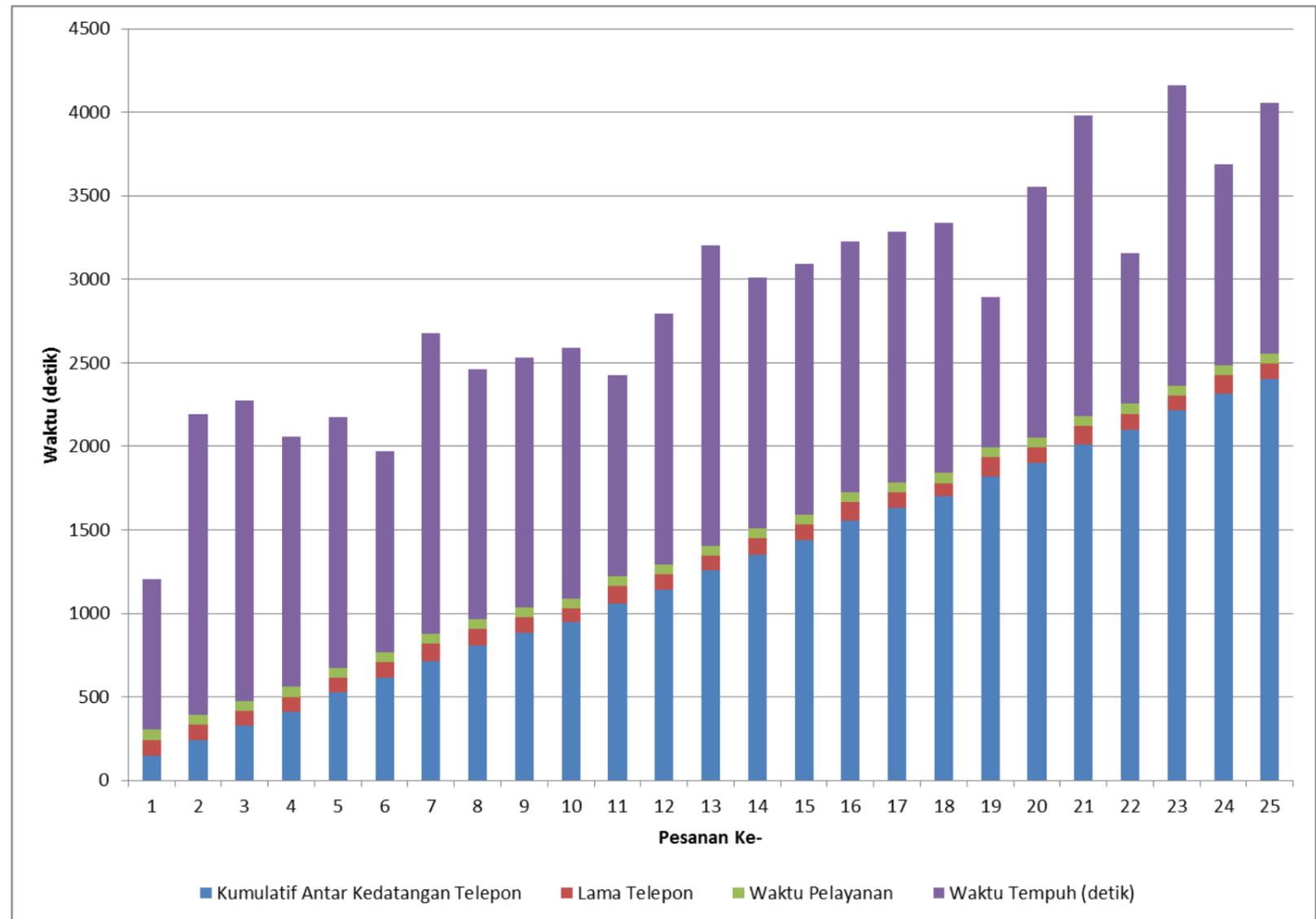
F. Penyelesaian Simulasi

Jika simulasi sistem antrian akan dilakukan sebanyak 25 kali, maka harus membangkitkan bilangan acak sebanyak 25 kali juga. 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 McSatya dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 9. Bilangan Acak untuk Tujuan Pengiriman

No.	Wilayah	Bilangan Acak
1	Darmo Satelit	1
2	Benowo	2
3	Citra Raya	3
4	Manukan/Balong Sari	4
5	Margo Mulyo	5
6	Diponegoro	6
7	Dukuh Kupang	7
8	Gunung Sari	8
9	Ketintang	9
10	Sepanjang	10



Gambar 4. Grafik Simulasi Jumlah Pengiriman Pesanan

Pada Tabel 10 dan Gambar 4 tampak bahwa petugas pengiriman ke-1 pada saat kembali langsung melakukan pengiriman pesanan ke-11. Setelah pesanan ke-11 dikirim, petugas tersebut kembali bertugas untuk melakukan pengiriman pesanan ke-24. Jadi petugas ke-1 mendapat 3 kali pengiriman, sedangkan petugas yang lain dimungkinkan untuk melakukan 2 kali atau 1 kali pengiriman dalam rentang waktu 06.00 – 07.00.

Maka dapat disimpulkan bahwa pada waktu sibuk (antara jam 06.00 – 07.00) diperlukan ± 17 orang tenaga pengiriman pesanan ke konsumen. Akan tetapi, kesimpulan ini ditarik berdasarkan hanya pada satu sub-segmen waktu saja. Jika dilihat lebih luas lagi, mungkin jumlah petugas pengiriman yang dibutuhkan tersebut (± 17 orang) belum tentu mewakili. Karena bisa kurang pada waktu tertentu, tetapi bisa juga berlebih di waktu yang lain.